



**UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO**

**División Académica de Ciencias Biológicas**



**Evaluación de la diversidad de macromicetos en ambientes con diferente grado de perturbación en el Parque Estatal Agua Blanca**

**Tesis**

**Doctorado en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales**

**PRESENTA**

**Abisag Antonieta Ávalos Lázaro**

**ASESORES**

**Dr. Edmundo Rosique Gil**

**Dra. Silvia Cappello García**

Villahermosa Tabasco a 22 de marzo de 2019



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCION

FEBRERO 18 DE 2019

**C. ABISAG ANTONIETA ÁVALOS LÁZARO  
PAS. DEL DOCTORADO EN CIENCIAS EN ECOLOGÍA Y  
MANEJO DE SISTEMAS TROPICALES  
P R E S E N T E**

En virtud de haber cumplido con lo establecido en los Arts. 80 al 85 del Cap. III del Reglamento de titulación de esta Universidad, tengo a bien comunicarle que se le autoriza la impresión de su Trabajo Recepcional, en la Modalidad de Tesis de Doctorado en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales titulado: **"EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROMICETOS EN AMBIENTES CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA"**, asesorado por el Dr. José Edmundo Rosique Gil y Dra. Silvia Cappello García sobre el cual sustentará su Examen de Grado, cuyo jurado está integrado por la Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Dr. Rodrigo García Morales, Dr. José Edmundo Rosique Gil, Dra. Lilia María Gama Campillo, Dr. José Luis Villaruel Ordaz, Dra. Silvia Cappello García, Dra. Patricia Velez Aguilar

Por lo cual puede proceder a concluir con los trámites finales para fijar la fecha de examen.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
ESTUDIO EN LA DUDA, ACCIÓN EN LA FE

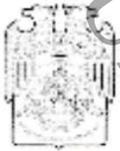
**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ  
DIRECTORA**

C.c.p.- Expediente del Alumno.  
C.c.p.- Archivo

UJAT  
UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO  
DIRECCIÓN



DIRECCION



**UNIVERSIDAD JUÁREZ  
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
DIRECCIÓN**

Villahermosa, Tab., a 18 de Febrero de 2019

**ASUNTO:** Autorización de Modalidad de Titulación

**C. LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON  
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN Y TITULACION  
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES  
PRESENTE**

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado, informo a usted, que en base al reglamento de titulación vigente en esta Universidad, ésta Dirección a mi cargo, autoriza a la **C. ABISAG ANTONIETA ÁVALOS LÁZARO** egresada del Doctorado en **CIENCIAS EN ECOLOGÍA Y MANEJO DE SISTEMAS TROPICALES** de la División Académica de **CIENCIAS BIOLÓGICAS** la opción de titularse bajo la modalidad de Tesis de Doctorado denominado: **"EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROMICETOS EN AMBIENTES CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA"**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para saludarle afectuosamente.

**A T E N T A M E N T E**

**M. EN C. ROSA MARTHA PADRON LOPEZ  
DIRECTORA DE LA DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

UJAT  
DIVISIÓN ACADÉMICA  
DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



DIRECCIÓN

C.c.p.- Expediente Alumno de la División Académica  
C.c.p.- Interesado

## CARTA AUTORIZACIÓN

El que suscribe, autoriza por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto física como digitalmente el Trabajo Recepcional en la modalidad de Tesis de doctorado denominado: **"EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE MACROMICETOS EN AMBIENTES CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN EL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA"**, de la cual soy autor y titular de los Derechos de Autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco el Trabajo Recepcional antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los 18 Días del mes de Febrero de 2019

AUTORIZO



ABISAG ANTONIETA AVALOS LAZARO

# Índice

<b>Capítulo I. Protocolo de investigación</b> .....	9
<b>1. Introducción</b> .....	10
1.1 Aspectos generales de los hongos .....	10
1.2 Diversidad de hongos .....	11
1.2.1 Conocimiento de la diversidad fúngica en México.....	12
1.2.2 Tabasco: estado del conocimiento de la diversidad fúngica.....	13
1.3 Perturbaciones ecosistémicas .....	14
<b>2. Antecedentes</b> .....	17
2.1 Estudios ecológicos con hongos.....	17
2.2 Hongos como indicadores de salud ambiental .....	18
2.2.1 Estudios en México.....	19
2.2.3 Estudios en Tabasco.....	20
<b>3. Justificación</b> .....	21
<b>4. Objetivos</b> .....	23
4.1 Objetivo general.....	23
4.2 Objetivos particulares.....	23
<b>5. Materiales y métodos</b> .....	24
5.1 Área de estudio.....	24
5.2 Ubicación y descripción de los sitios de muestreo.....	26
5.2.1 Descripción de la Parcela conservada (PC).....	26
5.2.2 Descripción de la Parcela semiconservada (PSC).....	28
5.2.3 Descripción de la Parcela perturbada (PP).....	29
5.3 Obtención de los ejemplares .....	30
5.4 Muestreo.....	31
5.4.1 Descripción y resguardo de los ejemplares.....	31
5.4.2 Identificación de las especies .....	32
5.5 Análisis de datos .....	33
5.5.1 Completitud de inventario.....	33
5.5.2 Abundancia relativa.....	33
5.5.3 Riqueza y diversidad de especies .....	34
5.5.4 Curvas de rango-abundancia .....	36
5.5.5 Diversidad Beta.....	36

6. literatura citada.....	37
7. Capítulo II. Artículo científico: Ascomicetes (Fungi: Ascomycota) del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México.....	53
8. Capítulo III. Artículo científico: diversidad verdadera .....	68
9. Conclusiones generales .....	112

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.  
México.

## **Dedicatoria**

A mis padres:

Ignacio Ávalos Hernández y María Elena Lázaro García, por su apoyo y motivación todos estos años, por nunca dejarme rendir, gracias porque todo el tiempo alimentan mis sueños. Gracias a ustedes lo que ayer fue un sueño, y hoy está a punto de volverse real

A mis hermanas

Por todo su amor y comprensión, gracias por su apoyo en todo momento.

A mi compañero de viaje

Víctor gracias por impulsarme a seguir y no dejarme rendir, gracias por hacer el camino más ameno.

A todos ustedes gracias, sin ustedes esto no sería una realidad

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas aquellas personas que de un modo u otro contribuyeron a la revisión, elaboración, análisis, culminación y financiamiento de esta investigación.

Agradezco a la institución CONACYT por la beca otorgada a mí persona para la realización y culminación de esta tesis, bajo el número **490224**

Así mismo quiero hacer extensivo este agradecimiento a las personas que durante estos años estuvieron al pendiente del desarrollo, avance y culminación de este escrito, mis asesores: Dr. Edmundo Rosique Gil y **Dra. Silvia Cappello García** por todo el apoyo, comprensión y paciencia que me brindaron durante la construcción de este trabajo

A mi comité revisor **Dra. Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Dr. Rodrigo García Morales, Dra. Lilia María Gama Campillo; Dr. José Luis Villarruel Ordaz y Patricia Vélez Aguilar.** Gracias por el tiempo dedicado en la revisión y corrección del mismo, por sus opiniones que enriquecieron y fortalecieron la presente investigación.



**CAPÍTULO I. PROTOCOLO DE  
INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD DE  
MACROMICETOS EN AMBIENTES CON  
DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN  
EL PARQUE ESTATAL AGUA BLANCA**

# 1. Introducción

## 1.1 Aspectos generales de los hongos

Los hongos son un grupo taxonómico extenso de organismos que poseen características distintivas que los separan de las plantas y animales. Su ciclo de vida es principalmente haploide, mientras que el estado diploide está restringido a un breve periodo de tiempo (Piepenbring, 2015). Son organismos heterotróficos carentes de clorofila, que se nutren por absorción de diversas materias orgánicas (muerta: saprobio, viva: parásito o simbiote) (Herrera y Ulloa, 1990; Guzmán, 1995; Llorente- Bousquets y Ocegueda, 2008; Piepenbring, 2015).

El cuerpo vegetativo de los hongos está conformado por estructuras somáticas de tipo filamentoso llamado micelio. Las células que constituyen al micelio se encuentran dispuestas consecutivamente y se les conoce como hifas. Las cuales pueden estar inmersas o sobre el sustrato hospedante (Pardavé-Díaz *et al.*, 2007; Herrera y Ulloa, 1990; Piepenbring, 2015).

Este grupo de organismos es altamente heterogéneo. Comprende desde las formas microscópicas, que constituyen el grupo más diverso y menos estudiado de hongos, hasta aquellos que son capaces de formar pseudotejidos y desarrollar cuerpos fructíferos de diversos tamaños y pesos, a los cuales se les conoce comúnmente como macromicetos ya que pueden ser observados sin ayuda de microscopios (Herrera y Ulloa, 1990; Pardavé-Díaz, *et al.*; 2007; Piepenbring, 2015).

Los hongos desarrollan diversas funciones que les confieren un rol importante en el mantenimiento de los ecosistemas. Entre dichas funciones están la degradación de la materia orgánica, contribución en los ciclos del carbono y nitrógeno, así como la degradación de

moléculas complejas, principalmente lignina y celulosa. Los hongos son indispensables en el desarrollo y crecimiento de los sistemas forestales, al establecer relaciones simbióticas en forma de micorrizas, las cuales están presentes en el 80% de las plantas. Son organismos pioneros en la colonización de sustratos estériles (rocas, tierras originadas después de una erupción volcánica y suelos sin materia orgánica) solos o en simbiosis con otros organismos (líquenes). De igual forma mantienen el equilibrio y dinámica de los ecosistemas, al regular poblaciones de plantas y animales (patógenos o micorrizas), así mismo fungen como antagonistas de muchos hongos, bacterias y otros microorganismos. Por otra parte, ayudan a prevenir la erosión del suelo mediante la secreción de sustancias que promueven la fijación del suelo a las hifas, además de ser alimento de diversos animales y facilitar la digestión de celulosa y otras moléculas complejas a otros animales. (Akiyama *et al.*, 2005; Andrew *et al.*, 2013; Piepenbring, 2015).

La diversidad en los hongos no sólo se limita a su morfología y ecología, también aplica para los compuestos químicos que producen. Las interacciones de las hifas con el sustrato, se da mediante un sistema de metabolitos secundarios, los cuales tienen repercusiones tanto positivas (antibióticos, fermentación, control biológico) como negativas (micotoxinas) para los humanos (Piepenbring, 2015).

## **1.2 Diversidad de hongos**

Los hongos son el segundo grupo de organismos más diversos en el planeta. Sin embargo, su diversidad no se conoce en su totalidad. A lo largo de los años se han realizado diversas estimaciones sobre el número de especies existentes a nivel mundial, el cual oscila entre 500,000 a 9.9 millones (Hawksworth, 1991; O'Brien *et al.*, 2005; Müller y Schmit, 2007).

La estimación más utilizada mundialmente para el cálculo de la diversidad fúngica es la de Hawksworth (1991), quien consideró la existencia de 1.5 millones de especies de hongos a partir de la extrapolación de la relación planta-hongo (1:6) encontrada en la micobiota de las islas británicas. Así mismo, O'Brien *et al.*, (2005) estiman de 3.5 a 5.1 millones de especies, a partir de ADN ambiental en una comunidad fúngica del suelo en Carolina del Norte, por su parte Müller y Schmit (2007) fueron más conservadores al realizar su propuesta, sugiriendo la existencia de 700,000 especies fúngicas, considerando su distribución geográfica, endemismos, especificidad de sus hospederos y la diversidad macro y microscópica (García-Jiménez, 2013).

En cuanto al conocimiento actual de su diversidad, Kirk *et al.*, (2008) reportan alrededor de 97,861 especies descritas. Sin embargo, el grupo de los microsporidios ha sido incluido recientemente en el reino Fungi con sus 1,300 especies, permitiéndonos inferir que actualmente se conocen alrededor de 99,161 especies de hongos (García-Jiménez, 2013), esto equivaldría a un conocimiento actual del 4 al 10% del total de especies reportadas a nivel mundial (Guzmán, 1995, 1998; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014). Sin embargo, a pesar de la falta de conocimiento sobre su diversidad, Blackwell (2011) valoró que la información sobre hongos se ha triplicado en los últimos 65 años, describiéndose en ese período más de 60,000 especies nuevas.

### **1.2.1 Conocimiento de la diversidad fúngica en México**

El estudio de la diversidad fúngica en el país es relativamente nuevo. Comenzó entre 1940 y 1950, con la investigación de levaduras, hongos filamentosos, fitopatógenos y de interés médico. Sin embargo, el repunte de la micología mexicana inicia en la década de los 70,

donde el 82% de las publicaciones son de autoría mexicana (Guzmán 1995, 1998; Aguirre-Acosta, 2014).

A pesar de ello, fue hasta 1998 que Guzmán propone la primera estimación de la diversidad fúngica en México, siguiendo la metodología anteriormente propuesta por Hawksworth en 1991; con la cual estima que en el territorio nacional existen alrededor de 200,000 especies de hongos (Guzmán, 1998). Posteriormente, Aguirre-Acosta *et al.*, (2014) aportan una estimación más conservadora siguiendo los criterios planteados por Müller *et al.*, (2007), donde la relación planta-hongo es de 2:1 en zonas templadas y de 5:1 en zonas tropicales, considerando así que el total de los hongos mexicanos fluctúa entre 90,000 y 110,000 especies (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

De las estimaciones anteriores sólo se han descrito alrededor de 6,500 especies, 2,000 de hongos microscópicos y 4,500 de hongos macroscópicos (Llorente- Bousquets y Ocegueda, 2008; Aguirre-Acosta, 2014) por lo que se conoce aproximadamente del 3 al 4% de la diversidad fúngica estimada del país (Guzmán, 1998, 2008; García-Jiménez, 2013; Aguirre-Acosta, 2014); siendo las zonas más exploradas los estado de: Veracruz, Estado de México, Sonora, Michoacán, Durango y Oaxaca (Villarruel-Ordaz y Cifuentes, 2007; Aguirre-Acosta, 2014).

### **1.2.2 Tabasco: estado del conocimiento de la diversidad fúngica**

El conocimiento de la diversidad de los macromicetos en la región tropical de México es aún escaso (Villegas, 1993; Villegas y Cifuentes, 1998; Guzmán, 1998, 2008; García-Sandoval *et al.*, 2002 y Ramírez-López *et al.*, 2012). En la actualidad, no se han realizado estimaciones sobre el número de especies de hongos para el estado. Sin embargo, si nos basamos en las

estimaciones calculadas en el binomio planta hongo, podría esperarse una alta diversidad fúngica, porque Tabasco posee alrededor de 40, 000 a 50, 000 ha de selvas, abarcando un 2.2% de la superficie del territorio estatal (Castillo-Acosta y Zavala, 1996; Maldonado-Sánchez y Maldonado-Mares, 2010; Villanueva *et al.*, 2015). Por otro lado, existen reportes de 464 especies de hongos, donde el 53% de las descritas corresponde a la División Basidiomycota, el 46% a la División Ascomycota y el restante 1% a la División Zygomycota (Rosique-Gil y Cappello, en prensa). Se han estado realizando continuamente trabajos de determinación de especies fúngicas de micro y macromicetos incluido hongos marinos y de la espuma (Martínez-Rivera *et al.*, 2014; Gómez-García *et al.*, 2013; Velez *et al.*, 2015; Ávalos-Lázaro *et al.*, 2016; Rosique-Gil *et al.*, 2018), los cuales permiten establecer que actualmente existen alrededor 528 especies descritas para el estado de Tabasco.

### **1.3 Perturbaciones ecosistémicas**

La sociedad humana ha alterado los ecosistemas naturales en todo el planeta. Estas alteraciones han ocasionado graves problemas ambientales como la sobreexplotación de recursos, contaminación de los mantos acuíferos, extinción de especies, pérdida de biodiversidad, contaminación y degradación de los suelos y la deforestación (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010).

En México por mucho tiempo los ecosistemas han sido sometidos a intensas presiones antropogénicas. El territorio mexicano poseía cerca de 22 millones de ha de selvas húmedas. Sin embargo, actualmente se encuentra dentro del grupo de países con las más altas tasas de deforestación al año, las cuales oscilan entre 350,000 a 650,000 hectáreas por año. Dando como resultado la pérdida de más del 95% de sus selvas tropicales húmedas, que incluyen

las selvas perennifolias y bosques mesófilos (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010). (Bray *et al.*, 2004; Challenger *et al.*, 2009; Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010; Koyoc-Ramírez *et al.*, 2015). En síntesis, el 75% de la deforestación total de país se centra en las regiones noreste y sureste, siendo la principal preocupación la zona sureste (Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán), que representa poco más del 37% de la pérdida total del país (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010).

Lo anterior deja en claro que la estructura actual de las selvas del trópico mexicano es un mosaico de vegetación secundaria con algunos remanentes de vegetación primaria. Las actividades de ganadería son la principal causa de deforestación en la región, modificando la estructura de la vegetación, favoreciendo el crecimiento pastos para alimentar el ganado (Monroy-Ortiz, 1997; Miceli-Méndez *et al.*, 2008; O-Toris *et al.*, 2012).

Para el estado de Tabasco, a lo largo de los años, ha sufrido transformaciones en sus ecosistemas naturales. El creciente avance de la industria petrolera, la expansión de la frontera agrícola, el crecimiento exponencial de los asentamientos humanos sin regulación gubernamental, han significado impactos negativos en los recursos naturales (SEDESPA, 2006). Algunas investigaciones han constatado que la cobertura de las selvas tropicales en el estado ha disminuido casi en su totalidad, quedando aproximadamente 253,635 ha con un ritmo de pérdida anual de 2,765 ha (CONAFOR, 2003; Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010). Con lo cual, la distribución de dicho ecosistema se ha reducido en más de un 90%, a pequeños parches dentro de una matriz compuesta de pastizales, agrosistemas y asentamientos humanos (Tudela, 1989).

En Tabasco, el factor principal para la pérdida de diversidad es la deforestación, que se vio impulsada por el desarrollo de políticas que fomentaron el cambio de las tierras tropicales

del sureste (Proyecto de Desarrollo Integral Plan Balancán-Tenosique y el plan Chontalpa), lo que trajo consigo la desaparición masiva de selvas tropicales (Reyes-Castillo, 1978). Así mismo, el desarrollo de planes vivendísticos para el mejoramiento económico, impactaron de manera directa sobre los ecosistemas, sin duda los efectos de estas prácticas conllevaron a resultados negativos en periodos cortos, ocasionando pérdida, fragmentación y modificación de los hábitats y repercutiendo directamente en la fauna silvestre (Estrada y Coates-Estrada, 1996).

Los hongos son un grupo de organismos altamente sensibles a los cambios ambientales y microambientales, que dependen de gradientes de diversos factores tanto bióticos como abióticos, que influyen en la distribución, fructificación y abundancia de los mismos. Dentro de los más importantes se encuentran la humedad, precipitación, temperatura del suelo y del aire, pH, capacidad de intercambio catiónico, nutrientes y contenido mineral, así como los pulsos de inundación en los ecosistemas, del mismo modo, la altitud y latitud, la composición de las especies arbóreas, relaciones con los hospederos, diversidad de especies de árboles y cobertura (Lagana *et al.*, 1999; Straatsma *et al.*, 2001; Garibay-Orijel *et al.*, 2009; Pinna *et al.*, 2010; Gómez-Hernández y Williams-Linera, 2011; Kernaghan *et al.*, 2003; López-Quintero *et al.*, 2012; Boddy *et al.*, 2014; Crowther *et al.*, 2014; Toledo *et al.*, 2014), por lo que su composición, diversidad y distribución es modificada fácilmente. Actualmente, el conocimiento de la diversidad fúngica en México es escaso (Villegas, 1993; Villegas y Cifuentes, 1998; Guzmán, 1998, 2008; García-Sandoval *et al.*, 2002 y Ramírez-López *et al.*, 2012) y más aún los estudios sobre sus requerimientos ecológicos y su vulnerabilidad a las perturbaciones.



## 2. Antecedentes

### 2.1 Estudios ecológicos con hongos

Los primeros estudios sobre la ecología en los hongos a escala mundial se llevaron a cabo por autores como, Wilkins *et al.*, (1937 y 1938); Wilkins y Patrick, (1939 y 1940); Grainger (1946); Ingold (1953) y Cooke (1958), quienes fueron los pioneros en la elaboración de investigaciones ecológicas en macro y micro hongos, realizadas en Inglaterra, en bosques de roble, haya y pastizales.

Por otra parte, algunos estudios sobre la vulnerabilidad de los hongos a las perturbaciones antrópicas se han realizado mundialmente. Siitonen *et al.*, (2005), analizaron el efecto que tienen los bordes en bosques de *Picea abies*, en Finlandia; Brown *et al.*, (2006), examinaron los efectos de la fragmentación en la distribución de hongos, dentro de bosques húmedos tropicales en India; además Ochimoru y Fukuda (2007), realizaron un estudio comparativo de bosques perennifolios a través de un gradiente de urbanización (urbano, suburbano y rural) en Japón, así mismo, Rudolf *et al.*, (2012), compararon la estructura de hongos terrícolas y lignícolas en dos áreas seminaturales, con plantas introducidas por el hombre y diferentes grados de perturbación; y López-Quintero *et al.*, (2012), analizaron la diversidad de hongos del bosque amazónico colombiano en diferentes regiones con diversos regímenes de disturbios.

Todos ellos demostraron los efectos de las perturbaciones ambientales sobre la diversidad y abundancia de los hongos. Explicando que los cambios en las variables ambientales como: la radiación solar, vientos elevados, aumento de las áreas abiertas y una disminución de la

humedad del aire, así como del sustrato, ocasionan la disminución de la producción de cuerpos fructíferos, concluyendo que la pérdida de hábitats como las modificaciones causadas por las actividades antrópicas son una gran amenaza para la diversidad fúngica.

De igual forma otros estudios han comprobado que la temporada de fructificación en algunos grupos de hongos ha cambiado en los últimos años (Kausrud *et al.*, 2008 y 2012; Büntgen *et al.*, 2012 y Boddy *et al.*, 2014). Ellos sustentan que las variaciones en las condiciones ambientales y el aumento de la temperatura global (principalmente ocasionada por el cambio climático) afectan la reproducción, distribución, abundancia espacio-temporal, además del micelio en el suelo.

Esto es corroborado por estudios como los de Rydin *et al.*, (1997) y Azul *et al.*, (2009), quienes examinaron el impacto del cambio del uso del suelo en la distribución y diversidad de los hongos, comprobando la alta sensibilidad a los cambios del uso del suelo, reflejándose en una disminución de su abundancia. De modo que se ven amenazados por el avance de las zonas abiertas como los pastizales, así como por el elevado pH derivado de las técnicas agrícolas.

Esto consolida a los hongos como organismos vulnerables a los impactos ambientales. Por ello, se hace cada vez más necesario el conocimiento su diversidad.

## **2.2 Hongos como indicadores de salud ambiental**

Como lo han comprobado diversas investigaciones, los hongos son organismos altamente sensibles a los cambios ambientales y microambientales. Dicha característica ha sido empleada por algunos investigadores como organismos indicadores de salud ambiental,

Guzmán *et al.*, (2004) reportan especies típicas de lugares alterados como *Auricularia auricula*, *A. fuscosuccinea*, *A. cornea*, *Corioloopsis polyzona*, *Earliella scabrosa*, *Lentinus crinitus*, *Pleurotus djamor*, *Pogonomyces hydroides*, *Psathyrella disseminata*, *Pycnoporus sanguineus*; *Schizophyllum commune*, *Panaeolus sphinctrinus* y *Psilocybe cubensis*, además de sugerir especies típicas de la selva poco alterada, como *Cookeina speciosa*, *C. tricholoma* y *Cantharellus rhodophyllus*. Igualmente, Gibertoni *et al.*, (2007) reportan a *Schizophyllum commune* y *Lentinus* sp. como indicadores de ambientes perturbados o áreas abiertas, así como a *Hymenochaete leonina* y *Polyporus lepreurii* como indicadores de áreas conservadas.

### 2.2.1 Estudios en México

En México se han realizado varios estudios sobre la diversidad de macromicetos como los de Guzmán (2003); Landeros *et al.*, (2006); Guzmán y Johnson (1974); Chacón *et al.*, (1995) y Chanona-Gómez *et al.*, (2007), Villarruel-Ordaz *et al.*, (2015) donde se han reportado a las especies *Phillipsia domingensis*, *Coenogonium linkii*, como indicadores de lugares sin disturbio o en recuperación, mientras que citan a las especies *Pycnoporus sanguineus*, *Schizophyllum commune*, *Pogonomyces hydroides*, *Polyporus tricoloma*, *Lentinus crinitus*, *L. rudis*, *L. badius*, *Pleurotus djamor* y *Poliporus villosus*, como indicadores de áreas con cierto grado de alteración como zonas urbanas, con influencia humana, algún disturbio o praderas con pastos rasantes y con pastoreo de rumiantes como es el caso específico de *Psilocybe mexicana*.

### 2.2.3 Estudios en Tabasco

Para Tabasco y para el Parque Estatal Agua Blanca, se han realizado algunos estudios ecológicos. El primero de Mondragón-Sánchez (2013) quien realizó un análisis de la riqueza y abundancia de micromicetos en tres hábitats con diferente grado de perturbación, donde menciona a *Phillipsia domingensis*, *Cookeina sulcipes*, *C. tricoloma* y *Cotylidia aurantiaca* como indicadores de sitios poco perturbados o sin perturbación, mientras que *Schizophyllum commune*, *Pogonomyces hydroides*, *Earliella scabrosa*, *Coprinus disseminatus*, *Lentinus crinitus* y *L. badius*, como indicadores de un alto disturbio. De igual forma Martínez-Rivera *et al.*, (2014), elaboró un análisis de la composición de las comunidades microfungicas en tres especies de bromelias; mientras que Gómez-García (2014), analizó la diversidad y distribución de marasmioides en tres hábitats con diferente grado de perturbación, señalando que la riqueza es mayor en las zonas menos perturbadas, correlacionando la riqueza y la diversidad con las variables microambientales. Así como, Sánchez-Hernández *et al.*, (2015), estudió los grupos funcionales de micromicetos saprobios del suelo asociados a tres parcelas con diferentes grados de perturbación, del cual se obtuvieron 11 grupos funcionales, donde se citan alguno géneros como: *Penicillium*, *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Mucor*, *Circinella*, entre otros que pueden ser usados como indicadores de calidad del suelo y del ambiente, permitiendo tener un criterio más exacto en la delimitación del grado de perturbación en un ecosistema.

Por último, se han estudiado los ascomicetos marinos de las costas de Tabasco por Velez *et al.*, (2015) quienes analizaron la diversidad de dichos hongos, en ambientes perturbados por acción antrópica de la extracción petrolera. Reportan 19 taxa para el estado, además de que

la menor diversidad se presentó en las costas de Paraíso, siendo este el ecosistema más perturbado por acción de las actividades petroleras.

### 3. Justificación

Las alteraciones humanas se han extendido de manera global en los diferentes ecosistemas, provocando no sólo diversas modificaciones en su funcionamiento y estructura, sino también la pérdida de servicios ecosistémicos, de los que se beneficia el ser humano. Como consecuencia de ello se ha perdido gran parte de la diversidad de especies del planeta, así como los hábitats adecuados para su desarrollo, influyendo principalmente en la riqueza y abundancia de las comunidades que las habitan (Penttilä *et al.*, 2006; Ochimaru y Fukuda, 2007 y Santos-Silva *et al.*, 2011).

Tabasco es uno de los estados de la república que presenta más transformaciones en su composición de vegetación original, ocasionando un alto impacto y perturbación de la misma, debido a diversas actividades que se derivaron de la expansión y mejoramiento de las poblaciones humanas. Esto ha provocado que la vegetación original o más o menos conservada se distribuya en pequeñas islas dentro de una matriz modificada (Céspedes-Flores y Moreno-Sánchez, 2010).

Las poblaciones de hongos no declinan de la misma manera ni en el mismo periodo de tiempo. Los hongos asociados a madera se ven más afectados por la pérdida de su sustrato a corto plazo, aunque la pérdida de hábitat y la fragmentación afecta a otros grupos aun cuando no se exprese inmediatamente en el tamaño de su población. Sin embargo, los cambios en el

ecosistema afectan su diversidad, ya sea a corto o a largo plazo, dependiendo de su historia de vida y la preferencia de sustrato (Penttilä *et al.*, 2006).

El Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) fue decretado como Área Natural Protegida (ANP) en 1987 y alberga el 49% de las especies vegetales conocidas en el Estado, su ubicación y estado de conservación lo sitúan como punto clave para la realización de investigaciones de biodiversidad. Por su alta diversidad de especies arbóreas (1950), es de esperarse que también exista una considerable riqueza fúngica (Castillo-Acosta y Zavala, 1996; Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

Si se considera la propuesta de Cifuentes *et al.*, (1996) la cual dicta que podrían existir 3.5 macromicetos por cada planta vascular (estudio realizado en zonas templadas), el número de especies presentes en el PEAB sería aproximadamente de 6,825 taxa; mientras que de acuerdo a Hawksworth (1991; 2001), quien sugiere podría existir 6 hongos por planta. En el PEAB existirían alrededor de 11,700 especies, de las cuales entre el 23 y 25% corresponden a macromicetos, es decir alrededor de 2,925 especies (Guzmán, 2008). Por último, siendo más conservadores esperaríamos que existan alrededor de 390 especies siguiendo las metodologías propuestas por Müller *et al.*, (2007), quienes sugieren la existencia de 1 hongo por cada 5 plantas en zonas tropicales.

El conocimiento actual sobre la diversidad en las regiones tropicales del país es aún incompleto o muy escaso (Villegas, 1993; Villegas y Cifuentes, 1998; García-Sandoval *et al.*, 2002 y Ramírez-López *et al.*, 2012); razón por la cual es prioritario la realización de inventarios y estudios ecológicos, así como investigaciones que analicen el impacto que tienen los diversos grados de perturbación sobre la diversidad de los hongos para incrementar el conocimiento tanto de su diversidad como de sus necesidades ecológicas, así como su

composición y vulnerabilidad a las perturbaciones, en este caso en particular en zonas prioritarias del Parque Estatal Agua Blanca.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar la diversidad de los macromicetos presentes en tres sitios del Parque Estatal Agua Blanca (PEAB), Macuspana, Tabasco con diferente grado de perturbación.

### **4.2 Objetivos particulares**

Colectar e identificar los basidiomas presentes en un gradiente de perturbación.

Estimar la diversidad alfa de macromicetos en el Parque Estatal Agua Blanca.

Estimar la diversidad beta y el recambio de los macromicetos entre sitios con niveles contrastantes de perturbación.

## 5. Materiales y métodos

### 5.1 Área de estudio

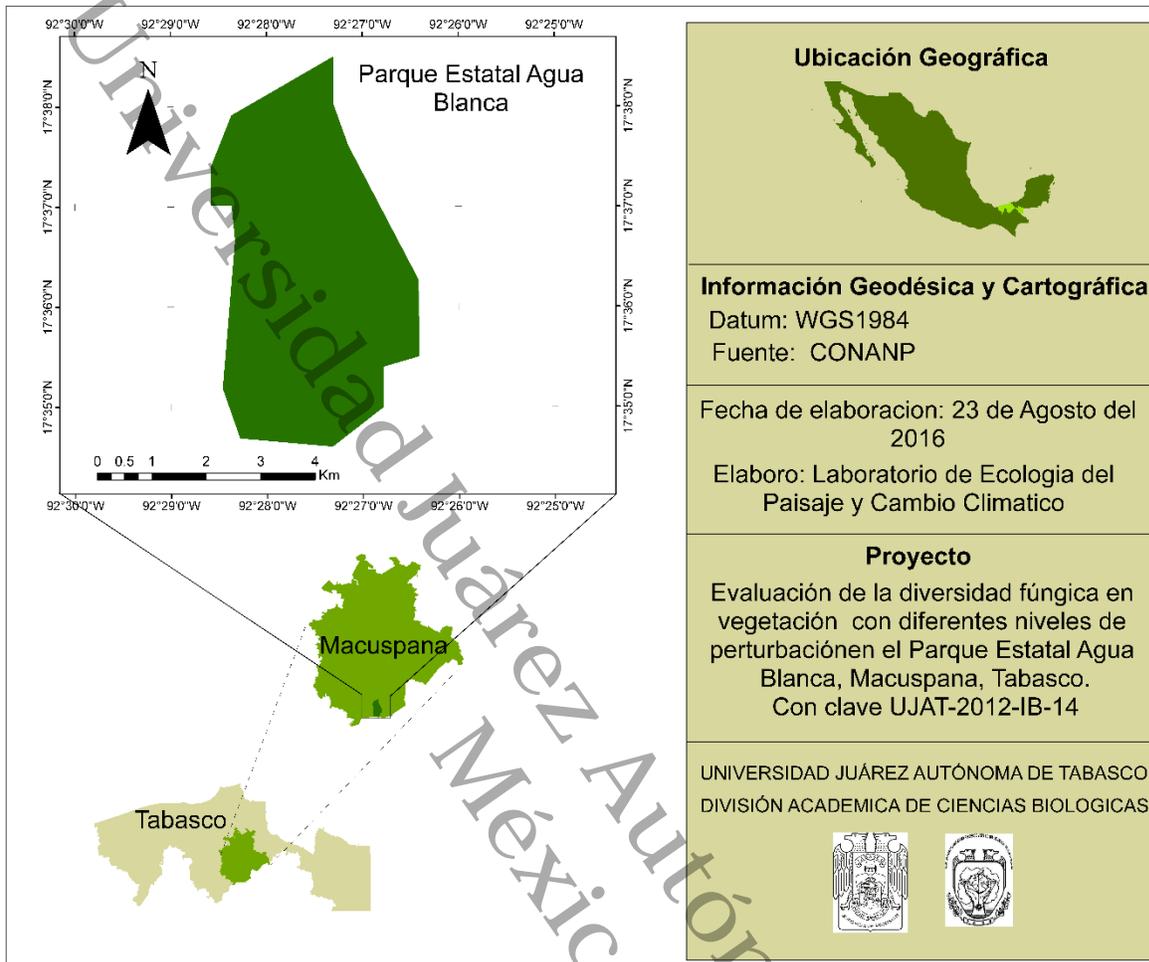
El PEAB se encuentra localizado entre los paralelos 17°35' y 17°38' de latitud norte, y los meridianos 92°25' y 92°29' de longitud oeste y va de los 100 a los 200 m s. n. m. (Figura, 1), ocupa una extensión superficial de 2,025 ha del municipio de Macuspana, Tabasco, México (INEGI, 1986). Comparte superficie en su porción más al norte con la sierra de Chiapas, donde se pueden distinguir dos unidades fisiográficas representativas, la llanura cárstica y úvala (INEGI 1986; Castillo-Acosta y Zavala, 1996; Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

En lo que respecta al clima, el área se caracteriza por una tendencia cálida húmeda Af (m w" (i) g, con temperaturas que oscilan de 23 a 26°C de promedio anual y una fluctuación de 2,100 a 3,200 mm de precipitación pluvial media al año, distribuidos en dos temporadas: lluviosa, que comprende de junio a noviembre y la de lluvias escasas de diciembre a mayo (SEDESPA, 2000; INEGI, 1994).

Forma parte de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH30) ubicada dentro de la cuenca del río Grijalva-Villahermosa y la subcuenca del río Macuspana, los principales cuerpos de agua son representados por los ríos Tepetitán, Puxcatán, Tuliya, Maluco y Chilapa, además de la presencia de ríos subterráneos formados por el escurrimiento que desciende de la serranía, originando las cascadas y albercas naturales, con redes hidrológicas superficiales tipo dendrítica torrencial, con la presencia de drenes cortos que desaparecen en las grutas que se encuentran dentro de la orografía del Parque (Castillo-Acosta y Zavala, 1996).

El paisaje vegetal está conformado por 2,000 ha de selva alta perennifolia, con vegetación principalmente dominada por árboles altos de más de 30 m de longitud, además de la





**Figura 1.** Localización del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México.

presencia de abundantes bejucos y plantas epifitas. Dentro de los árboles más abundantes que la conforman se encuentran: canshán (*Terminalia amazonia*), ramón (*Brosimum alicastrum*), palo mulato (*Bursera simaruba*), guapaque (*Dialium guianense*), caoba (*Sweitenia macrophylla*), zapote mamey (*Pouteria sapota*), ceiba (*Ceiba pentandra*), botoncillo (*Rinorea guatemalensis*), entre otros. La diversidad de las plantas dentro del parque es alta, la componen aproximadamente unas 1,950 especies de plantas vasculares, pertenecientes a 150 familias, representando el 49 % de la diversidad vegetal del estado, siendo así uno de los últimos relictos de vegetación natural en el territorio, sin embargo, dentro de su composición existe vegetación secundaria constituida por cultivos agrícolas, pastizales y vegetación

hidrófila en sitios bajos (Miranda y Hernández, 1963; Castillo-Acosta, 1995; Zarco-Espinosa *et al.*, 2010).

Los suelos se han desarrollado por la intemperización de las rocas calizas dando origen a suelos de tipo rendzinas. Se caracterizan por ser una película delgada de no más de 20 cm de espesor, se encuentra depositada sobre roca caliza formando un horizonte “A” de color oscuro con alto contenido de nutrientes y materia orgánica, con Litosol éutrico fino, presentando una capa media fina y de drenaje interno debido a la porosidad de las rocas (INEGI 2003).

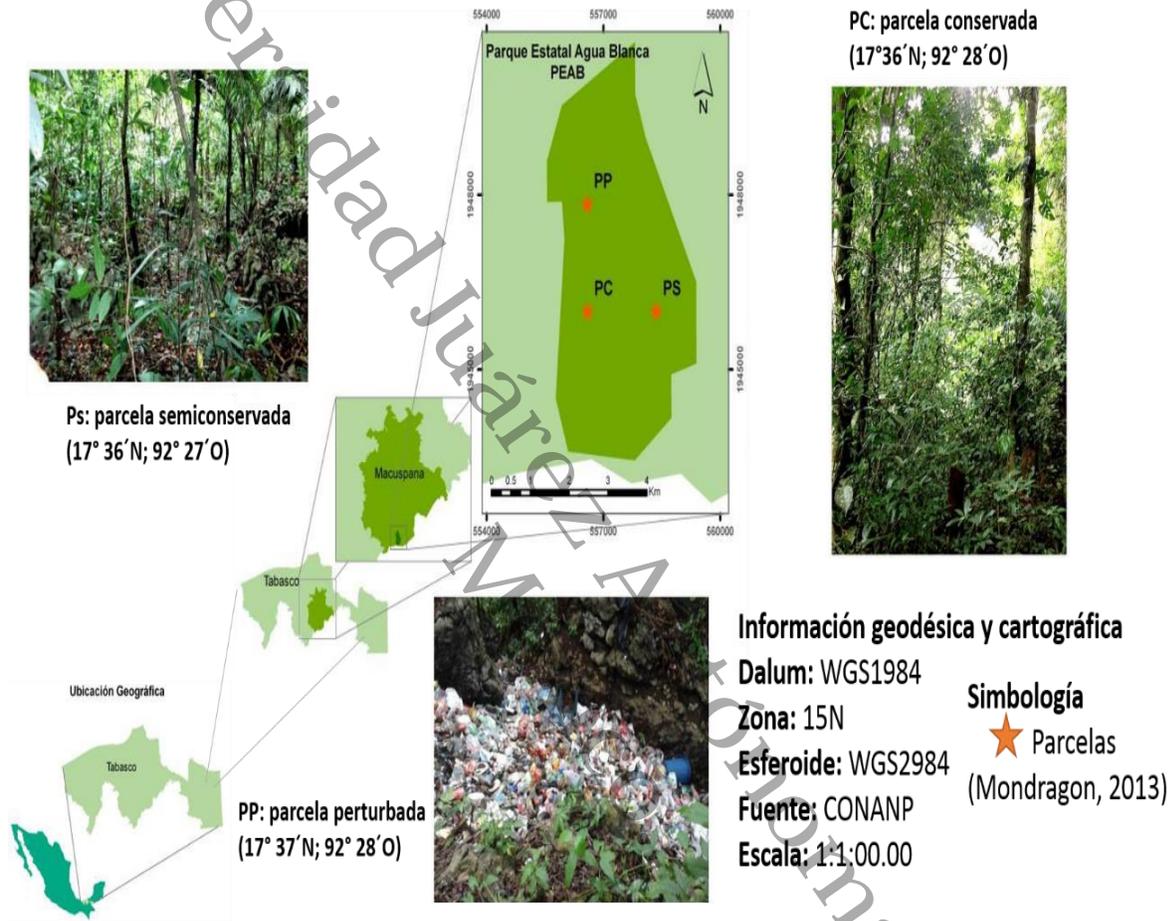
## **5.2 Ubicación y descripción de los sitios de muestreo**

Se delimitaron tres parcelas de 100 x 100 m en el interior del PEAB, cada una con distintos grados de perturbación, bajo la siguiente clasificación: parcela Conservada (PC) ubicada en el paralelo 17°36'N y el meridiano 92° 28' O, parcela semiconservada (PSC) ubicada en el paralelo 17° 36'N y el meridiano 92° 27' O y parcela Perturbada (PP) ubicada en el paralelo 17° 37'N y el meridiano 92° 28' O (Figura, 2). Dichas parcelas fueron previamente determinadas por Mondragón-Sánchez(2013), mediante el método de “métricas del disturbio crónico” propuesto por Matorrel y Peters (2005).

### **5.2.1 Descripción de la Parcela conservada (PC)**

Este punto se ubica a 100 m del camino más cercano, de 100 a 200 m s. n. m. Se caracteriza por grandes formaciones de roca caliza, así como pronunciadas pendientes, que a su vez impiden el establecimiento y realización de actividades humanas.

En dicha zona existe la presencia del dosel más denso de las tres zonas muestreadas, la cual presenta una cobertura vegetal de 92.37%. Esta vegetación se encuentra dominada por



**Figura 2.** Ubicación de las parcelas de estudio dentro del PEAB, tomado y modificado de Sánchez-Hernández (2015) (primera elaboración 30 enero 2015 por el Laboratorio de ecología del paisaje y cambio climático de la UJAT).

especies arbóreas de grandes tallas típicas de vegetación primaria, mientras que el estrato inferior de la selva lo representan abundantes palmas.

En el interior de la misma hay una temperatura promedio de 25°C, la humedad oscila entre 81% en época de lluvias y de 10 a 15% en época de seca.

El suelo tiene una textura franco-arenosa con temperatura promedio de 23.4°C y un alto contenido de materia orgánica y carbono (M. O. 9.2% y C 5.37%), así mismo posee un pH neutro y se encuentra poco compactado (densidad aparente 0.85g/cm<sup>3</sup>), esto se debe al alto contenido de M. O. En cuanto a la hojarasca, esta se acumula con espesor de 3.4 cm, indicando una lenta descomposición y una rápida acumulación (Mondragón-Sánchez, 2013., Sánchez-Pérez *et al.*, 2011., Zou *et al.*, 1995; Oelbermann y Gordon, 2000; Clark *et al.*, 2001).

### **5.2.2 Descripción de la Parcela semiconservada (PSC)**

Se ubica a 50 m del camino más cercano, de 180 a 200 m s. n. m. Se encontró la presencia de actividad agrícola abandonada, trampas de cacería para mamíferos grandes y pequeños, además de hacerse registro residuos sólidos en camino. Dicha zona se caracteriza por la presencia de una cobertura vegetal del 80%. La orilla de la parcela está dominada por arboles característicos de vegetación secundaria como el palo mulato (*Bursera simaruba*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*) y cajeta (*Dendropanax arboreus*) y está colindando con un acahual, mientras que en el estrato interior de la parcela hay abundante presencia de palmas y vegetación primaria por lo que esta zona se encuentra en etapa de regeneración.

En el interior de la misma hay una temperatura promedio de 27°C, la humedad oscila entre 80% en época de lluvias y de 10 a 15% en época de seca. La textura del suelo es franco-arenosa con temperatura promedio de 24.6°C posee un alto contenido de materia orgánica y carbono (M. O. 9.2% y C 5.37%), así mismo el pH es neutro y se encuentra poco compactado (densidad aparente 0.85 g/cm<sup>3</sup>) por el alto contenido de M. O. En cuanto a la hojarasca, se acumula con espesor de 3.6 cm, indicando una lenta descomposición y una rápida

acumulación (Mondragón-Sánchez, 2013; Sánchez-Pérez *et al.*, 2011; Zou *et al.*, 1995; Oelbermann y Gordon, 2000; Clark *et al.*, 2001).

### 5.2.3 Descripción de la Parcela perturbada (PP)

Se ubica a 39 m de los caminos más cercanos, de 80 a 100 msnm. Se encontró partes con suelo desnudo, además de actividad agrícola a menos de 200 m y la presencia de animales domésticos. Presenta una alta actividad antropogénica por su cercanía al área turística, por lo cual se encontró un alto número de residuos sólidos (plásticos, papeles, vidrios).

Dicha zona se caracteriza por la presencia del dosel más abierto, con una cobertura vegetal de 72.22%, encontrándose especies características de vegetación secundaria como, palo mulato (*Bursera simaruba*) guarumo (*Cecropia obtusifolia*) cocoite (*Gliricida sepium*), dormilona, (*Mimosa pudica*) guácimo (*Guazuma ulmifolia*), aguacate (*Persea americana*) y capulín (*Muntingia calabura*).

En el interior de la misma hay una temperatura promedio de 27°C y humedad del 80% La textura del suelo es franco-arenosa con un alto contenido de materia orgánica y carbono (M. O. 9.2% y C 5.37%), con pH neutro, se encuentra poco compactado (densidad aparente 0.85 g/cm<sup>3</sup>) por el alto contenido de M. O. con temperatura promedio de 24°C, en cuanto a la hojarasca se acumula con espesor de 3.6 cm, este resultado indica que contiene una mediana acumulación de hojarasca en el suelo en comparación con las dos parcelas anteriores, la cantidad de hojarasca es muy importante ya que proporciona protección y almacenamiento de carbono (Celentano *et al.*, 2011).

### 5.3 Obtención de los ejemplares

Para la presente investigación se trabajó exclusivamente con ejemplares correspondientes a los siguientes grupos taxonómicos Basidiomycota y Ascomycota. Algunos de los basidiomas fueron recolectados previamente durante los años 2011 al 2014, por Mondragón-Sánchez (2013) y Gómez-García (2014) dentro de las parcelas de estudio. Así mismo, se realizaron visitas a las mismas parcelas durante el año 2015 donde se recolectaron varios esporomas de macromicetos, empleando para ello las técnicas convencionales de micología propuestas por Largent y Stunz (1986), además también se utilizaron especímenes recolectados por Sánchez-Hernández *et al.*, (2018)

Todos los ejemplares encontrados durante el muestreo fueron fotografiados en condiciones naturales con una cámara Canon Powershot® 6354, con la finalidad de tener referente de los caracteres efímeros. Se anotaron, en una bitácora de campo algunas características propias del espécimen, como el color al colectar, si hay variación al manipularse, consistencia del ejemplar, fecha de recolecta, número de transecto, ID de la parcela, ID de la foto y sustrato; los especímenes más quebradizos y pequeños se depositaron en contenedores especiales de plástico con compartimentos de diversas capacidades, y los de mayor tamaño se envolvieron en papel encerado y se colocaron en una canasta. Los hongos más frágiles fueron cubiertos con trozos de retoños de hojas para evitar su rápida desecación. Posterior a las recolectas, los ejemplares fueron trasladados a las instalaciones del Herbario UJAT de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol.) para su resguardo.

## 5.4 Muestreo

Para la colecta de los esporomas, se empleó una modificación al método empleado por Garibay-Orijel *et al.*, 2009, (basado en Salo, 1993), el cual consistió en un muestreo dirigido dentro de tres cuadrantes de 100 x 100 m, cada cuadrante se ubicó al interior de cada parcela. En los cuales se establecieron tres transectos de 20 m de largo por 6 m de ancho, en cada muestreo se trazaron nuevos transectos con ubicación diferente para hacer un total de 84 transectos por parcela.

La ubicación de cada transecto se hizo tomando su independencia espacial y evitando se sobrepongan. Para aumentar su eficacia para cubrir la mayor extensión de territorio, para tener una mayor representatividad de la comunidad de especies para cada zona y disminuir el riesgo de tomar en cuenta solo una pequeña extensión, (Hernández-Maza, 2009). Así mismo se emplearon transectos rectangulares (de dos lados de mayor longitud) ya que se ha demostrado su efectividad y mayor precisión al analizar la composición de especies que los transectos cuadrados y circulares, aumentado la posibilidad de encontrar más ejemplares de hongos (Garibay-Orijel *et al.*, 2009).

### 5.4.1 Descripción y resguardo de los ejemplares

Los ejemplares colectados en fresco fueron descritos siguiendo los criterios establecidos por Largent y Stunz (1986), con dichos caracteres se procedió a la elaboración de las etiquetas de reconocimiento macroscópico de cada organismo. Para anotar la coloración de cada uno de sus componentes se empleó la guía de colores de Küpper (2006). Se tomó de nuevo una fotografía de los ejemplares en laboratorio empleando una cámara Fujifilm® Finefix s2950

para colocar el número de referencia fotográfica, dichos datos fueron anotados en la etiqueta de registro.

Se herborizaron los especímenes colocándolos en una deshidratadora de frutos Nesco® Gardenmaster® FD-1010, por un periodo de 12 hrs a 75°C. Una vez secos se procedió a guardarlo en cajas de cartón blancas de diversos tamaños con sus respectivas etiquetas y anotando con lápiz en la parte superior de las cajas los datos de colecta (determinación, el municipio, colector, número de colecta). Para la descripción de las características microscópicas se empleó la metodología propuesta por Largent *et al.*, (1977). Todas las preparaciones fueron observadas bajo el microscopio óptico Carl Zeiss® Axiostar plus de luz translúcida y contraste de fases realizando las medidas de las esporas y los basidios a partir de la digitalización de las fotografías tomadas por una cámara Canon® Powershot, acoplada al microscopio mediante un adaptador óptico y procesadas en el programa Axio Visión 40 ver. 4.7.1.0. Los especímenes recolectados se resguardaron en el herbario UJAT, de la División de Ciencias Biológicas, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

#### **5.4.2 Identificación de las especies**

La determinación e identificación de los organismos se realizó con base en sus caracteres macroscópicos y microscópicos obtenidos previamente. Se empleó claves taxonómicas, manuales, libros y literatura especializada como las de Deninson (1963 y 1967); Guzmán y Herrera (1969); Singer (1976); Chacón y Guzmán (1983); Sierra y Cifuentes (1993); Petersen, (1999); Ratkowsky y Gates (2002); Guzmán (1970, 1977 y 2003); Cappello-García (2010). Toda la micobiota colectada fue dividida en cuatro grupos ecológicos con base en el



sustrato: Lignícolas, Humícolas, Terrícolas y Parásitos, así mismo se tomaron en cuenta las categorías taxonómicas con fines del análisis estadístico.

## **5.5 Análisis de datos**

### **5.5.1 Completitud de inventario**

Para obtener la completitud de nuestro inventario en cada una de las parcelas muestreadas utilizamos la cobertura de muestra (CM, Chao y Jost 2012). Esta media tiene un rango de 0 a 1, cuanto más cercana a 1, menor es la posibilidad de registrar nuevas especies. Este método promueve la realización de comparaciones estandarizadas en la misma proporción y no en el tamaño de muestra (Moreno *et al.*, 2011; Chao y Jost, 2012; Hsieh *et al.*, 2016). Los valores de CM fueron obtenidos con el paquete iNEXT online versión 2.0.12 (Hsieh *et al.*, 2016).

### **5.5.2 Abundancia relativa**

El análisis de la abundancia en los macromicetos es difícil de determinar, un solo micelio, puede extenderse para abarcar una amplia superficie y es capaz de originar muchos cuerpos fructíferos (Guzmán, 1994, Lodge *et al.*, 2004). Por lo cual existen diversas metodologías para su cálculo, unas implican el uso de técnicas moleculares y otras son convencionales basadas en el conteo de cuerpos fructíferos. (Schmit y Lodge, 2005). Las primeras tienen como ventaja localizar especies que no tienen las condiciones adecuadas para fructificar, consumen menos tiempo de colecta, no requiere de experticia taxonómica, sin embargo, es

muy difícil obtener listados taxonómicos con ellos. Por otra parte, los métodos clásicos permiten estudiar aspectos básicos de las comunidades fúngicas (sustratos y grupos tróficos), obtener listados taxonómicos, comparar los ensamblajes de especies entre diferentes grupos taxonómicos o ecológicos, comparar diferentes comunidades y sus patrones de diversidad de especies, pero requieren de mucho tiempo y de repetidos años de colecta, además que pueden seguir apareciendo nuevas especies (Schmit y Lodge, 2005).

El presente se basó en la presencia y ausencia de los individuos colectados (frecuencia de aparición) en cada transecto de estudio. Por lo cual la abundancia del sitio se calculó por el método propuesto por Willoughby (1961), el cual estima en términos de porcentaje de frecuencia de aparición, es decir, el número de veces que se colecta un taxón o morfoespecie entre el total de las colectas, multiplicado por 100 (Bills *et al.*, 2004).

<b>Abundancia (%)=</b>	Número de veces que aparece el hongo	X100
	Número de muestreos	

### 5.5.3 Riqueza y diversidad de especies

Para describir y comparar la estructura de la comunidad de hongos en cada una de las parcelas se utilizaron medidas de diversidad verdadera (Jost 2006). Estas métricas, mide la diversidad que tendría una comunidad integrada por *i* especies igualmente comunes. Sus unidades son

el número efectivo de especies (Hill 1973; Jost 2006). El número efectivo de especies se calcula a través de la ecuación

$${}^qD = \left( \sum_{i=1}^S p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

${}^qD$ = diversidad verdadera

$p_i$ = proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen a la *iésima* especie (Frecuencia de incidencia)

$S$ = número de especies

$q$ = es el orden de la diversidad y define la sensibilidad del índice a las abundancias relativas de las especies. Este valor determina que tanto influyen las especies comunes o las especies raras en la medida de la diversidad, y puede tomar cualquier valor que se estime apropiado. (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011).

Para el cálculo de la diversidad en este trabajo se consideraron dos medidas de diversidad. La primera medida es la diversidad de orden cero ( ${}^0D$ ), cuyo valor equivale simplemente a la riqueza de especies ( ${}^0D=S$ ), pues de esta manera la diversidad es insensible a la abundancia relativa de las especies. La segunda medida empleará la diversidad de orden 1 ( ${}^1D$ ), en la cual todas las especies son consideradas con el mismo valor de diversidad y ponderadas proporcionalmente según su abundancia en la comunidad (Jost 2006; Moreno *et al.*, 2011; García-Morales *et al.*, 2011). Los datos fueron procesados con el paquete iNEXT versión 2.0.12 (Hsieh *et al.*, 2016), para R versión 3.4.3 (R Core Team, 2017).

### 5.5.4 Curvas de rango-abundancia

Para determinar los patrones de distribución de la abundancia de las especies entre las parcelas, se emplearon las curvas de rango-abundancia (Magurran, 1988), las cuales pueden interpretarse dependiendo de la dominancia de las especies en una comunidad dada, generalmente una comunidad más equitativa, la forma de la curva no será tan pronunciada como lo es en comunidades con pocas especies muy dominantes (Magurran, 1988). Las gráficas fueron construidas con los datos de incidencia para cada especie en todas las parcelas, estas fueron ordenadas de mayor a menor y analizadas en el paquete Biodiversity para Vegan, versión 2.4-6, para R versión 3.4.3 (R Core Team, 2017) (Oksanen *et al.*, 2018).

### 5.5.5 Diversidad Beta

Las variaciones en la composición de las especies entre comunidades fueron evaluadas bajo el enfoque propuesto por Balsega (2010), el cual plantea fraccionarla en las siguientes métricas; primero, la disimilitud de Sørensen ( $\beta_{sor}$ ), para calcular la disimilitud total entre la composición de especies de las comunidades, incluyendo los patrones de anidamiento y recambio de especies; segundo, el índice de disimilitud de Simpson ( $\beta_{sim}$ ), mide solo los cambios en la composición de especies en una comunidad originados por el recambio de especies, y por último  $\beta_{sne}$ , para calcular el anidamiento de las diferencias entre  $\beta_{sor}$  y  $\beta_{sim}$ . Estos toman en cuenta las especies compartidas entre dos o más sitios y las especies únicas para cada ensamble (Balsega, 2010; Balsega y Orme, 2012). Para el cálculo se emplearon datos de frecuencia de incidencia. El análisis fue realizado usando el paquete estadístico betapart, versión 1.4-1 (Baselga *et al.*, 2017), para R versión 3.4.3 (R Core Team, 2017).

## 6. literatura citada

- Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa., S. Aguilar., J. Cifuentes y R. Valenzuela. 2014. Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.85:76-82
- Akiyama, K., K.I. Matsuzaki y H. Hayashi. 2005. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*.435:824-827
- Andrew, E.E., T.R. Kinge., E.M. Tabi., N. Thiobal y A.M. Mih. 2013. Diversity and distribution of macrofungi (mushrooms) in the Mount Cameroon Region. *Journal of Ecology and the Natural Environment*.5:318-334
- Ávalos-Lázaro, A.A., S. Cappello-García, J. Cifuentes-Blanco y J.E. Rosique-Gil. 2016. Hongos clavarioides (Agaricomycetes) de Tabasco: diversidad del Parque Estatal Agua Blanca. *Revista Mexicana de Micología*.43:19-28
- Azul, M.A., P. Castro., J.P. Sousa y H. Freitas. 2009. Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi as indicators of land-use severity in managed woodlands dominated by *Quercus subera* case study from southern Portugal. *Canadian Journal of Forest Research*.39:2404-2417
- Balsega, A y C.D.L. Orme. 2012. Betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*.3:808–812
- Balsega, A. 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*.19:134–143
- Balsega, A., C.D.L. Orme., S. Villeger., J. De Bortoli y F. Lepreuir. 2017. Package 'betapart' (Version 1.4-1) [Software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/betapart/index.html>

- Bills, G.F., M. Christensen., M. Powell y G. Thorn. 2004. Saprobiic soil fungi. En Mueller, G. M., Bills, G. F., Foster, M. S. (eds). Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods. Amsterdam, Boston: Elsevier Academic Press
- Blackwell, M. 2011. The Fungi: 1, 2, 3, 5.1 million species? American Journal of Botany.98:426-438
- Boddy, L., U. Buntgen., S. Egli., A.C. Gange., E. Heegaard., P.M. Kirk., A. Mohammad y H. Kausrud. 2014. Climate variation effects on fungal fruiting. Fungal Ecology.10:20-33
- Bray, D.B., E.A. Ellis., N. Armijo-Canto y Ch.T. Beck. 2004. The institutional drivers of sustainable landscapes: a case study of the Mayan zone in Quintana Roo, México. Land Use Policy.21:33-346
- Brown, N., S. Bhagwat y S. Watkinson. 2006. Macrofungal diversity in fragmented and disturbed forest of the Western Ghats of India. Journal of Applied Ecology.43:11-17
- Buntgen, U., H. Kausrud y S. Egli. 2012. Linking climate variability to mushroom productivity and phenology. Frontiers in Ecology and the Environment.10:14-19
- Cappello-García, S. 2010. Cuaderno didáctico de morfología, técnicas de colecta y preservación e identificación de hongos tropicales. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. División Académica de Ciencias Biológicas
- Castillo-Acosta O, 1995. Los recursos maderables del estado de Tabasco. Informe técnico, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Convenio PC22089. Villahermosa, México. 220 pp.

- Castillo-Acosta, O y C.J. Zavala. 1996. Fisiografía, recursos vegetales y alternativas de manejo en el Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco. *Universidad y Ciencia*.12:63-70
- Celentano, D., R.A. Zahawi., B. Finegan., F. Casanoves., R. Ostertag., R.J. Cole y K.D. Holl. 2011. Restauración ecológica de bosques tropicales en Costa Rica: efecto de varios modelos en la producción, acumulación y descomposición de hojarasca. *Revista de Biología Tropical*.59:1323-1336
- Céspedes-Flores, S.E y E. Moreno-Sánchez. 2010. Estimación del valor de la pérdida de recurso forestal y su relación con la reforestación en las entidades federativas de México. *Investigación ambiental*.2:5-13
- Chacón, S y G. Guzmán. 1983. Ascomycetes poco conocidos en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*.18:183-218
- Chacón, S., G. Guzmán., L. Montoya y V. Bandala. 1995. Guía Ilustrada de los Hongos del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero de Xalapa, Veracruz y Áreas Circunvecinas. Instituto de Ecología. A.C. Xalapa México
- Challenger, A., R. Dirzo., J.C. López-Acosta., A. Lira-Noriega y I. Cruz. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en CONABIO Capital natural de México, Vol.II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México
- Chanona-Gómez, F., R. H. Andrade-Gallegos., J. Castellanos-Albores y J. E. Sánchez. 2007. Macromicetos del Parque Educativo Laguna Bélgica, municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.78:369-381
- Chao, C y L. Jost. 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*.9:2533-2547

- Cifuentes J., M. Villegas., J.L. Villarruel-Ordaz y S. Sierra, 1996. Diversity of Macromycetes in pine-oak forests in the neovolcanic axis, México. In: M.E. Palm, I.H. Chapela (eds.) Mycology in sustainable development: expanding concepts, vanishing borders. Parkway Publishers, Inc. Boone, North Carolina
- Clark, D.A., S. Brown., D.W. Kicklighter., J.Q. Cambers., J.R. Thomlinson., J. Ni y E.A. Holland. 2001. Net primary production in tropical forest: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications*.11:371-389
- CONAFOR. 2003. Cambios de uso de suelo a nivel nacional de 1993- 2002. Series II y III. Comisión Nacional Forestal, Gerencia de Geomántica
- Cooke, W.E. 1958. The ecology of the fungi. *Botanical Review*.24:391-429
- Crowther, T.W., D.S. Maynard., T.R. Crowther., J. Peccia., J.R. Smith y M.A. Bradford. 2014. Untangling the fungal niche: the trait-based approach. *Frontiers in Microbiology*.5:1-12
- Deninson, W.C. 1963. A preliminary study of the operculate cup-fungi Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*.11:99-129
- Deninson, W.C. 1967. Central American Pezizales I.I. The genus *Cookeina*. *Mycological Society of America*.59:306-317
- Estrada, A y R. Coates-Estrada. 1996. Tropical rain forest fragmentation and wild populations of primates at los Tuxtlas, México. *International Journal of Primatology*.17:759-783



- García-Morales, R., C.E. Moreno y J. Bello-Gutiérrez. 2011. Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas: el número de especies efectivas de murciélagos en el sureste de Tabasco, México. *Therya*.2:205-215
- García-Sandoval, R., M. Villegas y J. Cifuentes. 2002. New records of *Ramariopsis* from Mexico. *Mycotaxon*.82:323-333
- Garibay-Orijel, R., M. Martínez-Ramos y J. Cifuentes. 2009. Disponibilidad de esporomas de hongos comestibles en los bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.80:521-534
- Gibertoni, T.B., P.J.P. Santos y M.A.Q. Calvalcanti. 2007. Ecological aspect of Aphyllophorales in the Atlantic rain forest in northeast Brazil. *Fungal Diversity*.25:49-67
- Gómez-García, V.H. 2014. Diversidad y distribución de marasmioides (Fungi: Agarycomycetes) en sitios con diferente grado de perturbación, en el Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, tabasco [Tesis de maestría] [Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa]
- Gómez-García, V.H., S. Cappello-García., J. Cifuentes-Blanco y L.C. Cámara-Cabrales. 2013. Hongos agaricoides asociados a la selva mediana perennifolia de canacoíte (*Bravaisia integerrima*) Tabasco, México. *Kuxulkab*.37:47-55
- Gómez-Hernández, M y G. Williams-Linera. 2011 Diversity of macromycetes determined by tree species, vegetation structure and microenvironment in tropical cloud forests in Veracruz, Mexico. *Botany*.89:203-216
- Grainger, J. 1946. Ecology of the larger fungi. *Transactions of British Mycological Society*.29:52-63

- Guzmán, G y P.D. Johnson. 1974. Registros y especies nuevas de los hongos de Palenque, Chiapas. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología.73-105
- Guzmán, G y T. Herrera. 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México. II. Gasteromicetos. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, serie Botánica.40:1-92
- Guzmán, G. 1970. Nuevas claves para identificar algunos Macromicetos mexicanos. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Departamento de Botánica. Laboratorio de Micología, México, D. F
- Guzmán, G. 1977. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Limusa, México, D. F
- Guzmán, G. 1994. Algunos aspectos importantes en la ecología de hongos (En especial de los macromicetos). Ecología.3:1-9
- Guzmán, G. 1995. La diversidad de hongos en México. Ciencias.39:52-57
- Guzmán, G. 1998. Inventorying the fungi of Mexico. Biodiversity and Conservation.7:369-384
- Guzmán, G. 2003. Los hongos del Edén. Introducción a la micología tropical de México. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Xalapa. Veracruz
- Guzmán, G. 2008. Análisis de los estudios sobre los macromycetes de México. Revista Mexicana de Micología.28:7-15
- Guzmán, G., M.G. Torres., G.F. Ramírez y H.A. Ríos. 2004. Introducción al conocimiento de los macromicetos de Choco Colombia. Revista Mexicana de Micología.19:33-47

- Hawksworth, D. L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research*.95:641-655
- Hawksworth, D. L. 2001. The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*.105:1422-1432
- Hernández-Maza, M.E. 2009. Diversidad de macromicetos en dos tipos de vegetación (bosque mesófilo de montaña y vegetación secundaria) en cerro Brujo municipio de Ocozacoautla, Chiapas. [Tesis licenciatura] [Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas], Tuxtla Gutiérrez Chiapas
- Herrera, T y M. Ulloa. 1990. El reino de los hongos. México UNAM
- Hsieh, T.C., K.H. Ma y A. Chao. 2016. iNEXT interpolation and extrapolation (Version 2.0.12) [Software]. Available from: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/>
- INEGI. 1986. Síntesis geográfica y anexos cartográficos del Estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.116pp
- INEGI. 1994. Síntesis de información geográfica Estado de Tabasco. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México
- INEGI. 2003. Carta Geográfica Estatal. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de comunicaciones, Asentamientos y obras públicas de Tabasco México
- Ingold, C.T. 1953. Dispersal in fungi. London.Oxford University Press
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos*.113:363–375
- Kauserud, H., E. Heegaard., U. Büntgen., R. Halvorsen., S. Egli., B. Senn-Irlete., I. Greilhuber., W. Dämon., T. Sparks., J. Nordén., K. Høiland., P. Kirk., M. Semenov.;

- L. Boddy y N.C. Stenseth. 2012. Warming-induced shift in European mushroom fruiting phenology. *PNAS*.109:14488-14493
- Kauserud, H., L.C. Stige., J.O. Vik., R.H. Økland., K. Høiland y N.C. Stenseth. 2008. Mushroom fruiting and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*.105:3811-3814
- Kernaghan, G., P. Widden., Y. Bergeron., S. Légaré y D. Paré. 2003. Biotic and abiotic factors affecting ectomycorrhizal diversity in boreal mixed-woods. *Oikos*.102:497-504
- Kirk, P.M., P.F. Canon, D.W. Minter y J.A. Stalpers (eds.). 2008. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi*. 10 ed. International Mycological Institute, CAB International, Wallingford.784 pp
- Koyoc-Ramírez, L.G., J. Mendoza-Vega, J.C. Pérez-Jiménez y N. Torrescano-Valle. 2015. Efectos de la perturbación antrópica en Petenes de la selva en Campeche, México. *Acta Botánica Mexicana*.110:89-103
- Küppers, H. 2006. *Atlas de los colores*. Edit. Blume.165pp
- Lagana, A., S. Loppi y V. De Dominicis. 1999. Relationship between environmental factors and the proportions of fungal trophic groups in forest ecosystems of the central Mediterranean area. *Forest Ecology and Management*.124:145-151
- Landeros, F., J. Castillo., J. Cifuentes y G. Guzmán. 2006. Los hongos: Macromicetos conocidos en el cerro el Zamorano (Querétaro-Guanajuato), México. *Revista Mexicana de Micología*.22:25-31

- Largent, D y D. Stunz. 1986. How to identify mushrooms to genus I: macroscopic features. Mad River Press. Michigan 2ed. Revisad and illustrated, ISBN 10:0916422003
- Largent, D., D. Johnson y W. Roy. 1977. How to identify mushrooms to genus III: microscopic features. Mad River Press. Arcata, CA, 148pp. ISBN: 0916422097
- Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Sarukhán, J. (Ed) Capital natural de México. Vol. I: Conocimiento actual de la Biodiversidad. CONABIO. 283-322
- Lodge, D. J., J.F. Ammirati., T.E. O'Dell., G.M. Mueller., S.M. Huhndorf., C.J. Wang., J.N. Stokland., J.P. Schmit., L. Ryvardeen., P.R. Leacock., M. Mata., L. Umaña., Q. Wu y D.L. Czederpiltz. 2004. Terrestrial and lignicolous macrofungi. En Mueller, G. M., Bills, G. F., Foster, M. S. (eds). Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods. Amsterdam, Boston: Elsevier Academic Press
- López-Quintero. C.A., G. Straatsma., A.E. Franco-Molano., T. Boekhout. 2012. Macrofungal diversity in Colombian Amazon forests varies with regions and regimes of disturbance. Biodiversity and Conservation.21:2221-2243
- Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princenton University Press, Princenton, N. J
- Maldonado-Sánchez, E.A y F. Maldonado-Mares. 2010. Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México. Universidad y Ciencia.26:235-245
- Martínez-Rivera, K., G. Heredia, E. Rosique-Gil y S. Cappello, 2014. Hongos anamorfos (Hyphomycetes) asociados a restos vegetales de la selva del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Acta Botánica Mexicana.107:99-119

- Matorrel, C y E. Peters. 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Conservation*.124:199-207
- Miceli-Méndez, C.L., B.G. Ferguson y N. Ramírez-Macial. 2008. Seed dispersal by cattle: natural history and applications to forest restoration and agroforestry. En: Myster R.W. ed. *Post-Agricultural succession in the neotropics*, Springer, Nueva York
- Miranda, F y X.E. Hernández. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*.29:1-179pp
- Mondragón-Sánchez, A. 2013. Evaluación de la riqueza y abundancia de macromicetos en tres habitats con diferente grado de perturbación en el Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. [Tesis de licenciatura] [Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa]
- Monroy-Ortiz, C. 1997. La leña como recurso energético. Implicaciones ecológicas y etnobotánicas. [Tesis de Maestría en ciencias] [Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.]
- Moreno, C.E., F. Barragán, E. Pineda y N.P. Pavón. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista mexicana de biodiversidad*.82:1249-1261
- Müller, G.M., J.P. Schmit., P.R. Leacock., B. Buyck., J. Cifuentes., D.E. Desjardin., R.E. Halling., K. Hjortstam., T. Iturriaga., K.H. Larsson., D.J. Lodge., T.W. May., D. Minter., M. Rajchenberg., S.A. Readhead., L. Ryvardeen., J.M. Trappe., R. Watling y Q. Wu. 2007. Global diversity and distribution of macrofungi. *Biodiversity and conservation*.16:37-48

- O'Brien, H.E., J.L. Parrent., J.A. Jackson., J.M. Moncalvo y R. Vilgalys. 2005. Fungal community analysis by large-scale sequencing of environmental Samples. *Applied and Environmental Microbiology*.9:5544-5550
- Ochimaru, T y K. Fukuda. 2007. Changes in fungal communities in evergreen broad-leaved forest across a gradient of urban to rural areas in Japan. *Canadian Journal of Forest Research*.37:247-258
- Oelbermann, M y M.A. Gordon. 2000. Quantity and quality of autumnal litterfall into a rehabilitated agricultural stream. *Journal of Environmental Quality*.29:603-611
- Oksanen, J., F.G. Blanchet., M. Friendly., R. Kindt., P. Legendre., D. McGlin., P.R. Minchin., R.B. O'Hara., G.L. Simpson., P. Solymos., M. Henry., H. Stevens., E. Szoecs y H. Wagner. 2018. Package 'vegan' Version 2.4-6 [Software]. Available from: <https://cran.r-project.org>, <https://github.com/vegandevs/vegan>
- O-Toris, J., B. Maldonado y C. Martínez-Garza. 2012. Efectos de la perturbación en la comunidad de herbáceas nativas y ruderales de una selva estacional mexicana. *Botanical Sciences*.90:469-480
- Pardavé-Díaz, L.M., L. Flores-Pardavé., EV Franco-Ruiz y M. Robledo-Cortes. 2007. Contribución al conocimiento de los hongos (MACROMICETOS) de la sierra fría, Aguascalientes. *Investigación y ciencia*.37:4-12
- Penttilä, R., M. Lindgren., O. Miettinen., H. Rita y I. Hanski. 2006. Consequences of forest fragmentation for polyporus fungi at two spatial scales. *OIKOS*.114:225-240
- Petersen, J. H. 1999. Key to genera of clavarioid fungi (Basidiomycota) in northern Europe. University of Aarhus, Institute of Systematic Botany. Disponible. [www.mycology.com](http://www.mycology.com)

- Piepenbring, M. 2015. Introducción a la micología en los trópicos. The American Phytopathological Society, USA. 366p
- Pinna, S., M.F. Gévry., M. Côté., L. Sirois. 2010. Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canada. *Forest Ecology and Management*.260:294-301
- R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>
- Ramírez-López, I., M. Villegas-Ríos y Z. Cano-Santána, 2012. Diversidad de Agaricomycetes clavarioides en la Estación de Biología de Chamela, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.83:1084-1092
- Ratkowsky, D y G. Gates. 2002. Keys the Tasmanian families and genera of gilled fungi. *The Tasmanian Naturalist*.124:2-24
- Reyes-Castillo, P. 1978. La fauna silvestre en el Plan Balancán-Tenosique. INIREB. 43pp
- Rosique-Gil. E., L.L. Córdova-Córdova., S. Cappello-García y A. Cid-Martínez. 2018. Ingoldian fungi of the cascades of the Agua Blanca State Park, Tabasco, Mexico. *Scientia Fungorum*.47:3-11
- Rosique-Gil. J.E y S Cappello-García. (en prensa). Diversidad de hongos. En: Mata, Z. E. & Palma, L. D. J. (eds). Biodiversidad en Tabasco: Estudio de Estado. CONABIO
- Rudolf, K., T. Morschhauser y F. Pál-Fám. 2012. Macrofungual diversity in disturbed vegetation types in North-East Hungary. *Central European Journal of Biology*.7:634-647



- Ryding, H., M. Diekmann y T. Hallingbäck. 1997. Biological Characteristics, hábitat associations, and distribution of macrofungi in Sweden. *Conservation Biology*.11:628-640
- Salo, K. 1993. The composition and structure of macrofungus communities in boreal upland type forest and peatlands in North Karelia, Finlandia. *Karstenia*.33:61-99
- Sánchez-Hernández, L. 2015. Grupo funcionales de micromicetes saprobios del suelo con diferente grado de perturbación en el PEAB, Macuspana, Tabasco. [Tesis de licenciatura] [Universidad Juárez Autónoma de Tabasco: Villahermosa]
- Sánchez-Hernández, L., R.M. Arias-Mota, J.E. Rosique-Gil y C.J. Pacheco-Figueroa. 2018. Diversidad del género *Trichoderma* (Hypocraceae) en un área natural protegida en Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana*.123:167-182
- Sánchez-Pérez B.R., O. Castillo-Acosta y L.C. Cámara-Cabrales. 2011. Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el Parque Estatal Agua Blanca Macuspana Tabasco, México. *Polibotánica*.32:63-88
- Santos-Silva, C., A. Gonçalves y A. Louro. 2011. Canopy cover influence on macrofungal richness and sporocar production in montado ecosystems. *Agroforestry Systems*.82:149-159
- Schmit, J.P y D.J. Lodge. 2015. Chapter 10. Classical methods and modern analysis for studying fungal diversity en: Dighton J., L.F. White Jr y P. Oudemans (eds). *The fungal community, its organization and role in the ecosystem*. 3<sup>rd</sup> edition. CRC press, Taylor & Francis, Boca Raton, 193-214pp

- SEDESPA. 2000. Áreas Naturales de Tabasco. Secretaría de Desarrollo Social y Protección Ambiental. Villahermosa, Tabasco 15pp
- SEDESPA. 2006. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Tabasco. Secretaría de Desarrollo Social y Protección al Ambiente. Villahermosa, Tabasco. 202 pp
- Sierra, S y J. Cifuentes. 1993. Contribución al conocimiento de los hongos tremeloides (Heterobasidiomycetes) de México. *Revista Mexicana de Micología*.9:119-138
- Siitonen, P., A. Lehtinen y M. Siitonen. 2005. Effects of forests edges on the distribution, abundance and regional persistence of Wood-rotting fungi. *Conservation Biology*.19(1):250-260
- Singer, R. 1976. Flora Neotropica. Monograph No.17: *Marasmiaceae* (Basidiomycetes-*Tricholomataceae*). New York Botanical Garden: Bronx. United State
- Straatsma. G., F. Ayer y S. Egli. 2001. Species richness, abundance and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research*.1005:515-523
- Toledo, C.V., C. Barroetaveña y M. Rajchenberg. 2014. Fenología y variables ambientales asociadas a la fructificación de hongos silvestres comestibles de los bosques andinos-patagónicos en Argentina. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.85:1093-1103
- Tudela, F. 1989. Modernización forzada del trópico mexicano. Federación Internacional de Institutos de Estudios Avanzados. México. 475pp
- Velez, P., M.C. González., S. Cappello-García., E. Rosique-Gil y R.T. Hanlin. 2015. Diversity of marine Sandy beaches of Tabasco, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.95:897-903

- Villanueva, G., P. Martínez-Zurimendi y J.C. Van der Wal. 2015. Árboles y arbustos en áreas ganaderas de Tabasco: un recurso prometedor. *Ecofronteras*.19:14-17
- Villarruel-Ordaz, J.L y J. Cifuentes, Blanco. 2007. Macromicetos de la cuenca del río magdalena y zonas adyacentes, delegación de la Magdalena Contreras, México, D.F. *Revista Mexicana De Micología*.25:59-68
- Villarruel-Ordaz, J.L., E. Canseco-Zorrilla y J. Cifuentes. 2015. Diversidad fúngica en el municipio de San Gabriel Mixtepec, región Costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Micología*.41:55-63
- Villegas, M y J. Cifuentes, 1988. Revisión de algunas especies del género *Ramaria* subgénero *Lentoramaria* en México. *Revista Mexicana de Micología*.4:185-200
- Villegas-Ríos, H.M. 1993. Estudio taxonómico del género *Ramaria* subgénero *Lentoramaria*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D. F
- Wilkins, W.H y S.H.M. Patrick. 1939. The ecology of the larger fungi, III: Constancy and frequency of grassland species with special reference to soil types. *Annals Applied Biology*.26:25- 46
- Wilkins, W.H y S.H.M. Patrick. 1940. The ecology of the larger fungi, IV: the seasonal frequency of grassland fungi with special reference to the influence of environmental factors. *Annals of Applied Biology*.27:17-34
- Wilkins, W.H., E.M. Ellis y J.L. Harley. 1937. The ecology of the larger fungi. I: constancy and frequency of fungal species in relation to certain vegetation communities, particularly oak and beech. *Annals applied Biology*.24:703-732
- Wilkins, W.H., J.L. Harley y G.C. Kent. 1938. The ecology of larger fungi, II: the distribution of the larger fungi in part of Charlton forest, sussex. *Annals. Applied Biology*.25:472-489

Willoughby, L.G. 1961. The ecology of some lower fungi at Esthwaite Water. Transactions of the British Mycological Society.44:305–332

Zarco-Espinoza, V.M., J.I. Valdez-Hernández., G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia.26:1-17

Zou, X., C.P. Zucca., R. Waide y W.H. McDowell. 1995. Long-term influence of deforestation on tree species composition and litter dynamics of a tropical rain forest in Puerto Rico. Forest Ecology and Management.78:148-157

**7. CAPÍTULO II. ARTÍCULO CIENTÍFICO:  
Ascomicetes (Fungi: Ascomycota) del Parque  
Estatal Agua Blanca,  
Macuspana, Tabasco, México**

**Ávalos-Lázaro AA, Rosique-Gil JE, Cappello-García S,  
Villarruel-Ordaz JL. 2018. Ascomicetes (Fungi: Ascomycota) del  
Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. Acta  
Botánica Mexicana. 122:141-154.**



## Ascomycetes (Fungi: Ascomycota) del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México

## Ascomycetes (Fungi: Ascomycota) of the Agua Blanca State Park, Macuspana, Tabasco, Mexico

Abisag Antonieta Ávalos Lázaro<sup>1</sup> , José Edmundo Rosique Gil<sup>1</sup> , Silvia Cappello García<sup>1,3</sup> 

José Luis Villarruel Ordaz<sup>2</sup> 

1 Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Herbario UJAT, km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas entronque a Bosques de Saloya, 86150 Villahermosa, Tabasco, México.

2 Universidad del Mar, Instituto de Genética, Campus Puerto Escondido, km 1.5 carretera Puerto Escondido-Sola Vega, 71980 Puerto Escondido, Oaxaca, México. 3 Autor para la correspondencia: cappello@hotmai.com

Citar como:

Ávalos Lázaro, A. A., J. E. Rosique Gil, S. Cappello García y J. L. Villarruel Ordaz. 2018. Ascomycetes (Fungi: Ascomycota) del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. *Acta Botánica Mexicana* 122: 141-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm122.2018.1261>

Recibido: 26 de junio de 2017.

Revisado: 30 de agosto de 2017.

Aceptado: 4 de octubre de 2017.

Primero en línea: 24 de octubre de 2017. Publicado: 1 de enero de 2018.

DOI:

<http://dx.doi.org/10.21829/abm122.2018.1261>

### Resumen:

**Antecedentes y Objetivos:** La diversidad de los ascomycetos macroscópicos que se conoce actualmente en el Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco, es el resultado de varias investigaciones previas sobre todos los macromycetos a nivel estatal. Como no existe un estudio específico sobre los ascomycetos del parque antes mencionado, en este trabajo se reunieron los registros anteriores con los resultados de nuevas exploraciones de este proyecto.

**Métodos:** El Parque Estatal Agua Blanca se ubica en la región Oeste y Noreste del estado de Tabasco, México. Se realizaron 28 recorridos entre diciembre del 2011 y julio del 2015. El material recolectado se depositó en el herbario UJAT para su preservación e identificación. La identificación de las muestras se realizó siguiendo las técnicas convencionales de micología.

**Resultados clave:** Se revisaron 129 especímenes, los cuales permitieron la determinación de 22 especies pertenecientes a dos clases, tres órdenes, cinco familias y ocho géneros. Los géneros *Scutellinia* y *Rosellinia* se reportan por primera vez para el estado. El género *Xylaria* es el más diverso con 10 especies, mientras que los géneros *Ophiocordyceps*, *Scutellinia*, *Hypoxylon* y *Rosellinia* son los menos diversos con una especie cada uno.

**Conclusiones:** De las 22 especies determinadas, 12(55%) fueron nuevas citas para Tabasco y 18(82%) lo son para la zona de estudio, mientras que 10(45%) ya se habían encontrado previamente en Tabasco y 4(18%) en el parque. Finalmente, este estudio muestra un mayor número de especies evaluadas en comparación con lo reportado en trabajos previos.

**Palabras clave:** bosque tropical, diversidad, lignícola, macromycetos, *Xylaria*.

### Abstract:

**Background and Aims:** The diversity of the macroscopic ascomycetes currently known from the Agua Blanca State Park, Tabasco, is the result of several previous investigations of macromycetes at the state level. As there is no specific study on the ascomycetes of the aforementioned park, in this work the previous records were combined with the results of new explorations within this project.

**Methods:** The Agua Blanca State Park is located in the western and northeastern region of the state of Tabasco, Mexico. Twenty eight explorations were carried out between December 2011 and July 2015. The material collected was deposited in the UJAT herbarium for its preservation and identification. Identification of the samples was carried out following the conventional mycological techniques. **Key results:** 129 specimens were revised, allowing for the determination of 22 species belonging to two classes, three orders, five families and eight genera. The genera *Scutellinia* and *Rosellinia* are reported for the first time for the state. The genus *Xylaria* is the most diverse with 10 species, while the genera *Ophiocordyceps*, *Scutellinia*, *Hypoxylon* and *Rosellinia* are the least diverse with one species each.

**Conclusions:** Of the 22 species identified, 12(55%) were new records for Tabasco and 18(22%) were this for the study area, while 10(45%) of the species had previously been found in the state and 4(18%) in the reserve. Finally, this study shows a higher number of species evaluated compared to previous work.

**Key words:** diversity, lignicolous, macromycetes, tropical rain forest, *Xylaria*.



## Introducción

A nivel mundial, los ascomicetos conforman el grupo de hongos más grande, diverso y ecológicamente importante; representan 60% de las especies y 72% de los géneros descritos (Medel et al., 1999; González y Hanlin, 2008; Kirk et al., 2008). Su distribución es cosmopolita y se han encontrado colonizando tanto hábitats continentales como marinos, ya sea como saprobios, parásitos o simbioses, lo cual les permite participar en interacciones ecológicas importantes para el funcionamiento de los ecosistemas.

En México, se han descrito 664 especies de ascomicetos (Aguirre-Acosta et al., 2014), en todo el país. Chiapas, México, Oaxaca y Veracruz son los estados más estudiados, y se tienen pocos registros de Nayarit, Aguascalientes, Baja California, Colima, Sinaloa, Tabasco y Yucatán (Medel et al., 1999; González y Hanlin, 2008). La vegetación tropical y subtropical de estas últimas entidades es predominante y pudiera existir un mayor número de especies de las reportadas, como se ha constatado en otros trabajos (Villegas y Cifuentes, 1988; Medel et al., 1999; Medel, 2002).

En Tabasco, no existe hasta el momento un estudio concreto sobre este grupo; sin embargo, se han reportado especies de ascomicetos en diversos estudios de macromicetos en general (Cappello-García y Hernández-Trejo, 1990; Medel et al., 1999; López-Bonilla y Cappello-García, 2000; Medel, 2002; Cappello-García et al., 2013).

Actualmente se tiene registro de siete especies de ascomicetos en el Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) (Cappello-García et al., 2013) y también de la diversidad de macromicetos clavarioides y hongos anamorfos asociados a hojarasca (García-García et al., 2013; Martínez-Rivera et al., 2014; Ávalos-Lázaro et al., 2016). Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo describir la diversidad de los ascomicetos del PEAB, así como servir de base para la generación de futuras investigaciones. Esta publicación constituye el primer estudio enfocado en ascomicetos, tanto del área, como del estado de Tabasco.

## Materiales y métodos

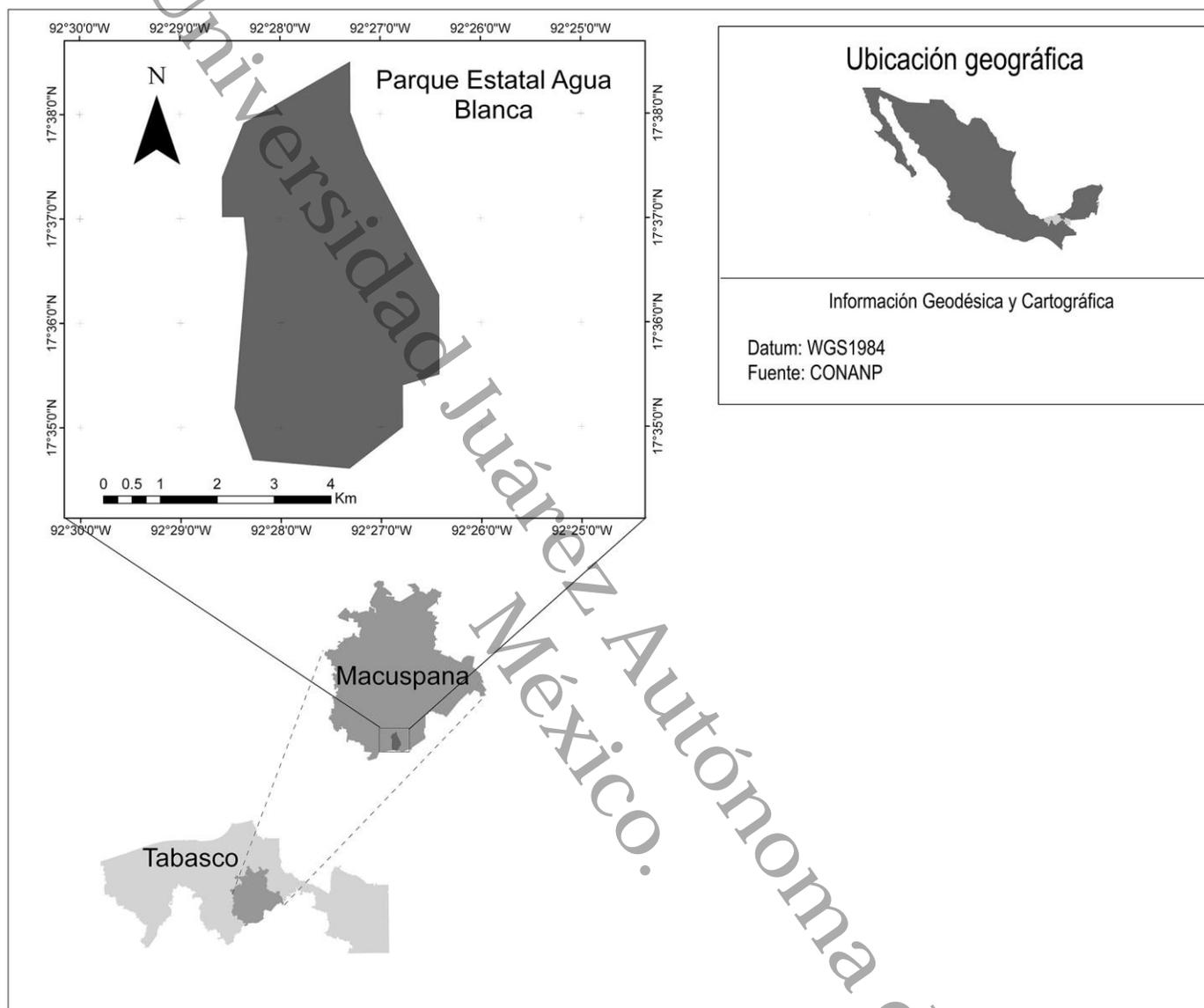
## Área de estudio

El Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) se ubica en la región Oeste y Noreste del estado de Tabasco, en el sureste de México, entre los paralelos 17°35' y 17°38'N y los meridianos 92°25' y 92°29'W (Fig. 1). Se encuentra dentro de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta. Fue decretado el 19 de diciembre de 1987 como Área Natural Protegida (ANP) de carácter Estatal (SEMARNAT, 2002). Cuenta con una extensión de 2025 ha, dominada por selva alta perennifolia, en la que se conocen alrededor de 1950 especies de plantas vasculares pertenecientes a 150 familias (Castillo-Acosta, 1995; Sánchez-Pérez et al., 2011). El clima es cálido húmedo Af(m)w''(i)g, con temperaturas que oscilan de 23 a 26 °C y una precipitación pluvial de 2100 a 3200 mm al año, con abundantes lluvias en verano. Los suelos son de color oscuro tipo rendzinas, formados sobre roca caliza de alto contenido de nutrientes y de materia orgánica, de profundidad promedio de 20 cm con litosol éutrico fino (Castillo-Acosta y Zavala, 1996; INEGI, 2009; Zarco-Espinosa, et al., 2010).

## Recolecta e identificación de los ejemplares

Para la colecta y descripción de los cuerpos fructíferos de los ascomicetos, se realizaron 28 recorridos al azar, de cuatro horas, en el periodo comprendido entre diciembre 2011 y julio 2015, en diferentes sitios del área de estudio y se siguieron las técnicas básicas de micología propuestas por Cifuentes et al. (1986) y San Martín y Rogers (1995), para lo cual fue necesario el uso de microscopio (Primo Star, Carl Zeiss, Thornwood, EUA).

Para la determinación de las especies se usaron claves de identificación taxonómica y literatura especializada como las de Denison (1963), San Martín y Rogers (1989), San Martín et al. (1997, 1999), Medel et al. (2006, 2008), Sung et al. (2007), Vasilyeva et al. (2007), Hladki y Romero (2009, 2010) y Da Silva-Cruz y Cortez (2015). Todos los ejemplares se encuentran depositados en la Colección Micológica del Herbario UJAT (Tabasco, México).



**Figura 1:** Localización del sitio de estudio en Macuspana, Tabasco, México.

## Resultados

Se estudió un total de 129 especímenes. Taxonómicamente se agruparon en dos clases, tres órdenes, cinco familias, ocho géneros y 22 especies (Cuadro 1). El arreglo taxonómico en el cuadro referido está basado en el Index Fungorum (2017). De los ejemplares identificados, 66(52%) pertenecen al Orden Xylariales, 55(42%) a Pezizales y 7(5%) a Hypocreales. *Xylaria* Hill ex Schrank fue el género con mayor número

de especies (10), mientras que de los géneros *Ophiocordyceps* Petch, *Scutellinia* (Cooke) Lambotte, *Hypoxylon* Adans y *Rosellinia* De Not. se registró solo una especie.

De las 22 especies estudiadas, 12(55%) se registran por primera ocasión para el estado, mientras que, para la zona de estudio, 18(82%) son nuevos registros. Así mismo, los géneros *Scutellinia* y *Rosellinia* se registran por primera vez para Tabasco.





**Cuadro 1:** Diversidad de familias, géneros y especies de ascomicetos para el Parque Estatal Agua Blanca. Los nuevos reportes para Tabasco están precedidos por un \* y para el PEAB por el signo de +.

Familia	Especies	Citas
Cordycipitaceae	<i>Ophiocordyceps sphecocephala</i> (Klotzsch ex Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones & Spatafora, 2007	Cappello et al., 2013
Hypoxylaceae	+ <i>Hypoxylon investiens</i> (Schwein.) M.A. Curtis, 1867	Medel et al., 1999
	*+ <i>Phylacia</i> aff. <i>mexicana</i> Medel, J.D. Rogers & Guzmán, 2006	
	*+ <i>Phylacia globosa</i> Lév, 1845	
	+ <i>Phylacia poculiformis</i> (Mont.) Mont., 1885	Cappello-García y Hernández-Trejo, 1990
	+ <i>Phylacia sagraana</i> (= <i>Phylacia sagraana</i> ) Mont., 1856	Perez-Silva, 1972; Cappello-García y Hernández-Trejo, 1990
Pyronemataceae	*+ <i>Scutellinia</i> cf. <i>scutellata</i> (L.) Lambotte, 1887	
Sarcoscyphaceae	+ <i>Cookeina speciosa</i> (Fr.) Dennis, 1994	Cappello-García y Hernández-Trejo, 1990
	<i>Cookeina tricholoma</i> (Mont.) Kuntze, 1891	Cappello-García et al., 2013
	*+ <i>Phillipsia crispata</i> (Berk. & M.A. Curtis) Le Gal, 1959	
	<i>Phillipsia domingensis</i> Berk., 1981	Cappello-García et al., 2013
Xylariaceae	*+ <i>Rosellinia corticium</i> (Schwein.) Sacc, 1882	
	*+ <i>Xylaria alata</i> F. San Martín & J.D. Rogers, 1989	
	*+ <i>Xylaria</i> aff. <i>filiformis</i> (Alb. & Schwein.) Fr., 1849	
	*+ <i>Xylaria cubensis</i> (Mont.) Fr, 1851	
	+ <i>Xylaria guianensis</i> (= <i>guyanensis</i> ) (Mont.) Fr., 1851	Perez-Silva, 1972
	+ <i>Xylaria hypoxylon</i> (L.) Grev, 1824	Cappello-García et al., 2013
	*+ <i>Xylaria ianthinovelutina</i> (Mont.) Fr., 1835	
	*+ <i>Xylaria mexicana</i> F. San Martín, J.D. Rogers & P. Lavín, 1998	
	*+ <i>Xylaria myosurus</i> Mont., 1855	
	*+ <i>Xylaria phyllocharis</i> Mont., 1856	
	<i>Xylaria polymorpha</i> (Pers.) Grev, 1824	Cappello-García et al., 2013

Las especies *Cookeina speciosa* (Fr.) Dennis, con 28 especímenes, *Cookeina tricholoma* (Mont.) Kuntze, con 17 y *Phillipsia domingensis* Berk. con 10, son las más abundantes dentro del área de muestreo. *Phillipsia crispata* (Berk. & M.A. Curtis) Le Gal, *Xylaria guianensis* (= *guyanensis*) (Mont.) Fr. (Figs. 2K, L), *Hypoxylon investiens* (Schwein.) M.A. Curtis y *Scutellinia* cf. *scutellata* (L.) Lambotte (Figs. 3G-I; P-U) sólo se registraron una vez. Presentaron hábito lignícola 82% de las especies, mientras que 9% se encontró creciendo sobre hojas.

## Taxonomía

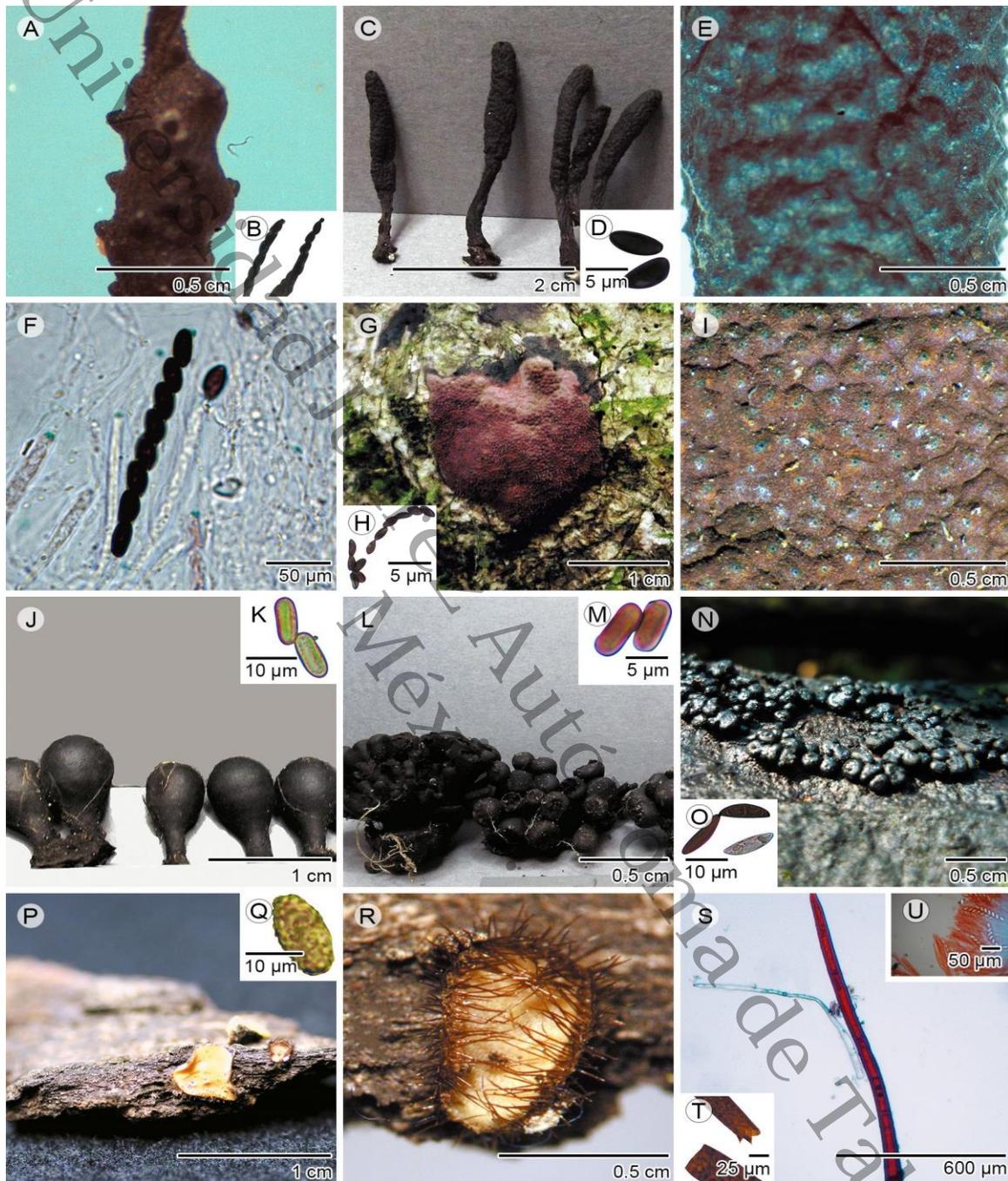
### Nuevos registros para Tabasco

*Phillipsia crispata* (Berk. & M.A. Curtis) Le Gal, Bull. Jard. Bot. État Brux. 29: 103. 1959. Fig. 2M.

Apotecios en forma de disco, solitarios a gregarios, sésiles o subsésiles, centralmente adheridos o ligeramente excéntricos, 10-30 × 2 mm, carnosos y rígidos cuando



**Figura 2:** A-B. *Xylaria cubensis* (Mont.) Fr. (Jiménez-Álvarez 28): A. estroma; B. ascosporas (100x). C-E. *Xylaria alata* San Martín & J.D. Rogers (Jiménez-Álvarez 25): C. estroma; D. ascas con aparato apical amiloide en Melzer; E. ascosporas con apéndices alados. F-G. *Phylacia mexicana* Medel, J.D. Rogers & Guzmán (Gómez-García 289): F. estroma; G. ascosporas (100x). H-J. *Xylaria ianthinovelutina* (Mont.) Fr., (Gómez-García 233): H. estroma; I. superficie estromática; J. ascosporas (100x). K-L. *Xylaria guianensis* (Mont.) Fr., (Jiménez-Álvarez 29): K. estroma; L. superficie estromática; M. *Phillipsia crispata* (Berk. & M.A. Curtis) Le Gal, (Sánchez 14): M. ascosporas (100x). N-Q. *Xylaria phyllocharis* Mont. (Carreño-Ruiz 128): N. estroma; O. ascosporas (100x); P. superficie estromática; Q. ascas con aparato apical amiloide en Melzer (40x). R-S. *Xylaria mexicana* San Martín, J.D. Rogers & P. Lavín, (Jiménez-Álvarez 21): R. superficie estromática; S. ascosporas (40x). Fotos por ÁvalosLázaro, A. A. y Gómez-García, V. H.



**Figura 3:** A-B. *Xylaria mexicana* San Martín, J.D. Rogers & P. Lavín, (*Jiménez-Álvarez 21*): A. superficie del estroma; B. aparato apical del asca. C-F. *Xylaria myosurus* Mont. (*Jiménez-Álvarez 51*): C. estroma; D. esporas (100x); E. superficie estromática; F. ascas, aparato apical amiloide. G-I. *Hypoxylon investiens* (Schwein.) M.A. Curtis, (*Jiménez-Álvarez 38*): G. estroma; H. ascosporas (100x); I. superficie del estroma. J-K. *Phylacia globosa* Lév., (*Mondragón-Sánchez 59*): J. estroma; K. ascospora (100x). L-M. *Phylacia sagrana* Mont. (*Gómez-García 527*): L. estroma; M. ascosporas (100x). N-O. *Rosellinia corticium* (Schwein.) Sacc, (*Mondragón-Sánchez 60*): N. estroma; O. ascosporas (100x). P-U. *Scutellinia* cf. *Scutellata* (L.) Lambotte (*Gómez-García 652*): P. estroma; Q. ascosporas (100x); R. superficie del estroma; S. tricoma; T. base del tricoma; U. ascas operculadas (40x). Fotos por Ávalos Lázaro, A. A y Gómez-García, V. H.



están frescos, volviéndose ligeramente corchosos cuando secos, color café-morado; ascas con pared delgada, cilíndricas, octosporadas; ascosporas elipsoidales a ligeramente naviculares con bordes agudos, 21-24 × 11-12 µm, con más de 10 finas estrías en cada lado; lignícolas.

Distribución: Costa Rica, Cuba y México (Denison, 1969).

Ejemplar examinado: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, 28.I.2014, lignícola, *Sánchez 14* (UJAT).

Observaciones: esta especie suele ser confundida en campo con *P. domingensis*; sin embargo, el apotecio de *P. crispata* es usualmente de menor tamaño y el color del himenio es distintivamente más café. Microscópicamente son fácilmente diferenciadas por la presencia de estrías en las esporas, que se observan en *P. domingensis* sin necesidad de aceite de inmersión (4-6 estrías por lado), mientras que en *P. crispata* son mucho más delgadas y difíciles de observar (10-14 estrías por lado).

*Phylacia globosa* Lév, Anns Sci. Nat. Bot., sér. 3, 3: 61. 1845. Figs. 3J, K.

Estromas gregarios, subglobosos, algunas veces piriformes, estipitados, 9-11 mm de diámetro × 10-17 mm de longitud, constreñidos hacia la base formando un estípote 2-3 mm, de solitarios a gregarios, color negro, superficie carbonosa que se desintegra con la edad, endostroma no pudo ser observado en los ejemplares descritos, debido a que solo presentaban el espacio del endostroma sin ningún contenido; peritecios cilíndricos 3 mm de longitud, en la parte superior del estroma; las ascas no pudieron ser observadas; ascosporas oblongas con línea germinal en el centro color café claro, 9-12 × 4-5 µm; lignícolas.

Distribución: Argentina, Brasil, Colombia, Guadalupe, México y Venezuela (Rodrigues y Samuels, 1989; Medel et al., 2006).

Ejemplar examinado: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, 19.I.2012, lignícola, *Mondragón-Sánchez 59* (UJAT).

Observaciones: *Phylacia globosa* puede confundirse con *P. poculiformis* (Mont.) Mont. en campo, pero, difiere de ella por poseer cuerpos subglobosos con ápices redondeados, mientras que *P. poculiformis* se caracteriza por tener forma globosa-piriforme, ligeramente constreñida al centro, con ápices estrechos. El ejemplar analizado posee las esporas ligeramente más delgadas (4-5 vs 5-7.5 µm), comparado con lo descrito por Medel et al. (2006).

*Phylacia aff. mexicana* Medel, J.D. Rogers & Guzmán, Mycotaxon 97: 282. 2006. Figs. 2F, G.

Estromas gregarios, pseudoturbinados con bordes estromáticos redondeados y ápices planos, 5-9 mm alto × 3-6 mm de diámetro, sésiles o estipitados 1-3 × 1-2 mm, color negro, superficie carbonosa, ápices que se desintegran con la edad dejando un orificio por donde son liberadas las esporas; endostroma color blanco, con un punto color negro en el centro del mismo y que se extiende ligeramente hacia el estípote; peritecios cilíndricos hasta 2 mm de longitud; ascas en forma de saco octosporadas; ascosporas oblongas (7.8-)8-9 × 4-5(-3.7) µm, color café amarillento, lignícolas.

Distribución: México (Medel et al., 2006).

Ejemplar examinado: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, 23.IV.2012, lignícola, *Gómez-García 289* (UJAT).

Observaciones: algunas esporas del material analizado presentan línea germinal que abarca toda la superficie de la espora, contrario a lo mencionado por Medel et al. (2006), quien las describe como carentes de esta línea. Sin embargo, concuerdan con todas las demás características descritas para la especie. Las ascas fueron observadas, pero no pudieron ser fotografiadas para su medición.



*Rosellinia corticium* (Schwein.) Sacc., Syll. Fung. (Abelini) 1: 253. 1882. Figs. 3N, O.

Estromas gregarios, redondeados, 1-2 mm de diámetro, uniperiteciados o hasta tres por estroma, rodeados por un subículo color rojizo, que puede estar ausente en organismos muy maduros, superficie más o menos lisa, aplanados en el ápice; con ostiols papilados; ascas cilíndricas, octosporadas, con aparato apical amiloide en Melzer, 4-5 × 2.4-2.6 μm; ascosporas color café rojizo, elipsoidales, algunas de ellas con apéndices hialinos en uno o en ambos lados, lisas, 23-28 × 6.9-8 μm sin tomar en cuenta los apéndices, con línea germinal que casi abarca toda la longitud de la espora, lignícolas.

Distribución: India, norte de Estados Unidos de América y México (Dargan y Thind, 1979; Rogers et al., 2008).

Ejemplar examinado: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, 19.I.2012, lignícola, *Mondragón-Sánchez 60* (UJAT).

Observaciones: *Rosellinia corticium* puede ser confundida morfológicamente con *R. aquila* (Fr.) Ces. & De Not, pero difiere en que ésta posee esporas consistentemente más largas de hasta 31 μm y así mismo un aparato apical de mayor tamaño (hasta 11 μm).

*Scutellinia cf. scutellata* (L.) Lambotte, Mém. Soc. Roy. Sci. Liège, Série 2, 14: 299 (prepr.). 1887. Figs. 3P-U.

Apotecios sésiles, gregarios, color naranja claro, superficie algo curvada, 5 mm de diámetro; pelos marginales color rojizo alrededor de todo el apotecio, hasta 1 mm de longitud × hasta 50 μm de ancho, de pared gruesa hasta 8 μm, con varios septos; ascas cilíndricas octosporadas, 196.4-224 × 10-13.71 μm, paráfisis filiformes con ápice clavado 182-252 × 4-6.3 μm de diámetro, ascosporas elipsoidales, 16-20 × 10-12 μm, con presencia de gúttulas, ornamentadas con verrugas irregulares de más de

0.5 μm, algunas aisladas y otras formando placas o crestas, excípulo externo pseudoparenquimático, intrincado formado de células globosas de hasta 15 μm, lignícolas.

Distribución: es una especie de amplia distribución a nivel mundial, en México se ha citado de Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sonora, Tlaxcala y Veracruz (Sierra et al., 2016).

Ejemplar examinado: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, 28.I.2014, lignícola, *Gómez-García 652* (UJAT).

Observaciones: *Scutellinia scutellata* podría confundirse macroscópicamente con *S. crinita* (Bull.) Lambotte; sin embargo, difiere de ésta por la formación de placas a partir de la fusión de la ornamentación de las esporas.

*Xylaria alata* F. San Martín & J.D. Rogers, Mycotaxon 34(2): 301. 1989. Figs. 2C-E.

Estromas gregarios, filiformes, simples a ramificados, color negro, delgados, 15-30 mm longitud × 0.5-1 mm de diámetro, parte fértil en el ápice 5-8 × 1-1.5 mm de diámetro, cilíndrica con superficie rugosa con apariencia de nudos, por la presencia de peritecios subinmersos, ostiols papilados; endostroma color blanco a gris; estípite cilíndrico color negro, 10-22 × 0.5-1 mm; ascas octosporadas cilíndricas, (72.94-)75.5-89.2 × 4-5 μm, con aparato apical cuadrado, amiloide en Melzer, 1.3-1.7 × 1.3-1.7 μm; ascosporas color café, elipsoidesinequilateras, con apéndices hialinos aplanados en cada lado, hialinas, 8.8-10 × 3.7-4 μm incluyendo apéndices, con línea germinal recta que ocupa casi toda la superficie de la espora, en troncos con muy alto nivel de descomposición, lignícolas.

Distribución: México (San Martín y Rogers, 1989; 1995).

Ejemplar examinado: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, lignícola, 29.IX.2012, *Jiménez-Álvarez 25* (UJAT).

Observaciones: esta especie se diferencia de otras por la presencia de apéndices aplanados de cada lado de la espora, simulando alas.

*Xylaria cubensis* (Mont.) Fr. Nova Acta R. Soc. Scient. Upsl., Ser. 3, 1(1): 126. 1851. Figs. 2A, B.



Estromas de solitarios a gregarios, clavados, 18-45 mm de longitud  $\times$  4-15 mm de ancho, ápices redondeados de textura dura pero frágil, todo el estroma color negro a café chocolate, superficie lisa, peritecios totalmente inmersos, diseminados por la superficie del estroma exceptuando la base, con ostiolos papilados; endostroma color blanco y suave, estípite cilíndrico, corto, 4-7  $\times$  2-4 mm; ascas octosporadas, cilíndricas, 150.03-161.93  $\times$  5-6(7)  $\mu\text{m}$ ; con aparato apical cuadrado, amiloide en Melzer, 1.6-1.9  $\times$  1.6-1.9  $\mu\text{m}$ ; ascosporas color café oscuro a negras elipsoides con las puntas redondeadas, lisas, 7.3-10  $\times$  4-4.7  $\mu\text{m}$ , con línea germinal recta y larga pero difícil de observar claramente; lignícolas.

Distribución: África, América, Asia y Oceanía (Ma et al., 2012; Da Silva-Cruz y Cortez, 2015).

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, lignícola, 28.II.2012, Morales-López 178 (UJAT); loc. cit., 29.IX.2012, Jiménez-Álvarez 23 (UJAT), 28 (UJAT).

Observaciones: *Xylaria cubensis* es similar a *X. laevis* Lloyd y *X. allantoidea* (Berk.) Fr., pero, difiere de ellas por el tamaño de su aparato apical, en *X. laevis* de menor tamaño (0.7-1.3  $\times$  1.2-1.7  $\mu\text{m}$ ) y en *X. allantoidea* es mayor (2.2-3.6  $\times$  2-3  $\mu\text{m}$ ).

*Xylaria ianthinovelutina* (Mont.) Fr. *Annls Sci. Nat., Bot.*, Sér. 2, 3: 339. 1835 Figs. 2H-J.

Estromas gregarios, alargados, delgados, simples o ramificados hacia el ápice, 35-111 mm de longitud  $\times$  0.55 mm de ancho, en algunos casos hacia el ápice presentan remanentes de su fase asexual, superficie densamente tomentosa, color café oscuro; peritecios submersos, diseminados por la superficie del estroma exceptuando la base, con ostiolos circulares; endostroma color blanco, con un centro color beige, estípite cilíndrico, tomentoso, 20-50  $\times$  0.5-5 mm; ascas cilíndricas 88.03-100  $\times$  5-5.5  $\mu\text{m}$  con base larga; con aparato apical, rectangular, amiloide en Melzer, 2-3  $\times$  1-2  $\mu\text{m}$ ; ascosporas naviculares con bordes ligeramente redondeados, color marrón, 11-13  $\times$  3.7-4.5  $\mu\text{m}$ , línea germinal recta, abarcando la totalidad de la longitud de la espóra.

Distribución: Argentina, Brasil, Guyana Francesa, México, Paraguay, Surinam y Trinidad (Dennis, 1956; Da Silva-Cruz y Cortez, 2015).

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, en frutos 24.III.2012, Gómez-García 230 (UJAT), 233 (UJAT), 239(UJAT); 26.VI.2012, Carreño-Ruiz 78 (UJAT); loc. cit. 30.IX.2012, Jiménez-Álvarez 39 (UJAT), 40 (UJAT).

Observaciones: *Xylaria ianthinovelutina* puede ser confundida con *X. magnoliae* J.D. Rogers, aunque la segunda solo crece en frutos de árboles de la familia Magnoliceae y posee esporas ligeramente de mayor tamaño (1017  $\times$  3-6  $\mu\text{m}$ ), mientras que la primera es comúnmente encontrada en frutos de la familia Fabaceae. El ejemplar aquí estudiado se encontró creciendo en frutos de *Sterculia apetala* (Jacq.) H. Karst (Malvaceae).

*Xylaria mexicana* F. San Martín, J.D. Rogers & P. Lavín, *Rev. Mex. Micol.* 13: 66. 1998. Figs. 2R, S; 3A, B.

Estromas solitarios, filiformes inclinados o torcidos sobre la hoja, simples a ligeramente ramificados, 8-25 mm  $\times$  1 mm ancho, color negro, hacia el ápice se encuentra la parte fértil, de forma subglobosa a clavada, 5-7  $\times$  0.5-1 mm, peritecios inmersos con contornos periteciales prominentes, ostiolos hemisféricos sobresalientes; endostroma color blanco, estípite filiforme, corto 4-10  $\times$  0.5 mm; ascas cilíndricas octosporadas, (88-)100-120  $\times$  6-8  $\mu\text{m}$  presentan aparato cuadrado, amiloide en Melzer, 3-4  $\times$  3-4  $\mu\text{m}$ ; ascosporas color café oscuro elipsoidales inequilaterales a naviculares, (9.3-)9.5-11.4  $\times$  5.5-6.4  $\mu\text{m}$ , con extremos redondeados, con línea central recta que abarca casi la totalidad de la superficie, folícola, sobre la nervadura de las hojas.

Distribución: En México en los estados de Campeche y Chiapas (San Martín et al., 1997).

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, folícola, 29.IX.2012, Jiménez-Álvarez 21 (UJAT); 10.VII.2014, Jiménez-Álvarez 92 (UJAT).



Observaciones: *Xylaria mexicana* se diferencia de *X. phyllocharis* Mont. por tener las esporas más pequeñas de  $9-12 \times 5-6 \mu\text{m}$  vs  $12-14 \times 6.5-8.5$ , además en *X. phyllocharis* el tomento se restringe solamente al estípote. El estípote de *X. phyllocharis* exhiben reminiscencias del anamorfo que van desde bajo de la zona fértil hasta la base del estípote, mientras que en *X. mexicana* las reminiscencias del anamorfo se encuentran en el ápice estéril en forma de estrias.

*Xylaria myosurus* Mont., Ann. Sci. Nat. Bot. ser. 4, 3: 110. 1855. Figs. 3C-F.

Estromas gregarios, 13-27 mm alto  $\times$  1.5-3 mm ancho, lanceolados o aplanados, color negro, superficie opaca, rugosa con peritecios inmersos, distribuidos por todo el estroma exceptuando la base, ostiolos papilados, endostroma color blanco a beige con el centro color negro, estípote cilíndrico corto,  $5-15 \times 1.5-2$  mm; ascas cilíndricas octosporadas,  $81.43-104.3 \times 5.13-6.67 \mu\text{m}$ ; con aparato apical rectangular, amiloide en Melzer,  $2.68-4.38 \mu\text{m}$ ; ascosporas  $8.2-9.8 \times 4.2-5 \mu\text{m}$ , elipsoidales-inequiláteras o naviculares, extremos redondeados, línea germinal recta, tenue, ocupando toda la longitud de la espóra; lignícolas.

Distribución: Argentina, Brasil, Cuba, Guyana Francesa, Nueva Zelanda y México (Dennis, 1956; San Martín y Rogers, 1995 y Hladki y Romero, 2007).

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, 24.III.2012, lignícola, *Mondragón-Sánchez 102* (UJAT), *104* (UJAT); loc. cit., 30.IX.2012, *Jiménez-Álvarez 43* (UJAT), *51* (UJAT), *52* (UJAT), *70* (UJAT).

Observaciones: el ejemplar aquí estudiado es ligeramente más grande que los descritos por Dennis, (1956) de hasta  $20 \times 2$  mm y ascosporas de  $7-10 \times 3-4 \mu\text{m}$ . Sin embargo, coinciden en las características descritas para la especie *X. myosurus* en Argentina, por Hladki y Romero (2007), quienes mencionan que el ejemplar tipo estudiado por Dennis se encuentra inmaduro y en malas condiciones; esta especie se

caracteriza por sus pequeños cuerpos negros delgados y lanceolados.

*Xylaria phyllocharis* Mont. Syll. Gen. Sp. Crpt. (Paris): 206. 1856. Figs. 2N-Q.

Estromas solitarios, filiformes, 15-30 mm longitud  $\times$  0.5-1 mm grosor, parte fértil de ovalada a clavada, color grisáceo,  $1-5 \times 0.5-1$  mm; peritecios inmersos con presencia de ostiolos prominentes papilados color café a negro; ápice estéril; endostroma color blanco, suave fácil de cortar, estípote filiforme largo,  $10-15 \times 0.5$  mm, con presencia de reminiscencias del anamorfo de bajo de la zona fértil, ascas octosporadas cilíndricas,  $105-125 \times 5-6 \mu\text{m}$ ; con aparato apical de cuadrado a rectangular, amiloide en Melzer,  $2-4 \times 2-3 \mu\text{m}$ ; ascosporas color café a café oscuro, elipsoidales con bordes redondeados, lisas,  $11.64-13.3 \times 4-5 \mu\text{m}$ , cubiertas con una vaina hialina; línea germinal recta que abarca casi la totalidad de la espóra, folícola, sobre las nervaduras de las hojas.

Distribución: Brasil, Guyana Francesa y México (Dennis, 1956; San Martín y Rogers, 1989 y San Martín et al., 1997).

Ejemplares examinados: MÉXICO. Tabasco, Macuspana, Parque Estatal Agua Blanca, folícola, 24.III.2012, *Mondragón-Sánchez 103* (UJAT); loc. cit., 24.VI.2012, *Mondragón-Sánchez 25* (UJAT), *128* (UJAT), *154* (UJAT); loc. cit., 24.VI.2012, *Carreño-Ruiz 128* (UJAT); loc. cit., 25.VI.2012, *Mondragón-Sánchez 186* (UJAT).

Observaciones: las esporas de este ejemplar son ligeramente más delgadas de lo que se ha descrito con anterioridad. Quizá se deba a que las esporas se encuentren inmaduras, la mayoría de ellas hialinas dentro de las ascas. Se pudieron encontrar muy pocas esporas de coloración café, cubiertas con una vaina hialina. El interior de los peritecios podía observarse aún de color claro. *Xylaria phyllocharis* puede confundirse con *X. asperata* J.D. Roges, Rossman & Samuels, pero se difiere de la misma por tener esporas de mayor tamaño ( $11-14$  vs  $9-12 \mu\text{m}$ ).



## Discusión

El número de especies reportadas en este trabajo representa el mayor registro de ascomicetos tanto para la zona de estudio como para el estado de Tabasco. En listados previos de macromicetos en general solo se citaron alrededor de 12 especies en un mismo artículo (Cappello-García y Hernández-Trejo, 1990; Medel et al., 1999; López-Bonilla y Capello-García, 2000; Medel, 2002). Además, Medel et al. (1999) reportan 20 especies descritas hasta ese momento para la entidad. De las 22 especies aquí reportadas, 45% (10) ya han sido citadas previamente para el estado, mientras que 18% (4) habían sido registradas para la zona de estudio (Cappello-García et al., 2013), por lo que se adicionan 18 nuevos registros para el PEAB y 12 para el estado.

Por otra parte, el orden Xylariales fue el más abundante (52%), lo que concuerda con lo estimado en otras investigaciones, donde se calcula que 75% de las especies se distribuye en las regiones tropicales del mundo (Whalley, 1993). Así mismo, Medel (2007) y Guzmán (2008) señalan que, hasta 2007, este es el grupo más diverso para México con 335 especies, lo que lo convierten en el mejor conocido para el país.

Los géneros más abundantes, *Xylaria* y *Cookeina* Kuntze, concuerdan con los reportes de Medel et al. (1999), Chanona-Gómez et al. (2007), y Medel (2013), quienes encontraron en sus trabajos a *Xylaria* como el más abundante en los trópicos y en el bosque mesófilo de montaña, sugiriendo que *Cookeina* puede tener abundancias medias en ambos ambientes.

Chanona-Gómez et al. (2007) han sugerido que la mayoría de hongos lignícolas se distribuyen principalmente en la selva mediana, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. De igual forma, Chanona-Gómez et al. (2007) y Mori del Águila et al. (2011) sostienen que el sustrato más utilizado por los hongos macroscópicos tropicales es la madera de los árboles en descomposición, reportando un mayor número de ejemplares colectados con hábitat lignícola, 63% y 56% respectivamente, del total de la muestra.

Las especies *Hypoxyton investens* (Schwein.) M.A. Curtis, *Phylacia sagrana* (= *Phylacia sagraeana* Mont.) (Figs. 3L,

M), *Xylaria guianensis*, *X. hypoxyton* (L.) Grev, *X. polymorpha* (Pers.) Grev, *Phylacia poculiformis* (Mont.) Mont., *Cookeina speciosa*, *C. tricholoma* y *Phillipsia dominguensis* han sido citadas previamente en estudios de macromicetos realizados en el estado (PérezSilva, 1952; Cappello-García y Hernández-Trejo, 1990; Medel et al., 1999; San Martín et al., 1999; López-Bonilla y Cappello-García, 2000; Cappello-García, 2006; Capello-García et al., 2011), mientras que las especies *Cookeina tricholoma*, *Ophiocordyceps sphecocephala* (Klotzsch ex Berk.) G.H. Sung, J.M. Sung, Hywel-Jones y Spatafora y *Phillipsia dominguensis* han sido citadas para el Parque Estatal Agua Blanca (Cappello-García et al., 2013), en el único estudio de macromicetos realizado en la zona.

Es importante señalar que hacen falta investigaciones en este grupo de hongos, tanto en el estado como en las zonas tropicales de México, pues de acuerdo con Guzmán (2008), solo se conoce 4% de los ascomicetos en el país. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de realizar más exploraciones en Tabasco y en otras regiones, que nos permitan seguir documentando y conociendo la diversidad de estos hongos.

## Contribuciones de los autores

AAL, JERG, SCG diseñaron la investigación, AAL llevó a cabo el trabajo de campo, las recolectas, la identificación, descripción del material y escribió el texto con ayuda de JERG, SCG y JLVO quienes revisaron el manuscrito y corroboraron las identificaciones y las descripciones taxonómicas. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

## Financiamiento

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (número de beca 490224 (AAL), y proyecto Tab-2009-C18-122083), y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (proyecto UJAT-2012-IB-14).

## Agradecimientos

Agradecemos a Coral Jazvel Pacheco Figueroa, Rodrigo García Morales y Lilia María Gama Campillo por su valiosa colaboración en la revisión del presente artículo. De igual forma agradecemos a América Mondragón por el apoyo





brindado en el trabajo de campo. Así mismo, al laboratorio de ecología del paisaje y cambio global de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por la elaboración del mapa del área de estudio y a la diseñadora gráfica Betsabee Elena Ávalos Lázaro por su ayuda en la edición y elaboración de las imágenes.

### Literatura citada

- Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa., S. Aguilar., J. Cifuentes y R. Valenzuela. 2014. Biodiversidad de hongos en México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: S76-S81. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.33649>
- Ávalos-Lázaro, A. A., S. Cappello-García., J. Cifuentes y J. E. Rosique-Gil. 2016. Hongos clavarioides (Agaricomycetes) de Tabasco: diversidad del Parque Estatal Agua Blanca. Revista Mexicana de Micología 43: 19-28.
- Cappello-García, S. 2006. Hongos del Yumka': Guía ilustrada. Editorial UJAT. Villahermosa, México. 105 pp.
- Cappello-García, S. y H. Hernández-Trejo. 1990. Lista preliminar de los hongos (Macromicetos) y Myxomycetes de Tabasco, México. Universidad y Ciencia 7(13): 15-21.
- Cappello-García, S., A. A. Díaz-Contreras y E. LópezHernández. 2011. La diversidad de los hongos de la Sierra. In: López-Hernández, E. (ed.). Educación ambiental para la conservación de la biodiversidad, bases de información para la sierra de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México. Pp. 67-87.
- Cappello-García, S., E. Rosique-Gil y J. Cifuentes. 2013. Guía de hongos macroscópicos del Parque Estatal Agua Blanca. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, México. 99 pp.
- Castillo-Acosta, O. 1995. Los recursos maderables del estado de Tabasco. Informe técnico. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Convenio PC22089. Villahermosa, México. 220 pp.
- Castillo-Acosta, O. y C. J. Zavala. 1996. Fisiografía, recursos vegetales y alternativas de manejo en el Parque Estatal Agua Blanca, Tabasco. Universidad y Ciencia 12: 63-70.
- Chanona-Gómez, F., R. H. Andrade-Gallegos, J. CastellanosAlbores y J. E. Sánchez. 2007. Macromicetos del Parque Educativo Laguna Bélgica, municipio de Ocozacoautla de Espinosa, Chiapas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78: 369-381.
- Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1986. Hongos. In: Lot, A. y F. Chiang (eds.). Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. México, D.F., México. Pp. 55-64.
- Dargan, J. S. y K. S. Thind. 1979. Xylariaceae of India: VII. The genus *Rosellinia* in the Northwest Himalayas. Mycologia 71(5): 1010-1023.
- Da Silva-Cruz, K. y V. G. Cortez. 2015. *Xylaria* (Xylariaceae, Ascomycota) in the Parque Estadual de São Camillo, Paraná Brazil. Acta Biológica Paranaense Curitiba 44(34): 129-144. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abpr.v44i1-4.43846>
- Denison, W. C. 1963. A preliminary study of the operculate cup-fungi of Costa Rica. Revista de Biología Tropical 11: 99-129.
- Denison, W. C. 1969. Central American Pezizales. III. The genus *Phillipsia*. Mycologia 61: 289-304.
- Dennis, R. W. G. 1956. Some Xylarias of Tropical America. Kew Bulletin 11(3): 401-444.
- García-García, M. A., G. Heredia, S. Cappello-García y E. Rosique-Gil. 2013. Analysis of the sporulating microfungal community in decomposing fallen leaves of *Rinorea guatemalensis* (Wats.) Bartlett (Malphigiales, Violaceae) in a Mexican Rainforest. Cryptogamie Mycologie 34: 99-111. DOI: <http://dx.doi.org/10.7872/crym.v34.iss2.2013.99>
- González, M. C. y R. T. Hanlind. 2008. Distribution and occurrence of Ascomycetes in Mexico. North America Fungi 3(7): 139-145. DOI: <http://dx.doi.org/10.2509/naf2008.003.0077>
- Guzmán, G. 2008. Análisis de los estudios sobre los macromycetes de México. Revista Mexicana de Micología 28: 7-15.
- Hladki A. I. y A. I. Romero. 2007. Primeras citas del género *Xylaria* (Ascomycota, Xylariaceae) para la república de Argentina. Darwiniana 45(1): 28-44.
- Hladki, A. I. y A. I. Romero. 2009. Novedades para los géneros *Annulohypoxylon* e *Hypoxylon* (Ascomycota, Xylariaceae) en la República Argentina. Darwiniana 47: 278-288.
- Hladki, A. I. y A. I. Romero. 2010. A preliminary account of *Xylaria* in Tucuman Province, Argentina, with a key to the known species from the Northern Provinces. Fungal Diversity 42(1): 79-96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13225-009-0008-6>
- Index Fungorum. 2017. An international project to index all formal names in the Fungi kingdom. <http://www.indexfungorum.org>. (consultado marzo de 2017).
- INEGI. 2009. Anuario estadístico del Estado de Tabasco México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Villahermosa, México.
- Kirk, P. M., P. F. Cannon, D. W. Minter y J. A. Stalper. 2008. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 10th ed. CAB International. Wallingford, USA. 784 pp.



- López-Bonilla, F. y S. Cappello-García. 2000. Lista de hongos (Macromicetes y Mixomicetes) de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Universidad y Ciencia 15(30): 51-58.
- Ma, H. X., Y. Li y L. N. Vasilyeva. 2012. The genus *Xylaria* in the south of China-5. Three new records in the China Mainland. Österr. Z. Pilzk 21: 61-67.
- Martínez-Rivera, K., G. Heredia, E. Rosique-Gil y S. Cappello. 2014. Hongos anamorfos (Hyphomycetes) asociados a restos vegetales de la selva del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Acta Botanica Mexicana 107: 99-119. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm107.2014.206>
- Medel, R. 2002. Nuevos registros de Pyrenomycetes (Ascomycotina) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 70: 79-85.
- Medel, R. 2007. Especies de ascomicetes citados de México IV. 1996-2006. Revista Mexicana de Micología 25: 69-76.
- Medel, R. 2013. Hongos ascomicetos del bosque mesófilo de montaña en México. Acta Botanica Mexicana 105: 87-106. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm105.2013.224>
- Medel, R., G. Guzmán y S. Chacón. 1999. Especies de Macromicetos citadas de México IX. Ascomycetes, parte III: 1983-1996. Acta Botanica Mexicana 46: 57-72. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm46.1999.816>
- Medel, R., J. D. Rogers y G. Guzmán. 2006. *Phylacia* sp nov. and consideration of other species with emphasis on Mexico. Mycotaxon 97: 279-290.
- Medel, R., R. Castillo y G. Guzmán. 2008. Las especies de *Xylaria* (Ascomycota, Xylariaceae) conocidas de Veracruz, México y discusión de nuevos registros. Revista Mexicana de Micología 28: 101-118.
- Mori del Águila, T., M. E. Bendayán-Acosta, A. TresierraAyala, M. García-Dávila, E. Ruiz-Sánchez, J. BardalesGarcía, R. Reátegui-Amasifuén, F. Espinoza-Campos y C. Dávila-Flores. 2011. Ascomycetes y Basidiomycetes macroscópicos en bosques de Puerto Almendras (Loreto, Perú). Folia Amazónica 20(1-2): 7-14. DOI: <https://doi.org/10.24841/fa.v20i1-2.350>
- Pérez-Silva, E. 1972. El género *Phylacia* (Pyrenomycetes) en México. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología 6: 9-15.



- Rodríguez, K. F. y G. J. Samuels. 1989. Studies in the Genus *Phylacia* (*Xylariaceae*). Memoirs of the New York Botanical Garden 49: 290-297.
- Rogers, J. D., A. N. Miller y L. N. Vasilyeva. 2008. Pyrenomycetes of the Great Smoky Mountains National Park. VI. *Kretzschmaria*, *Nemania*, *Rosellinia* and *Xylaria* (*Xylariaceae*). Fungal Diversity 29(9): 107-116.
- Sánchez-Pérez, B. R., O. Castillo-Acosta y L. C. CámaraCabreres. 2011. Regeneración natural de la selva alta perennifolia en el parque estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco, México. Polibotánica 23: 63-88.
- San Martín, F. y J. D. Rogers. 1989. A preliminary account of *Xylaria* of Mexico. Mycotaxon 34: 283-374.
- San Martín, F. y J. D. Rogers. 1995. Notas sobre la historia, relaciones de hospedantes y distribución del género *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) en México. Acta Botanica Mexicana 30: 21-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm30.1995.731>
- San Martín, F., J. D. Rogers y P. Lavín. 1997. Algunas especies de *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) habitantes en hojarasca de bosques mexicanos. Revista Mexicana de Micología 13: 58-69.
- San Martín, F., Y. M. Ju y J. D. Rogers. 1999. Algunas especies de *Hypoxyton* (Pyrenomycetes, *Xylariaceae*) de México. Acta Botanica Mexicana 47: 31-53. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm47.1999.823>
- SEMARNAT. 2002. Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Consejo Nacional de Áreas Protegidas. Vol 2. México, D.F., México. 907 pp.
- Sierra, S., L. Izquierdo-San Agustín, S. Castro-Santiuste, I. Rodríguez-Gutiérrez, A. Alcántara-Mojica, L. PérezRamírez y J. Cifuentes. 2016. Nuevos registros del género *Scutellinia* (Pyronemataceae, Pezizales) para la micobiota mexicana. Acta Botanica Mexicana 117: 79-89. DOI: <http://dx.doi.org/10.21829/abm117.2016.1169>
- Sung, G. H., N. L. Hywel-Jones, J. M. Sung, J. J. Luangsaard, B. Shrestha y J. W. Spatafora. 2007. Phylogenetic classification of *Cordyceps* and clavicipitaceous fungi. Studies in Mycology 57: 5-59. DOI: <http://dx.doi.org/10.3114/sim.2007.57.01>
- Vasilyeva, L. N., J. D. Rogers y A. N. Miller. 2007. Pyrenomycetes of the Great Smoky Mountains National Park V. *Annulohypoxyton* and *Hypoxyton* (*Xylariaceae*). Fungal Diversity 27: 231-245.
- Villegas, M. y J. Cifuentes. 1988. Revisión de algunas especies del género *Ramaria* subgénero *Lentoramaria* en México. Revista Mexicana de Micología 4: 185-200.
- Whalley, A. J. S. 1993. Tropical Xylariaceae. Their distribution and ecological characteristic. In: Isaac, S., J. C. Frankland, R. Watling y A. J. S. Whalley (eds.). Aspects of tropical mycology. Cambridge University Press. Cambridge, USA. Pp. 103-120.
- Zarco-Espinoza, V. M., J. I. Valdez-Hernández, G. ÁngelesPérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia 26: 1-17.

**8. CAPÍTULO III. ARTÍCULO CIENTÍFICO:  
DIVERSIDAD VERDADERA**

**Diversity of macromycetes in a gradient of  
anthropic disturbance in the Mexican tropics**

# Diversity of macromycetes in a gradient of anthropic disturbance in the Mexican tropics

Abisag Antonieta Ávalos-Lázaro<sup>1</sup>; Edmundo Rosique-Gil<sup>\*1</sup>; Rodrigo García-Morales<sup>3</sup>; Lilia María Gama-Campillo<sup>4</sup>; Coral Jazvel Pacheco-Figueroa<sup>4</sup>; José Luis Villarruel-Ordaz<sup>2</sup> y Silvia Cappello-García<sup>1</sup>

\*Corresponding: Edmundo.rosique@ujat.mx

<sup>1</sup> Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Herbario UJAT, Km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas entronque a Bosques de Saloya, 86150, Villahermosa, Tabasco, México.

<sup>2</sup> Universidad del Mar, Instituto de Genética, Campus Puerto Escondido, Km 1.5 carretera Puerto Escondido-Sola Vega, 71980, Puerto Escondido, Oaxaca, México. Teléfono 01954 5824990. E-mail: jlvo@zicatela.umar.mx

3. Centro del Cambio Global y la Sustentabilidad A.C., calle del Centenario del Instituto Juárez s/n, Colonia Reforma, Villahermosa, Tabasco, C.P. 86080, México.

4. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Ecología del paisaje y cambio global, Km 0.5 carretera Villahermosa-Cárdenas entronque a Bosques de Saloya, 86150, Villahermosa, Tabasco, México.

Teléfono: (993) 3581500 Ext. 6432 y correo: coral.pacheco@ujat.mx. orcid.org/0000-0001-5281-9251 Author ID: 57191221431.

## Abstract

Fungi are organisms known to be highly sensitive to environmental changes that modify their distribution, diversity and abundance. However, little is known about the effect of disturbances on fungal communities in the tropics. For this reason, we analyzed the effect of different levels of disturbance in communities of macromycetes located in a Natural Protected Area in the Mexican tropic. A total of 435 species were determined from 84 samplings. Results indicate that macromycetes diversity is inversely proportional to the degree of disturbance. The highest richness and diversity were observed in the most conserved plot. Conversely, the composition showed a marked pattern, where most species are rare and very few are dominant, showing a greater turnover among communities. Therefore, turnover is regarded as the guiding element of the dynamics of fungal communities, mediated by the environmental modifications derived from disturbances.

Key words: Tropical fungi, disturbance, community structure, true diversity, species richness.

## Introduction

Since the industrial revolution, activities related to human development have altered and transformed ecosystems throughout the planet, causing different disturbances worldwide (Challenger *et al.*, 2009). Currently in Mexico most of the natural ecosystems are disturbed and only 33% of the original vegetation cover is conserved. The disturbance in the different Mexican ecosystems have transformed the physical and biological parameters (temperature, humidity, vegetal cover etc.) causing changes in the diversity, abundance and composition of species (Challenger *et al.*, 2009; Manson *et al.*, 2009). Fungi are a megadiverse group, which one has been estimated that exist over 700 000 to 1.5 million of species. However only between 5 and 10% of its diversity is known worldwide (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014; Hawksworth, 1991, 2001; Schmit & Müeller, 2007). Fungi are involved in several vital functions for the maintenance of ecosystems, such as, degradation of organic matter, contribution to biogeochemical cycles, degradation of complex molecules (lignin and cellulose) and formation of mycorrhizae (Andrew *et al.*, 2013; López-Quintero *et al.*, 2012; Piepenbring, 2015). In addition, they promote the formation of soils and favor the balance and dynamics of communities by regulating animal (biological control) and plant populations (mycorrhizae), as well as contribute to prevent erosion by forming micro- and macro-aggregates (Akiyama *et al.*, 2005; Piepenbring, 2015; Villarruel-Ordaz *et al.*, 2015). Fungi are highly dependent on micro and macro environmental conditions and require the integrity of the ecosystem for their development (Dale & Beyeler, 2001, Matorrel & Peters, 2005). It has been observed that disturbances such as pollution, the reduction of vegetation cover, air and the substrate humidity, as well as the increase in temperature, affect fungi in different ways (Brown *et al.*, 2006; Boddy *et al.*, 2014; García *et al.*, 2014). For example, epigeous

mushroom communities are more sensitive to atmospheric variations than hypogeous, because these fungi are more exposed to climatic variations than their hypogean counterparts (Andrew et al., 2016). On the contrary, there are species such as *Psilocybe cubensis* and *Panaeolina foenisecii* that are associated with pastures, and their abundance is favored in those places (Wartchow et al., 2007).

Nevertheless, little is known about the effect of disturbances on the diversity and function of fungi in ecosystems. Most of these studies have been conducted in temperate zones (Diez, et al., 2013, Ochimaru & Fukuda, 2007, Penttilä et al., 2006, Santos-Silva et al., 2011), and studies in tropical areas are scarce (Allen et al., 2003; Caifa et al., 2017; López-Quintero et al., 2012; Persiani & Casado, 1998). The objective of the present study was to evaluate the effect of different levels of disturbance on the diversity of the communities of macromycetes in a Natural Protected Area (ANP) in southeastern Mexico.

## **Materials and Methods**

The Parque Estatal Agua Blanca (PEAB) is located in the state of Tabasco, in southeast Mexico, between 17°35' y 17°38'N and 92°25' y 92°29'W (Figure 5) (SEMARNAT, 2002). It has an extension of 2,025 ha, dominated by high evergreen forests, with 1,950 species of vascular plants, representing 49% of the species in the state (Castillo-Acosta, 1995). Despite being a Natural Protected Area, the PEAB is exposed to different types of anthropic disturbance caused by the inhabitants of nearby communities that engage in activities such as growing crops, logging, poaching in the core area, ecotourism activities in nearby waterfalls and even the exploitation of a quarry in the buffer zone. (Castillo-Acosta, 1995, Zarco-Espinosa et al., 2010).



Sampling record. Samplings were done in three plots (100 × 100 m), previously characterized to determine their level of disturbance, using the Metric of Chronic Disturbance technique (Sánchez-Hernández *et al.*, 2018). The plots were classified as Conserved (PC), Semi-conserved (PSC) and Disturbed (PP) (Table 1). A total of 28 samplings were conducted between December 2011 and July 2015. Three 20 × 6 m mobile transects (360 m<sup>2</sup>) were set up in each plot for each sampling, with the aim of covering the largest possible area and recovering the greatest possible diversity, resulting in 84 transects sampled for each plot. The specimens collected were identified using specialized keys (Cappello, 2006; Denison, 1963; 1967; Guzmán, 1970; 1977; 2003; Pegler, 1966; Petersen, 1999; Wartchow *et al.*, 2007) and were stored in the Herbarium of the División Académica de Ciencias Biológicas from the Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT). Species richness was considered as the number of species recorded in each plot, while abundance was determined by quantifying the number of records of the same species. It should be noted that the fruiting bodies collected in a certain transect, that belonged to the same species, were quantified as a single record.

Data analyses. The completeness of the inventory of species was determined using the sample Coverage method, which measure the proportion of the total number of individuals in a community that belong to the species represented in the sample. This method was chosen since it allows to evaluate the completeness of sample whose true richness is unknown (Chao & Jost, 2012, Moreno *et al.*, 2011). The alpha diversity was estimated in each plot using the method proposed by Jost (2006), expressing diversity as <sup>q</sup>D, where *q* represents the order of diversity. In this study, we used the zero order diversity (<sup>0</sup>D), expressing species richness, and diversity of order 1 (<sup>1</sup>D), that represents the proportional abundance of species. In addition, the species richness of the three plots was compared using interpolation.

extrapolation curves. The iNEXT version 2.0.12 package was used (Chao & Jost, 2012; Hsieh *et al.*, 2016) for R version 3.4.3 (R Core Team, 2017) to perform the tests.

Three metrics were calculated to evaluate the changes in the composition of fungal species among the three plots, (Balsega, 2010, Balsega & Orme, 2012):  $\beta_{sor}$  (Sørensen dissimilarity index), that calculates the total variation among the communities,  $\beta_{sim}$  (Simpson dissimilarity index), that measures the changes caused by species turnover, and  $\beta_{sne}$  that calculates nestedness as the difference between  $\beta_{sor}$  and  $\beta_{sim}$ . These metrics were calculated using the statistical package betapart version 1.4-1, for R version 3.4.3 (Balsega *et al.*, 2017; R Core Team, 2017). To aid in the interpretation of the metrics, rank abundance curves were elaborated to compare the composition of fungal communities from the plots (Magurran, 2004); the curves were developed with the Biodiversity package for Vegan version 2.4-6, for R version 3.4.3 (Oksanen *et al.*, 2018, R Core Team, 2017).

## Results

A total of 895 specimens of macromycetes were collected, identifying 435 taxa corresponding to 16 orders, 42 families, 96 genera and 435 species (Appendix 1). The largest number of taxa was collected in PC and the lowest in PP (Table 2). The five most abundant species were different in every plot. For PC: *Marasmius tageticolor*, *Cookeina speciosa*, *Pterula plumosa*, *C. tricholoma* and *Marasmius sp. 2*; PSC: *C. speciosa*, *Earliela scabrosa*, *Phillipsia domingensis*, *M. multiceps* and *M. cladophyllus*; PP: *Lentinus crinitus*, *C. speciosa*, *Schizophillum commune*; *Lentinus badius*; *Marasmiellus sp. 17*. *C. speciosa* was the only abundant species found in all three plots (Figure 2). The sample Coverage suggests that the inventories were more complete in PP and PC (59% and 52% completeness, respectively) than in PSC (50% completeness) (Table 2). The rarefaction-extrapolation curves show that

there is greater species richness in PC and PSC (Figure 3). The alpha diversity ( ${}^0D$  and  ${}^1D$ ) shows significant differences between PP with respect to PC and PSC (Table 2 and Figure 3), while PC and PSC did not show significant differences. Considering species richness ( ${}^0D$ ), PC is 49% more diverse than PP. On the other hand, considering richness and abundance ( ${}^1D$ ), PC is 54% more diverse than PP.

The total beta diversity ( $\beta_{sor}$ ) increased as the degree of disturbance between the plots was greater. The values of species turnover ( $\beta_{sim}$ ) were greater than nestedness values ( $\beta_{sne}$ ) in each plot, modifying species composition (Table 3). The rank abundance curves follow a geometric series model (Figure 2), showing a typical distribution for hyperdiverse or poorly studied communities, finding a few abundant species and a greater number of rare species

## Discussion

The sample Coverage index shows completeness that range from 50 to 59% (Table 2), consistent with the findings of Caifa *et al.*, (2017) that reported values between 29 and 62%; although these values are considered low in other organisms, it is a recurrent pattern in fungi (Moreno *et al.*, 2011, Straatsma *et al.*, 2001, Watling, 1995). It has been noted that long-term studies are necessary to evaluate the diversity of fungi in a site (Ceska, 2013, López-Quintero *et al.*, 2012, Lodge *et al.*, 2004, Straatsma & Krisai-Greilhuber, 2003), given that studies with samplings ranging between 21 and 29 years (Straatsma *et al.*, 2001; Tofts & Orton, 1998; Watling, 1995) have not been able to reach the asymptote in their accumulation curves. The present study spanned over five years of samplings, so it was expected that completeness would result low.

The results of the interpolation and extrapolation curves show that both richness and diversity decrease as the level of disturbance increases (Table 3, Figure 3). Several studies have proved

that the modification of micro and macro environmental conditions cause changes in the richness and diversity of fungal communities, given their sensitivity to such variations (Caifa *et al.*, 2017; Kutzegi *et al.*, 2015; Piepenbring *et al.*, 2015).

PC showed the greater values of richness and diversity. This may be related to the heterogeneity of habitats, caused both by the quantity and variety of substrates and the microclimatic variables. Conversely, PP showed the lowest values; this may be caused by the management of the area (removal of litter and fallen branches, pruning of the understory) to favor ecotourism activities, resulting in a reduction of the vegetation cover and the amount of substrate, causing in turn, an increase of temperature and decrease of humidity, decreasing the quality of the habitat (Brown *et al.*, 2006; Crowther *et al.*, 2014; Santos-Silva *et al.*, 2011; Simmel *et al.*, 2017).

In all three plots, the lignicolous species showed the greatest abundances. It has been noted that wood degrading species tend to be dominant, due to the constant presence of woody substrates, and also more tolerant to environmental changes (Chanona-Gómez *et al.*, 2014; Gómez-Hernández & Williams-Linera, 2011; Kutzegi *et al.*, 2015; Rudolf *et al.*, 2012). However, our results show that lignocellulosic fungi are more specific to the arboreal host than previously thought, therefore, these fungal communities would change according to the identity and biogeographic origin of their hosts.

The analysis of  $\beta$  diversity shows a strong difference ( $\beta_{sor}$ ) in the community composition of the plots (table 3). This difference increases as disturbance increases, showing species turnover ( $\beta_{sim}$ ) as the main source of dissimilarity between the community composition of the plots studied, allowing us to conclude that environmental and disturbance conditions influence the distribution of the species. These results coincide with several studies (Abrego

*et al.*, 2017, Chen *et al.*, 2018, Heilmann-Clausen *et al.*, 2005, Piepenbring *et al.*, 2015) that have proven that macromycetes form different assemblages of species depending on the microhabitats, substrates, hosts, habitat quality, soil nutrients and climatic variables. Similarly, the differences in species composition suggest a strong relationship of some species with plant composition, consistent with the findings of Caifa *et al.*, (2017), who sustain that there is a positive correlation between plant diversity and fungal diversity, although there are few reports of specificity between fungi and plants in tropical regions.

The rank abundance curves show that the fungal community was characterized by a large number of rare species with low abundances, and a low number of frequent species. This is a common pattern in fungal communities, in tropical and temperate regions (Arnolds, 1995, Caifa *et al.*, 2017, Gómez-Hernández *et al.*, 2012, Kutszegi *et al.*, 2015). The composition of species varied widely among the study areas. The most abundant species were different in each plot and degree of disturbance. DP presented more disturbing tolerant species such as *L. crinitus*. On the contrary as would be expected the most abundant species present in UP are associated with more conserved habitats. While SDP had a mixture of these species. The presence of the *Pluteus* genus in PC and PSC coincides with reports that associate it with low levels of disturbance and as an indicator genre of high levels of environmental quality (Dvořák *et al.*, 2017). Similarly, *Phillipsia dominguensis* and *Cotylidia aurantiaca* are considered an indicator species of good conservation levels (Guzmán *et al.*, 2004). Conversely, the Polyporaceae family is considered an indicator of decrease in the degree of environmental quality; coinciding with the observed increase in the abundance of this Family and the presence of *Lentinus crinitus*, *L. badius*, *Schizophyllum commune* and *Coprinus disseminatus* in PP, corroborating the claim that this group of fungi can be more tolerant of

the changes caused by disturbance and a decline in the level of habitat quality (Guzmán *et al.*, 2004, Gibertoni *et al.*, 2007, López-Quintero *et al.*, 2012, Rudolf *et al.*, 2012).

This suggests that fungal communities respond in a specific manner to the environmental changes derived from disturbance; favoring the dominance of some species, and may decrease the abundance of others species (Abrego *et al.*, 2017; Aguilar-Trigueros *et al.*, 2015; Kutzegi *et al.*, 2015; Simmel *et al.*, 2017). The present work lays the foundations for the study of the response of tropical fungal communities to disturbance. A deeper understanding of this response will support conservation decision-making and the maintenance of favorable environmental conditions to keep the diversity of plant communities and a stable structure of the fungal community (Gómez-Hernández *et al.*, 2012).

## References

- Abrego N, Christensen M, Bässler C, Ainsworth AM, Heilmann-Clausen J, 2017. Understanding the distribution of wood-inhabiting fungi in European beech reserves from species-specific habitat models. *Fungal Ecology*.**27**:168-174
- Aguilar-Trigueros CA, Hempel S, Powell JR, Anderson IC, Antonovic J, Bergmann J, Cavagnaro TR, Chen B, Hart MM, Klironomos J, Petermann JS, Verbruggen E, Veresoglou SD, Rillig MC, 2015. Branching out: Towards a trait based understanding of fungal ecology. *Fungal Biology Reviews* **29**:34-41
- Aguirre-Acosta E, Ulloa M, Aguilar S, Cifuentes J, Valenzuela R, 2014. Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **85**: 76-82.

- Akiyama K, Matsuzaki K, Hayashi H, 2005. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*. **435** (9): 824-827.
- Allen, EB, Allen ME, Egerton-Warburton L, Corkidi L, Gómez-Pompa A, 2003. Impacts of early- and late-seral mycorrhizae during restoration in seasonal tropical forest, Mexico. *Ecological Application*. **13**: 1701–1717.
- Andrew EE, Kinge TR, Tabi EM, Thiobal N, Mih AM, 2013. Diversity and distribution of macrofungi (mushrooms) in the Mount Cameroon Region. *Journal of Ecology and the Natural Environment*. **5**(10): 318-334.
- Andrew C, Heegaard E, Halvorsen R, Martínez-Peña F, Egli S, Kirk PM, Bässler C, Buntgen U, Aldea J, Høiland K, Boddy L, Kauserud H, 2016. Climate impacts on fungal community and trait dynamics. *Fungal Ecology*. **22**:17-25.
- Arnolds E, 1995. Conservation and management of natural populations of edible fungi. *Canadian Journal of Botany* **73**(suppl 1): S987-S998.
- Balsega A, Orme D, Villegier S, De Bortoli J, Lepreuir F, 2017. Package ‘betapart’ (Version 1.4-1) [Software]. <https://cran.r-project.org/web/packages/betapart/index.html>
- Balsega A, 2010. Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*. **19**:134–143.
- Balsega A, Orme CDL, 2012. Betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in Ecology and Evolution*. **3**: 808–812.
- Boddy L, Buntgen U, Egli S, Gange AC, Heegaard E, Kirk PM, Mohammad A, Kauserud H, 2014. Climate variation effects on fungal fruiting. *Fungal Ecology*. **10**: 1-14.

Brown N, Bhagwat S, Watkinson S, 2006. Macrofungal diversity in fragmented and disturbed forest of the Western Ghats of India. *Journal of Applied Ecology*. **43**: 11-17.

Caifa MV, Gómez-Hernández M, Williams-Linera G, Ramírez-Cruz V, 2017. Functional diversity of macromycete communities along an environmental gradient in Mexican seasonally dry tropical forest. *Fungal Ecology* **28**: 66-75.

Cappello GS, 2006. Hongos del Yumká: Guía ilustrada. UJAT-SEMARNAT. Colección José N. Rovirosa. Biodiversidad, Desarrollo Sustentable y Trópico Húmedo.

Castillo-Acosta O, 1995. Los recursos maderables del estado de Tabasco. Informe técnico, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Convenio PC22089. Villahermosa, México. 220 pp.

Ceska O, 2013. A survey of Macrofungi on Observatory Hill: Spring 2012 and Winter 2012/2013. 1809 Penshursts Road Victoria, BC, Canada V8N 2N6.

Challenger A, Dirzo R, López-Acosta JC, Lira-Noriega A, Cruz I, 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad, en CONABIO Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México.

Chanona-Gómez F, Trujillo-Quintero RA, Serrano-Heleria CG, Coutiño-Pérez SC, 2014. Macromicetos del Parque del Oriente, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. *Lacandonia* **8**(1):17-20.

Chao C, Jost L, 2012. Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*. **9**:2533-2547.

Chen Y, Yuan Z, Bi S, Wang X, Ye Y, Svenning JC, 2018. Macrofungal species distributions depend on habitat partitioning of topography, light and vegetation in a temperate mountain forest. *Scientific Reports*. **8**:13589. doi:10.1038/s41598-018-31795-7.



- Crowther TW, Maynard DS, Crowther TR, Peccia J, Smith JR, Bradford M.A, 2014. Untangling the fungal niche: the trait-based approach. *Frontiers in Microbiology*. **5**: 1-12.
- Dale VH, Beyeler SC, 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*. **1**:3-10.
- Deninson WC. 1963. A preliminary study of the operculate cup-fungi Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. **11**(1): 99-129.
- Deninson WC. 1967. Central American pezizales II: The Genus *Cookeina*. *Mycological Society of America*. **59**(2): 306-317.
- Diez JM, James TY, Marshall M, Ibáñez I, 2013. Predicting species-specific response of fungi to climatic variation using historical records. *Global Change Biology*. **19**: 3145-354.
- Dvořák D, Vašutová M, Hofmeister J, Beran M, Hošek J, Běťák J, Burel J, Deckerová H, 2017. Macrofungal diversity patterns in central European forest affirm the key importance of old-growth forest. *Fungal Ecology*. **27**:145-154.
- García M, Notario A, Quaedvlieg J, Cardozo M, Cárdenas A, Portal A, 2014. Evaluación preliminar de macrohongos en seis áreas con diferente grado de perturbación en Madre de Dios. *Biodiversidad Amazonica*. **4**(4):58-73.
- Gibertoni TB, Santos PJP, Cavalcanti MAQ, 2007. Ecological aspect of Aphylophorales in the Atlantic rain forest in northeast Brazil. *Fungal Diversity*. **25**:49-67
- Gómez-Hernández M, Williams-Linera G, 2011 Diversity of macromycetes determined by tree species, vegetation structure and microenvironment in tropical cloud forests in Veracruz, Mexico. *Botany*. **89**: 203-216.

Gómez-Hernández M, Williams-Linera G, Guevara R, Jean Lodge D, 2012. Patterns of macromycete community assemblage along an elevation gradient: options for fungal gradient and metacommunity analyses. *Biodiversity and Conservation* **21**:2247-2268.

Guzmán G, 1970. Nuevas claves para identificar algunos macromicetos mexicanos. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Departamento de Botánica. Laboratorio de Micología, México, D.F.

Guzmán G, 1977. Identificación de los hongos comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera. Limusa, México, D.F.

Guzmán G, 2003. Los hongos del Edén. Introducción a la microbiota tropical de México. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Xalapa, Veracruz.

Guzmán G, Torres MG, Ramírez GF, Ríos HA, 2004. Introducción al conocimiento de los macromicetos de Choco Colombia. *Revista Mexicana de Micología*. **19**:33-47.

Hawksworth DL, 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research*. **95**(6):641-655.

Hawksworth DL, 2001. The magnitude of fungal diversity: 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*. **105**:1422-1432.

Heilmann-Clausen J, Aude E, Christensen M, 2005. Cryptogam communities on decaying deciduous wood-does tree species diversity matter?. *Biodiversity and Conservation* **14**:2061-2078.

Hsieh TC, Ma KH, Chao A, 2016. iNEXT interpolation and extrapolation (Version 2.0.12)

[Software]. Available from: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/>

Jost L, 2006. Entropy and diversity. *Oikos*. **113**(2):363-375.

Kutszegi G, Siller I, Dima B, Takács K, Merényi Z, Varga T, Turcsányi G, Bidló A, Ódor P, 2015. Drivers of macrofungal species composition in temperate forest, West Hungary: functional groups compared. *Fungal Ecology* **17**:69-83.

Lodge, DJ, Ammirati JF, O'Dell TE, Mueller GM, Huhndorf SM, Wang CJ, Stokland JN, Schmit JP, Ryvarden L, Leacock PR, Mata M, Umaña L, Wu Q, Czederplitz DL, 2004. Terrestrial and Lignicolous Macrofungi. En: Mueller GM, Bills G, Foster MS, Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods. Amsterdam; Boston: Elsevier Academic Press.

López-Quintero CA, Straatsma G, Franco-Molano AE, Boekhout T, 2012. Macrofungal diversity in Colombian Amazon forests varies with regions and regimes of disturbance. *Biodiversity and Conservation*. **21**: 2221-2243.

Magurran AE, 2004. Measuring Biological Diversity, Blackwell publishing, Oxford, UK. pp256.

Manson RH, Jardel-Peláez EJ, et al, 2009, Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico, en CONABIO Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. México.

Matorrel C, Peters E, 2005. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. *Conservation*.**124**:199-207.

Moreno CE, Barragán F, Pineda E, Pavón NP, 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **82**: 1249-1261.

Ochimaru T, Fukada K, 2007. Changes in fungal communities in evergreen broad-leaved forest across a gradient of urban to rural areas in Japan. *Canadian Journal of Forest Research*. **37**(2): 247-258.

Oksanen J, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, McGlin D, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Henry M, Stevens H, Szoecs E, Wagner H, 2018.

Package 'vegan' Version 2.4-6 [Software]. Available from: <https://cran.r-project.org>,  
<https://github.com/vegandevs/vegan>

Pegler D.N, 1966. Key to the genera of Polyporaceae. *News Bulletin of British Mycological Society*. **26**: 14-28.

[Penttilä R, Lindgren M, Mieltiene O, Rita H, Hanski I, 2006. Consequences of forest fragmentation for polyporus fungi at two spatial scales. \*Oikos\*. \*\*114\*\*: 225-240.](#)

Persiani AM, Casado MA., 1998. Diversity and Variability in soil fungi from disturbed tropical rain forest. *Mycologia*. **90**(2): 206-214.

[Piepenbring M, 2015. Introducción a la micología en los trópicos. The American Phytopathological Society, USA. 366p.](#)

[Piepenbring M, Hofmann TA, Miranda E, Cáceres O, Unterseher M, 2015. Leaf shedding and weather in tropical dry-seasonal forest shape the phenology of fungi-lessons from two years of monthly surveys in southwestern Panama. \*Fungal Ecology\*. \*\*18\*\*:83-92.](#)

R Core Team, 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Rudolf K, Morschhauser T, Pál-Fám F, 2012. Macrofungal diversity in disturbed vegetation types in North-East Hungary. *Central European Journal of Biology*. **7**(4): 634-647.

Sánchez-Hernández L, Arias-Mota RM, Rosique-Gil JE, Pacheco-Figueroa CJ, 2018. Diversidad del género *Trichoderma* (Hypocraceae) en un área natural protegida en Tabasco, México. *Acta Botanica Mexicana* **123**:167—182.

Santos-Silva C, Gonçalves A, Louro R, 2011. Canopy cover influence on macrofungal richness and sporocarp production in montado ecosystems. *Agroforestry Systems*. **82**: 149-159.

Schmit JP, Mueller GM, 2007. An estimate of the lower limit of global fungal diversity. *Biodiversity and Conservation*. **16**:99-111.

SEMARNAT: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales. SEMARNAT, INE, CANAP. Vol 2. México. D.F. 907p.

Simmel J, Bässler C, Poschlod P, 2017. Ellenberg indicator values for macromycetes a methodological approach and first applications. *Fungal Ecology*. **27**:202-212.

Singer R, 1976. Flora neotropica. Monograph No.17: *Marasmiaceae* (Basidiomycetes-Tricholomataceae). New York Botanical Garden: Bronx. United State.

Straatsma G, Krisai-Greilhuber I, 2003. Assemblage structure, species richness, abundance, and distribution of fungal fruit bodies in a seven years plot-based survey near Vienna. *Mycological Research*. **107**(5): 632-640.

Straatsma. G, Ayer F, Egli S, 2001. Species richness, abundance and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research*. **105**(5): 515-523.

Tofts RJ, Orton PD, 1998. The species accumulation curve for Agarics and Boleti from Caledonia Pinewood. *Mycologist*. **12**(3): 98-102.

Villarruel-Ordaz JL, Canseco-Zorrilla E, Cifuentes, J, 2015. Diversidad fúngica en el municipio de San Gabriel Mixtepec, región Costa de Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Micología*. **41**: 55-63.

Wartchow F, Carvalho AS, Sousa MCA, Cortez VG, 2007. Some coprophilous *Psilocybe* (Strophareaceae) from Pernambuco, state, northeast Brazil. *Siteientibus Série Ciências Biológicas*. **7**(2):150-153.

Wartchow F, Putzke J, de Queiroz MA, 2008. Agaricaceae Fr. (Agaricales, Basidiomycota) from áreas of Atlantic Forest in Pernambuco, Brazil. *Acta Botanica de Brazil*. **22**: 287-299, <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000100026>

Watling R, 1995. Assessment of fungal diversity: macromycetes, the problems. *Canadian Journal of Botany*. **73**(1): 15-24,

Zarco-Espinosa VM, Valdez-Hernández JI, Ángeles-Pérez G, Castillo-Acosta O, 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia*. **26**(1):1-17.

**Table 1.** Environmental characterization of the plots sampled in the PEAB in southeast Mexico: Location, environmental variables and disturbance indicators.

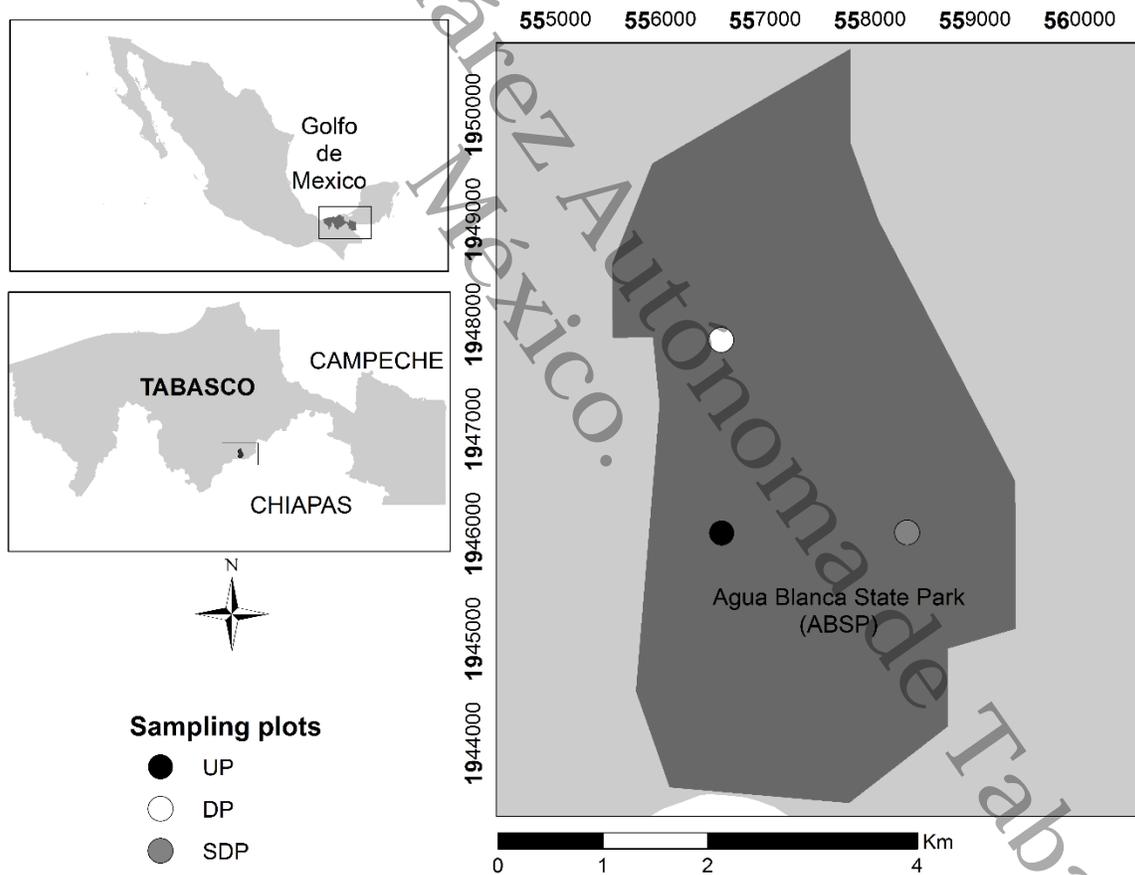
<b>Location</b>	<b>Site 1</b>	<b>Site 2</b>	<b>Site 3</b>
<b>Disturbance level</b>	<b>PC</b>	<b>PSC</b>	<b>PP</b>
<b>Latitude N</b>	17° 36'	17° 36'	17° 37'
<b>Longitude W</b>	92° 28'	92° 27'	92° 28'
<b>Elevation (m.a.s.l.)</b>	200	180	100
<b>Humidity</b>	81%	80%	80%
<b>Average temperature</b>	25° C	27° C	27° C
<b>Classification criteria for the level of disturbance</b>			
<b>Vegetation cover</b>	92.30%	80%	72.20%
<b>Presence of human activity</b>	0	1	2
<b>Presence of solid waste</b>	0	1	3
<b>Presence of domestic species</b>	0	0	3
<b>Canopy openness</b>	0	2	3

**Table 2.** Richness and diversity of fungal species. These variables were calculated with 84 sampling units.

	<b>PC</b>	<b>PSC</b>	<b>PP</b>
<b>Richness</b>	233	204	117
<b><sup>0</sup>D</b>	230.94	202.16	115.98
<b><sup>1</sup>D</b>	184.73	164.83	83.44
<b>The Sample Coverage</b>	0.5239	0.5005	0.5901

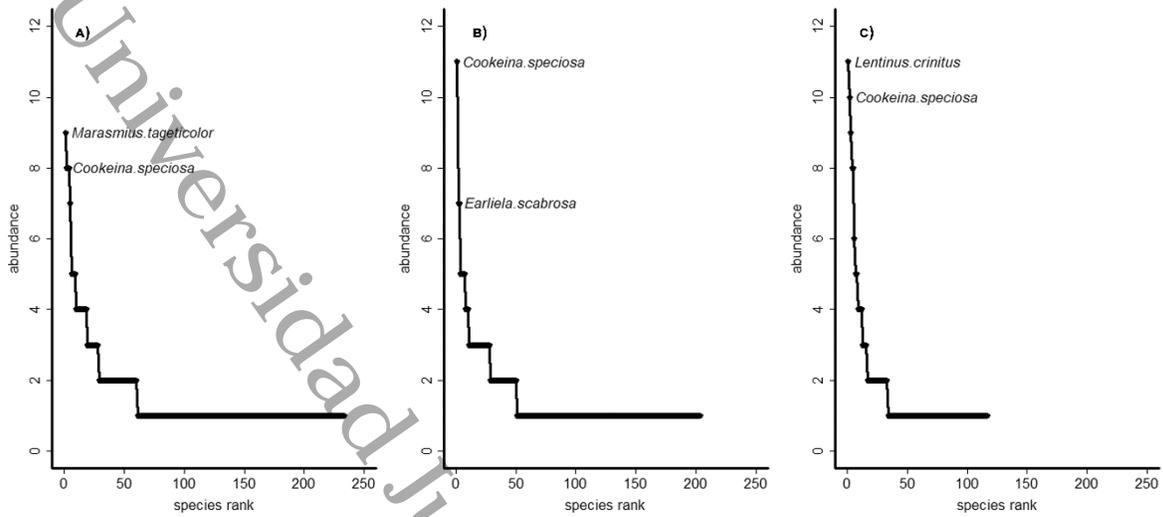
**Table 3:** Comparison of the variability of  $\beta$  diversity among studied plots.  $\beta_{sor}$ : total  $\beta$  diversity;  $\beta_{sne}$ : component resulting from nestedness;  $\beta_{sim}$ : turnover component.

plots	$\beta_{sim}$		$\beta_{sne}$		$\beta_{or}$	
	PC	PSC	PC	PSC	PC	PS
PSC	0.6975610	-----	0.01933400	-----	0.7168950	-----
PP	0.6440678	0.640678	0.11661596	0.09587028	0.7606838	0.7399381

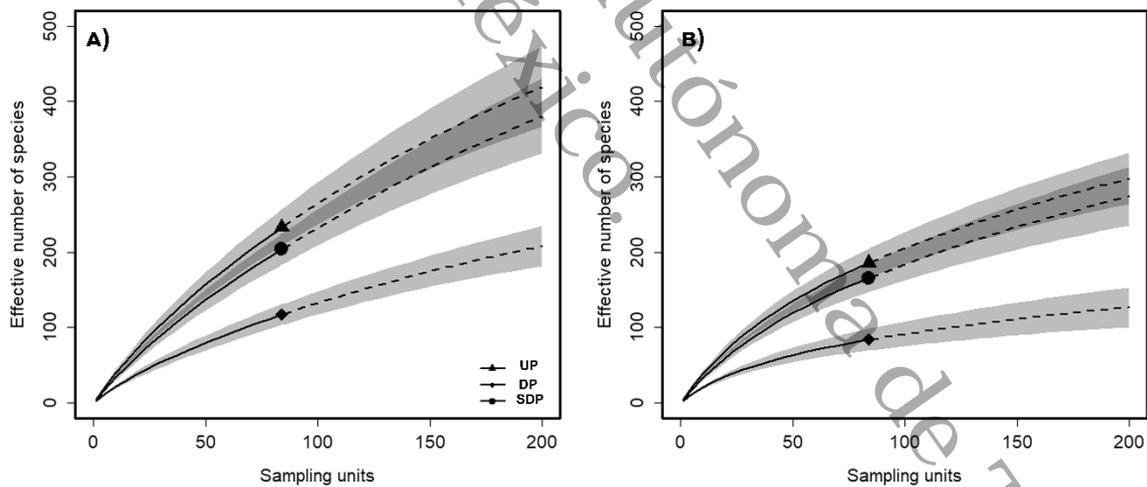


**Figure 1.** Location of plots studied in the Parque Estatal Agua Blanca, in Macuspana, Tabasco, México. UP= Undisturbed plot; SDP=Semi-disturbed plot and DP=Disturbed plot.





**Figure 2** Rank abundance curves of Macromycetes A) UP= Undisturbed plot; B) SDP=Semi-disturbed plot; DP=Disturbed plot.



**Figure 3** Rarefaction-extrapolation curves of Macromycetes in the PEAB, Macuspana, Tabasco, Mexico. A) comparison of the species richness ( $^0D$ ); B) comparison of the effective number of species ( $^1D$ ). UP= Undisturbed plot; SDP=Semi-disturbed plot and DP=Disturbed plot.

**Appendix 1.** List of diversity of macromycetes species determined for the ABSP and their distributions in each sampling plot. The taxonomic arrangement was done follow by the Index Fungorum (2018) classification

	UP	SDP	DP
<b>Ascomycota</b>			
<b>Boliniales</b>			
<b>Boliniaceae</b>			
<i>Camarops</i> sp. 1	x		
<b>Hypocreales</b>			
<b>Cordycipitaceae</b>			
<i>Cordyceps</i> sp. 1	x		
<i>Cordyceps</i> sp. 2		x	
<b>Ophiocordycipitaceae</b>			
<i>Ophiocordyceps sphecocephala</i>	x		
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 1	x		
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 2		x	
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 3		x	
<i>Ophiocordyceps</i> sp. 4	x	x	
<b>Pezizales</b>			
<b>Sarcoscyphaceae</b>			
<i>Cookeina speciosa</i>	x	x	x
<i>Cookeina tricholoma</i>	x	x	x
<i>Phillipsia domingensis</i>	x	x	
<i>Phillipsia crispata</i>	x		
<i>Sarcoscypha</i> sp. 1	x		





**Agaricaceae**

<i>Agaricus</i> sp. 1	x		
<i>Agaricus</i> sp. 2			x
<i>Coprinus</i> sp. 1	x		
<i>Coprinus</i> sp. 2			x
<i>Coprinus</i> sp. 3	x		
<i>Coprinus</i> sp. 4	x		
<i>Coprinus</i> sp. 5			x
<i>Coprinus</i> sp. 6			x
<i>Coprinus</i> sp. 7	x		
<i>Coprinus</i> sp. 8	x		
<i>Cyathus striatus</i>	x		x
<i>Cyathus</i> sp. 1			x
<i>Lepiota</i> sp. 1	x		
<i>Lepiota</i> sp. 2			x
<i>Lepiota</i> sp. 3	x		x
<i>Lepiota</i> sp. 4			x
<i>Lepiota</i> sp. 5			x
<i>Lepiota</i> sp. 6	x		
<i>Lepiota</i> sp. 7	x		
<i>Lepiota</i> sp. 8			x
<i>Lepiota</i> sp. 9			x
<i>Lepiota</i> sp. 10	x		

<i>Lepiota</i> sp. 11		x	
<i>Lepiota</i> sp. 12			x
<i>Lepiota</i> sp. 13			x
<i>Lepiota</i> sp. 14			x
<i>Lepiota</i> sp. 15		x	
<i>Lepiota</i> sp. 16	x		
<i>Lepiota</i> sp. 17	x		
<i>Lepiota</i> sp. 18	x		
<i>Lepiota</i> sp. 19	x		
<i>Lepiota</i> sp. 20	x		
<i>Lepiota</i> sp. 21		x	
<i>Lepiota</i> sp. 22		x	
<i>Lepiota</i> sp. 23			x
<i>Lepiota</i> sp. 24		x	
<i>Lepiota</i> sp. 25		x	
<i>Lepiota</i> sp. 26	x		
<i>Lepiota</i> sp. 27		x	
<i>Lepiota</i> sp. 28		x	
<i>Lepiota</i> sp. 29		x	
<i>Leucoagaricus rubrotinctus</i>		x	
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	x		
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2		x	
<i>Leucocoprinus</i> sp. 1	x		

<i>Leucocoprinus</i> sp. 2				x
<i>Lycogalopsis solmsii</i>	x			
<i>Macrolepiota</i> sp. 1	x			
<i>Macrolepiota</i> sp. 2	x			
<i>Melanophyllum</i> sp. 1	x			
<b>Bolbitiaceae</b>				
<i>Bolbitius</i> sp. 1	x			
<i>Galerella</i> sp. 1				x
<b>Clavariaceae</b>				
<i>Clavaria</i> aff. <i>fragilis</i>				
<i>Clavaria</i> sp. 1				x
<i>Clavaria</i> sp. 2				x
<i>Clavulinopsis</i> aff. <i>aurantiocinnabarina</i>				x
<i>Clavulinopsis</i> aff. <i>corniculata</i>	x		x	x
<i>Clavulinopsis</i> aff. <i>fusiformis</i>	x			x
<i>Clavulinopsis</i> <i>laeticolor</i>	x		x	x
<i>Clavulinopsis</i> sp. 1			x	
<i>Ramariopsis</i> aff. <i>Kunzei</i>			x	x
<i>Ramariopsis</i> aff. <i>pulchella</i>			x	x
<b>Cyphellaceae</b>				
<i>Chondrostereum purpureum</i>			x	x
<i>Cheimonophyllum</i> sp. 1				x
<b>Entolomataceae</b>				





<i>Crinipellis</i> sp. 1	x	x	x
<i>Crinipellis</i> sp. 2	x		
<i>Crinipellis</i> sp. 3	x		
<i>Crinipellis</i> sp. 4	x		
<i>Crinipellis</i> sp. 5	x		
<i>Crinipellis</i> sp. 6		x	
<i>Crinipellis</i> sp. 7	x		
<i>Gerronema</i> sp. 1	x		
<i>Hydropus</i> sp. 1	x		
<i>Lactocollybia</i> sp. 1		x	
<i>Marasmius aff griseoroseus</i>			
<i>Marasmius cladophyllus</i>	x	x	
<i>Marasmius crinis-equi</i>	x	x	
<i>Marasmius haematocephalus</i>			x
<i>Marasmius leoninus</i>			
<i>Marasmius leveilleanus</i>	x	x	
<i>Marasmius multiceps</i>	x	x	x
<i>Marasmius pulcherripes</i>	x	x	x
<i>Marasmius sarmentosus</i>	x	x	
<i>Marasmius tageticolor</i>	x	x	x
<i>Marasmius sec. globulares sp1</i>		x	
<i>Marasmius sec. globulares sp2</i>			x
<i>Marasmius</i> sp. 1	x		

<i>Marasmius</i> sp. 2	x	x	x
<i>Marasmius</i> sp. 3	x		
<i>Marasmius</i> sp. 4	x	x	x
<i>Marasmius</i> sp. 5		x	
<i>Marasmius</i> sp. 6	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 7	x		x
<i>Marasmius</i> sp. 8	x		
<i>Marasmius</i> sp. 9			x
<i>Marasmius</i> sp. 10	x		
<i>Marasmius</i> sp. 11	x		
<i>Marasmius</i> sp. 12	x		x
<i>Marasmius</i> sp. 13		x	
<i>Marasmius</i> sp. 14	x		
<i>Marasmius</i> sp. 15	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 16		x	
<i>Marasmius</i> sp. 17	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 18		x	
<i>Marasmius</i> sp. 19	x	x	x
<i>Marasmius</i> sp. 20		x	
<i>Marasmius</i> sp. 21	x		
<i>Marasmius</i> sp. 22		x	
<i>Marasmius</i> sp. 23	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 24		x	x

<i>Marasmius</i> sp. 25			x
<i>Marasmius</i> sp. 26	x		
<i>Marasmius</i> sp. 27		x	
<i>Marasmius</i> sp. 28	x		
<i>Marasmius</i> sp. 29	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 30		x	
<i>Marasmius</i> sp. 31			x
<i>Marasmius</i> sp. 32			x
<i>Marasmius</i> sp. 33		x	
<i>Marasmius</i> sp. 34	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 35		x	
<i>Marasmius</i> sp. 36	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 37		x	
<i>Marasmius</i> sp. 38		x	
<i>Marasmius</i> sp. 39	x		
<i>Marasmius</i> sp. 40	x		
<i>Marasmius</i> sp. 41	x		x
<i>Marasmius</i> sp. 42	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 43	x		
<i>Marasmius</i> sp. 44	x		
<i>Marasmius</i> sp. 45	x		
<i>Marasmius</i> sp. 46	x		
<i>Marasmius</i> sp. 47	x		

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<i>Marasmius</i> sp. 48	x		
<i>Marasmius</i> sp. 49	x		
<i>Marasmius</i> sp. 50		x	
<i>Marasmius</i> sp. 51		x	
<i>Marasmius</i> sp. 52		x	
<i>Marasmius</i> sp. 53		x	
<i>Marasmius</i> sp. 54	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 55		x	
<i>Marasmius</i> sp. 56			x
<i>Marasmius</i> sp. 57		x	
<i>Marasmius</i> sp. 58		x	
<i>Marasmius</i> sp. 59	x	x	
<i>Marasmius</i> sp. 60		x	
<i>Marasmius</i> sp. 61	x		
<i>Marasmius</i> sp. 62	x		
<i>Marasmius</i> sp. 63		x	
<i>Marasmius</i> sp. 64	x	x	x
<i>Marasmius</i> sp. 65		x	
<i>Marasmius</i> sp. 66		x	
<i>Marasmius</i> sp. 67			x
<i>Marasmius</i> sp. 68	x		
<i>Marasmius</i> sp. 69	x	x	x
<i>Marasmius</i> sp. 70	x	x	x

<i>Marasmius</i> sp. 71	x		
<i>Marasmius</i> sp. 72	x		x
<i>Marasmius</i> sp. 73			x
<i>Marasmius</i> sp. 74		x	
<i>Marasmius</i> sp. 75	x		
<i>Marasmius</i> sp. 76	x		
<i>Marasmius</i> sp. 77	x		
<i>Marasmius</i> sp. 78		x	
<i>Marasmius</i> sp. 79	x		
<i>Marasmius</i> sp. 80		x	
<i>Marasmius</i> sp. 81		x	
<i>Marasmius</i> sp. 82		x	
<i>Marasmius</i> sp. 83	x		x
<i>Marasmius</i> sp. 84	x		
<i>Marasmius</i> sp. 85	x		
<i>Marasmius</i> sp. 86	x		
<i>Marasmius</i> sp. 87	x		
<i>Marasmius</i> sp. 88	x		
<i>Tetrapyrgos</i> sp. 1	x		
<i>Trogia buccinalis</i>	x	x	
<i>Trogia cantharelloides</i>			
<b>Mycenaceae</b>			
<i>Favolaschia teapae</i>		x	

<i>Filoboletus gracilis</i>			x
<i>Mycena</i> sp.1	x		
<i>Mycena</i> sp.2	x		x
<i>Mycena</i> sp.3	x	x	
<i>Mycena</i> sp.4		x	
<i>Mycena</i> sp.5		x	
<i>Mycena</i> sp.6	x		
<i>Mycena</i> sp.7			x
<i>Mycena</i> sp.8		x	
<i>Mycena</i> sp.9	x		
<i>Mycena</i> sp.10	x		
<i>Mycena</i> sp.11	x		
<i>Mycena</i> sp.12			x
<i>Mycena</i> sp.13	x		
<i>Mycena</i> sp.14		x	
<i>Mycena</i> sp.15	x		
<i>Mycena</i> sp.16			x
<i>Xeromphalina</i> sp1		x	
<b>Omphalotaceae</b>			
<i>Anthracophyllum</i> sp. 1			x
<i>Anthracophyllum</i> sp. 2	x	x	
<i>Gymnopus</i> sp. 1	x		
<i>Gymnopus</i> sp. 2	x	x	

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<i>Gymnopus</i> sp. 3				x
<i>Gymnopus</i> sp. 4			x	
<i>Gymnopus</i> sp. 5			x	
<i>Marasmiellus cubensis</i>			x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 1	x		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 2			x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 3	x		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 4				x
<i>Marasmiellus</i> sp. 5				x
<i>Marasmiellus</i> sp. 6				x
<i>Marasmiellus</i> sp. 7	x			
<i>Marasmiellus</i> sp. 8			x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 9				x
<i>Marasmiellus</i> sp. 10	x			
<i>Marasmiellus</i> sp. 11	x			
<i>Marasmiellus</i> sp. 12	x			
<i>Marasmiellus</i> sp. 13	x			
<i>Marasmiellus</i> sp. 14			x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 15	x			
<i>Marasmiellus</i> sp. 16			x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 17	x		x	x
<i>Marasmiellus</i> sp. 18			x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 19			x	

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<i>Marasmiellus</i> sp. 20	x	x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 21		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 22		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 23		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 24			x
<i>Marasmiellus</i> sp. 25			x
<i>Marasmiellus</i> sp. 26	x	x	x
<i>Marasmiellus</i> sp. 27		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 28		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 29	x		
<i>Marasmiellus</i> sp. 30			x
<i>Marasmiellus</i> sp. 31	x		
<i>Marasmiellus</i> sp. 32		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 33	x		
<i>Marasmiellus</i> sp. 34		x	
<i>Marasmiellus</i> sp. 35	x		
<b>Physalacriaceae</b>			
<i>Flammulina</i> sp. 1	x		
<i>Flammulina</i> sp. 2			x
<i>Flammulina</i> sp. 3			x
<i>Flammulina</i> sp. 4	x		x
<i>Gloiocephala epiphylla</i>	x		
<i>Oudemansiella canarii</i>		x	x



**Pleurotaceae**

<i>Hohenbuehelia</i> sp. 1	x		
<i>Hohenbuehelia</i> sp. 2			x
<i>Hohenbuehelia</i> sp. 3			x
<i>Pleurotus djamor</i>	x	x	x
<i>Pleurotus</i> sp. 1	x		
<i>Pleurotus</i> sp. 2	x		
<i>Pleurotus</i> sp. 3		x	
<i>Pleurotus</i> sp. 4			x

**Pluteaceae**

<i>Pluteus</i> sp. 1		x	
<i>Pluteus</i> sp. 2	x		
<i>Pluteus</i> sp. 3		x	
<i>Pluteus</i> sp. 4		x	
<i>Pluteus</i> sp. 5		x	
<i>Volvariella</i> sp. 1	x		

**Psathyrellaceae**

<i>Coprinellus disseminatus</i>	x		x
<i>Coprinellus micaceu</i>	x		
<i>Coprinellus truncorum</i>			x
<i>Psathyrella</i> sp. 1	x		
<i>Psathyrella</i> sp. 2	x		
<i>Psathyrella</i> sp. 3	x		

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

<i>Psathyrella</i> sp. 4		x	
<i>Psathyrella</i> sp. 5		x	
<i>Psathyrella</i> sp. 6		x	

**Pterulaceae**

<i>Deflexula subsimplex</i>	x		
<i>Deflexula</i> sp. 1	x		
<i>Deflexula</i> sp. 2	x		
<i>Deflexula</i> sp. 3	x		
<i>Pterula plumosa</i>	x	x	
<i>Pterula uleana</i>	x		
<i>Pterula</i> sp. 1	x		
<i>Pterula</i> sp. 2	x		

**Schizophyllaceae**

<i>Schizophyllum commune</i>	x	x	x
<i>Schizophyllum radiatum</i>			x
<i>Schizophyllum umbrinum</i>		x	x

**Tricholomataceae**

<i>Collybia</i> sp. 1	x		
<i>Collybia</i> sp. 2		x	
<i>Collybia</i> sp. 3		x	
<i>Collybia</i> sp. 4	x		
<i>Collybia</i> sp. 5	x		
<i>Collybia</i> sp. 6	x		

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

*Collybia* sp. 7 x

*Collybia* sp. 8 x

*Melanoleuca yucatanensis* x

*Omphalina* sp. 1 x

*Omphalina* sp. 2 x

*Omphalina* sp. 3 x

*Omphalina* sp. 4 x

*Pleurocollybia* sp. 1 x

*Tricholoma* sp. 1 x

*Tricholoma* sp. 2 x

*Tricholoma* sp. 3 x

**Typhulaceae**

*Typhula juncea* x x

*Typhula* sp1 x x

**Auriculariales**

**Auriculariaceae**

*Auricularia mesenterica* x

*Auricularia nigricans* x x x

*Auricularia* sp. 1 x

*Auricularia* sp. 2 x

**Boletales**

**Coniophoraceae**

*Coniophora* sp. 1 x

**Cantharellales**

**Cantharellaceae**

*Cantharellus sp. 1* x

**Clavulinaceae**

*Clavulina sp. 1* x

**Dacrymycetales**

**Dacrymycetaceae**

*Dacryopinax elegans* x x

*Dacryopinax spathularia* x x

**Geastrales**

**Geastraceae**

*Geastrum triplex* x

*Geastrum sp. 1* x

*Geastrum sp. 2* x

*Geastrum sp. 3* x

*Geastrum sp. 4* x

*Geastrum sp. 5* x

**Gomphales**

**Lentariaceae**

*Lentaria sp. 1* x

*Lentaria sp. 2* x x x

*Lentaria sp. 3* x

*Lentaria sp. 4* x

**Gomphaceae**

*Phaeoclavulina* sp. 1 x

*Phaeoclavulina* sp. 2 x

**Hymenochaetales**

**Hymenochaetaceae**

*Phylloporia* sp. 1 x

**Polyporales**

**Ganodermataceae**

*Ganoderma applanatum* x x

*Ganoderma* sp. 1 x

*Ganoderma* sp. 2 x

*Ganoderma* sp. 3 x

*Ganoderma* sp. 4 x

**Meripilaceae**

*Hydnopolyporus* sp. 1 x

**Meruliaceae**

*Aquascypha hydrophora* x

*Aquascypha* sp. 1 x

*Cymatoderma* sp. 1 x

*Phlebia* sp. 1 x

**Polyporaceae**

*Earliella scabrosa* x x x

*Echinochaete* sp. 1 x

<i>Echinochaete</i> sp. 2	x		
<i>Favolus tenuiculus</i>	x	x	
<i>Hexagonia</i> sp. 1	x		
<i>Hexagonia</i> sp. 2		x	
<i>Lentinus badius</i>	x	x	x
<i>Lentinus crinitus</i>		x	x
<i>Lentinus tricholoma</i>			x
<i>Polyporus leprieurii</i>	x	x	
<i>Polyporus septosporus</i>	x	x	
<i>Polyporus</i> sp. 1	x		
<i>Polyporus</i> sp. 2	x		
<i>Polyporus</i> sp. 3		x	x
<i>Polyporus</i> sp. 4	x		
<i>Polyporus</i> sp. 5		x	
<i>Polyporus</i> sp. 6		x	
<i>Polyporus</i> sp. 7		x	
<i>Pseudofavolus</i> sp. 1	x		
<i>Trametes hydnooides</i>		x	x
<i>Trametes maxima</i>			x
<i>Trametes variegata</i>	x	x	x
<i>Trametes villosa</i>	x	x	
<i>Trametes</i> sp. 1			x
<i>Trametes</i> sp. 2	x		

**Russulales**

**Lachnocladiaceae**

*Lachnocladium* sp. 1 x

**Thelephorales**

**Thelephoraceae**

*Thelephora* sp. 1 x x x

**Tremellales**

**Tremellaceae**

*Tremella rubromaculata* x x

*Tremella fuciformis* x

**Incertae sedis**

*Cotylidia aurantiaca* x

*Cotylidia diaphana* x

*Cotylidia* sp. 1 x

*Cotylidia* sp. 2 x

## 9. Conclusiones generales

**Objetivo: coleccionar e identificar los basidiomas presentes en un gradiente de perturbación.**

- Se encontró un mayor número de ejemplares (76%) en áreas con menor grado de perturbación. Esto está directamente relacionado con la sensibilidad de los hongos a las modificaciones de las condiciones micro y macro ambientales dadas por la perturbación.
- La heterogeneidad del hábitat dada por la variedad de sustratos, hospederos y microclimas permitió el establecimiento y distribución de una mayor cantidad de taxa (233) en la PC en contraste con las otras dos parcelas.
- Las especies del género *Marasmius* son un componente principal de todos los ecosistemas tropicales. Por lo cual fue el más abundante en las tres zonas de estudio.
- El escaso número de investigaciones en el grupo de ascomicetes macroscópicos de Tabasco permitió que se reportaran 12 nuevos registros y dos géneros para Tabasco, lo que incentiva a continuar con las investigaciones taxonómicas para acrecentar el conocimiento de este grupo.
- La dominancia natural de las especies degradadoras de madera en zonas tropicales dada por el abundante número de sustrato, tolerancia a los cambios ambientales y la baja frecuencia de micorrizas explica que el 70 % de los organismos colectados en este estudio corresponda al grupo de los lignícolas.



## **Objetivo: Estimar la diversidad alfa de macromicetos en el Parque**

### **Estatal Agua Blanca.**

- La riqueza, diversidad y abundancia de especies fue mayor en el sitio PC comparado con los otros sitios. Por lo cual concluimos que la perturbación tiene efectos negativos sobre la diversidad, abundancia y distribución de las especies fúngicas.
- La diversidad fúngica está ligada a la presencia y variedad de sustrato, variables ambientales y microambientales, heterogeneidad del hábitat y la presencia de hospederos.
- La calidad del hábitat es un requerimiento importante para la diversidad y conservación de las especies fúngicas.
- Para la conservación de la diversidad de especies fúngicas es necesario preservar la heterogeneidad y calidad del hábitat.

## **Objetivo: Estimar la diversidad beta y el recambio de los macromicetos entre sitios con niveles contrastantes de perturbación.**

- La variabilidad en los patrones ambientales derivado de la perturbación antrópica entre las parcelas de estudio favoreció a la presencia de una amplia variación en la composición de especies entre las parcelas, que forman tres comunidades independientes.
- Los requerimientos de hábitats son de suma importancia en la composición de las especies fúngicas, las comunidades de macromicetos presentes en ambientes con distinto grado de perturbación remplazan a sus especies dependiendo de las

condiciones imperantes en cada una de ellas, debido a que los diversos grupos fúngicos responden de manera diferente a los estímulos provocados por la perturbación.

- La especificidad a condiciones prístinas mostrada por las especies del género *Pluteus* y las especies *P. domingensis* y *C. aurantiaca*, permiten que puedan ser consideradas como indicadores de salud ambiental.
- Por otro lado, la alta tolerancia a los cambios ambientales y al deterioro de la calidad del hábitat presentado por la familia Polyporaceae y las especies de *L. crinitus*, *L. badius*, *S. commune* y *C. disseminatus* permite pueden ser consideradas como indicadores de perturbación ambiental.
- La abundancia natural en zonas tropicales y su amplia distribución entre diferentes ambientes mostrada por la especie *C. speciosa* explica que sea una de las especies más abundante dentro de los tres sitios de estudio.
- La alta disponibilidad de sustratos, su variada diversidad de especies en los trópicos y su tolerancia a diversos rangos de condiciones ambientales explica que el grupo de los hongos lignícolas sea el grupo funcional más diverso en las tres zonas.