

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Dirección General de Investigación**

**Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial –PUIDI–**

**INFORME FINAL**

**DIVERSIDAD Y BIOPROSPECCIÓN DE HONGOS ANAMORFOS EN GUATEMALA  
(FASE I): TAXONOMÍA, ECOLOGÍA Y AISLAMIENTO EN DOS LOCALIDADES  
DEL CENTRO DEL PAÍS.**

Equipo de Investigación

**Licda. María del Carmen Bran González (Coordinadora)**

Lic. Osberth Morales Esquivel

Lic. Ricardo Andres Figueroa Ceballos

31 de diciembre de 2017

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS –IIQB–**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán  
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador General de Programas

Inga. Liuba María Cabrera Ovalle de Villagrán  
Coordinadora de programa –PUIDI–

Licda. María del Carmen Bran González  
Coordinadora de proyecto

Lic. Osberth Morales Esquivel  
Investigador

Lic. Ricardo Andres Figueroa Ceballos  
Investigador

Partida Presupuestaria

4.8.63.6.03

Año de ejecución: 2017

## Índice

I. Resumen .....	6
II. Abstract.....	7
III. Introducción .....	8
IV. Marco teórico y estado del arte.....	9
V. Materiales y métodos.....	13
VI. Resultados.....	17
A. Riqueza .....	17
B. Relación de las especies con las variables ambientales .....	28
C. Cultivo de hongos anamorfos .....	41
VII. Análisis y discusión de resultados .....	46
VIII. Conclusiones.....	53
IX. Referencias.....	54
X. Apéndice.....	58
XI. Actividades de gestión, vinculación y divulgación.....	65
XII. Orden de pago .....	74

## Índice de ilustraciones

### Figuras

		Página
Figura 1	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	18
Figura 2	Conidióforos, células conidiógenas y conidios de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	19
Figura 3	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	20
Figura 4	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	21
Figura 5	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	22
Figura 6.	Conidióforos, células conidiógenas y conidios de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	23
Figura 7	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	24
Figura 8	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	25
Figura 9	Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.	26
Figura 10	Curva de acumulación de especies para el Parque Ecológico Senderos de Alux	27
Figura 11	Curva de acumulación de especies para el Astillero Municipal de Tecpán	27
Figura 12	Análisis de correspondencia canónica para el Parque Ecológico Senderos de Alux	32
Figura 13	Análisis de correspondencia canónica para el Astillero Municipal de Tecpán	33

Figuras 14	Análisis de conglomerados de la preferencia de sustrato según los géneros para el Parque Ecológico Senderos de Alux	39
Figura 15	Análisis de conglomerados de la preferencia de sustrato según los géneros para el Astillero Municipal de Tecpán	40
Figuras 16 – 19	Cultivos de hongos anamorfos	42-45

## **Tablas**

		Página
Tabla 1	Listado de géneros/especies de hongos anamorfos encontrados por localidad	17
Tabla 2	Variables ambientales registrados en el Parque Ecológico Senderos de Alux	29
Tabla 3	Variables ambientales registrados en el Astillero Municipal de Tecpán	30
Tabla 4	Presencia de hongos anamorfos en el Parque Ecológico Senderos de Alux	35
Tabla 5	Presencia de hongos anamorfos en el Astillero Municipal de Tecpán	36
Tabla 6	Preferencia de sustratos de los hongos del Parque Ecológico Senderos de Alux	37
Tabla 7	Preferencia de sustratos de los hongos de los hongos del Astillero Municipal de Tecpán	38
Tabla 8	Hongos anamorfos aislados en cultivo axénico	41

**DIVERSIDAD Y BIOPROSPECCIÓN DE HONGOS ANAMORFOS EN GUATEMALA  
(FASE I): TAXONOMÍA, ECOLOGÍA Y AISLAMIENTO EN DOS LOCALIDADES  
DEL CENTRO DEL PAÍS.**

**I. Resumen**

Los hongos conidiales son un grupo de microorganismos que se reproducen por vía asexual a través de conidios y en algunos casos por formación de cuerpos fructíferos. Por su estrategia de nutrición se consideran saprobios que colonizan materia orgánica en descomposición. Debido a su importancia el objetivo de este trabajo fue determinar la taxonomía, ecología y aislamiento de dichos hongos en El Astillero Municipal de Tecpán-Guatemala, Chimaltenango y el Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, mediante muestreos por parcela, para determinar la riqueza de especies que se desarrollan en la hojarasca y posteriormente relacionarla con variables ambientales, humedad y temperatura del ambiente y microambiente, profundidad de la hojarasca, pH y apertura de dosel. Se identificaron 37 especies, de las cuales 13 son nuevos registros para el país. Además, se aislaron 57 cepas, de los cuales 15 no fructificaron en los medios de cultivo propuestos y 28 fueron aislados por la técnica de dilución. Se observó que varias especies encontradas fueron influenciadas por las variables relacionadas con la humedad, así como por el pH de la hojarasca. Los resultados de esta investigación no sólo contribuyen con la valoración biológica de dichas áreas, sino que incrementan el conocimiento de la diversidad y ecología de los hongos conidiales saprobios en Guatemala, en particular los que se desarrollan en los bosques de *Quercus*.

Palabras clave: hongos conidiales, saprobios, hojarasca.

## II. Abstract

Conidial fungi are a group of microorganisms that reproduce both asexually and through conidia and in some cases by fruit bodies. Because of their nutrition strategy, they are considered saprobes that colonize decaying organic matter. Therefore, the objective of this work was to determine the taxonomy, ecology and isolation of said fungi in the sites Astillero Municipal de Tecpán-Guatemala, Chimaltenango and the Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez, by samplings plots, to identify the species that develop in litter and its association with environmental variables, humidity and temperature of the environment and microenvironment, depth of litter, pH and canopy opening. We identified 37 species of which 13 are new records for the country. In addition, 57 were isolated, of which 15 did not fructify in the proposed culture media and 28 were isolated by the dilution technique. It was observed that several species found were influenced by the variables related to humidity, as well as the pH of leaf litter. This study contributes to the biological evaluation of these areas and to increase knowledge of the diversity and ecology of saprobic conidial fungi for Guatemala, particularly for *Quercus* forests.

Keywords: conidial fungi, saprobic, leaf litter.

### **III. Introducción**

Los hongos anamorfos, asexuales o conidiales son un grupo que comprende alrededor de 2,600 géneros y 15,000 especies que se caracterizan por reproducirse por vía asexual a través de mitosis y producir cuerpos fructíferos microscópicos y que se clasifican principalmente en el Phylum Ascomycota (Seifert, Morgan-Jones, Gams & Kendrick, 2011). Son agentes que en la naturaleza contribuyen a la degradación de materia orgánica y al reciclaje de los nutrientes. Además, poseen un potencial biotecnológico porque generan bienes y servicios al ser humano, como lo es la producción de enzimas, compuestos químicos, procesamiento de alimentos, metabolitos primarios, secundarios (antibióticos, alcaloides), biocombustibles, producción de papel, sin pasar por alto su utilidad en biorremediación y decontaminación (Parungao, Fryar & Hyde, 2002).

A pesar su gran importancia, la diversidad de hongos conidiales en la mayor parte de Latinoamérica se ha estudiado muy poco, no obstante que las condiciones climáticas de la región la convierten en un área adecuada para encontrar una gran cantidad de especies (Heredia, Mena, Mercado & Gómez, 2013). En Guatemala el conocimiento de estos hongos es muy escaso ya que solamente se ha realizado un estudio al respecto (Figueroa, Bran, Morales & Castañeda, 2016).

Debido a su importancia, en este proyecto de investigación se estudiaron los hongos conidiales en el Astillero Municipal de Tecpán y en el Parque Ecológico Senderos de Alux, desde el punto de vista taxonómico y ecológico y además se efectuó el aislamiento de los mismos. Para ello, se realizaron muestreos por parcelas para describir e identificar las especies que se desarrollaron en la hojarasca muestreada y su aislamiento en cultivo axénico. Por otra parte, en las parcelas muestreadas se evaluaron variables ambientales y de la hojarasca, para determinar su relación con la presencia de las especies. La relevancia de esta investigación radica en que no solamente se valora biológicamente dichas áreas con el fin de justificar su conservación, sino que también se ha logrado conservar el germoplasma en un banco de cepas, el cual podrá ser estudiado posteriormente en otras fases del proyecto, para realizar bioprospección a través de la evaluación de su potencial biotecnológico en la búsqueda de metabolitos secundarios con actividad antibiótica, entre otros.

## IV. Marco teórico y estado del arte

### Hongos anamorfos:

El estado anamorfo de los hongos se refiere a la forma de reproducción por vía asexual o mitótica. Las especies de hongos conidiales se encuentra mayoritariamente en el *Phylum* Ascomycota y una menor parte en el *Phylum* Basidiomycota (Seifert et al., 2011). Kirk, Cannon, Minter y Stalpers (2008), consideraron que hay tres grupos morfológicos dentro de los hongos conidiales: Hifomicetes (Hyphomycetes), Agonomycetes y Coelomycetes. La reproducción asexual se lleva a cabo por clamidoconidios, esclerocios o conidios (Alexopoulos, Mims & Blackwell 1996; Kirk et al., 2008). Los conidios son esporas asexuales que carecen de movilidad y se forman a partir de células especializadas denominadas células conidiógenas (Webster & Weber, 2007).

Durante la producción de conidios se distinguen cinco etapas: conidiogénesis o iniciación, maduración, delimitación, separación del conidio y proliferación de la célula conidiógena o conidióforo para formar conidios (Webster & Weber, 2007). Según de Hoog y Guarro (1995), la conidiogénesis puede ocurrir de dos formas distintas: blástica o tálica. Los conidióforos son estructuras organizadas de producción de conidios, los cuales si son estrechos y no están diferenciados del micelio vegetativo se denominan micronematosos, mientras que los que están claramente diferenciados se llaman macronematosos. Según Webster & Weber (2007) los conidióforos usualmente se presentan por separado a lo largo de la hifa y algunas veces se agrupan en estructuras llamadas conidiomas o cuerpos fructíferos (picnidios, acérvulos, sinemas y esporodoquios).

### Aspectos ecológicos de producción y diseminación de conidios

La mayoría de conidios se transportan de forma aérea. La composición relativa de conidios en el aire libre está influenciada por factores medioambientales tales como la temperatura (mínima, máxima y media), la velocidad del viento (mínima y máxima), la humedad relativa, las lluvias, la nieve y la radiación ultravioleta (UV) (Li & Kendric, 1995). Muchos de estos hongos también son capaces de tolerar cortas exposiciones a altas temperaturas (probablemente gracias a la composición y ultraestructura de la pared celular) o incluso son termotolerantes o termofílicos

(Sussman, 1981; Dix & Webster, 1995). La producción de conidios en especies transportadas por animales también está relacionada con las horas del día. Por ejemplo, algunos hongos aumentan la producción de conidios durante la mañana ya que las moscas son más activas en esas horas (Polak, Hermann, Kües & Aebi, 1997).

### **Hongos anamorfos y degradación de la hojarasca**

La descomposición de la materia orgánica en el suelo es un proceso clave en el ciclo de los distintos compuestos. En un bosque, la hojarasca constituye la principal fuente de nutrientes para la vegetación, fauna y microorganismos. Cerca del 80 % de la degradación de la hojarasca es realizada por microorganismos, de los que los hongos anamorfos son uno de los principales agentes (Jensen, 1974). Una considerable cantidad de ellos produce lacasas extracelulares que transforman químicos recalcitrantes como lignina, taninos y otros compuestos fenólicos. La producción de estas enzimas permite a estos hongos desarrollarse sobre la hojarasca de una manera eficiente y los vuelve muy importantes en su función como degradadores (Rodríguez, Falcon, Carnicero, Perestelo, De La Fuente & Trojonowski, 1996). La velocidad a la que la hojarasca se descompone depende de la composición química, la temperatura, la humedad y la colonización por organismos saprobios (Dickinson y Pugh, 1974; Dighton, 1995; Heal, Anderson & Swift, 1997; Esser, Kubicek & Druzhinina, 2007).

### **Bioprospección aplicada a los hongos anamorfos**

La bioprospección involucra la búsqueda sistemática y el desarrollo de nuevas fuentes de compuestos químicos, secuencias de ácidos nucleicos, genes y otros productos naturales con potencial económico, en un proceso ligado a la conservación y uso sostenible de la biodiversidad (Cotes, Barrero, Rodríguez, Zuluaga & Arevalo, 2012).

Godeas, Fracchia, Scervino y Rodríguez (2008), presentaron un estudio sobre las interacciones en el suelo, donde se mencionó el papel de hongos y bacterias como sinergistas o antagonistas de una serie de mecanismos químicos en las raíces de las plantas, los cuales regulan la transferencia de carbono asimilado al suelo y la secreción de exudados tales como compuestos de bajo peso molecular, proteínas, carbohidratos, ácidos orgánicos, aminoácidos, amidas y vitaminas. Gamboa y García (2008), realizaron un estudio sobre la utilidad de estos hongos para combatir importantes plagas de insectos de la zona centro-sur y sur de Chile donde se cultiva tomate y olivo, en el que

se propuso que dichos hongos son una alternativa promisorio para el manejo de plagas en el extremo norte de Chile. Además de contribuir con el control de plagas, los hongos conidiales se han utilizado para la transformación de residuos procedentes de cultivos, que utilizados como abono orgánico en concentraciones muy elevadas, pueden resultar fitotóxicos o, al ser incinerados, generan contaminación ambiental. Otra aplicación biotecnológica es la producción de lacasas, enzimas que pueden estar implicadas en procesos fisiológicos como la degradación y la transformación de químicos recalcitrantes como lignina, taninos y otros compuestos fenólicos (Heredia, Castañeda, Becerra & Arias, 2006). Muchos hongos anamorfo del suelo producen compuestos con actividad inhibitoria como antibióticos, dióxido de carbono, etileno o amonio. Los antibióticos son sustancias derivadas de su metabolismo secundario y se producen cuando las fuentes de carbono son abundantes pero el crecimiento está limitado por la carencia de otros nutrientes esenciales. Muchos de los metabolitos producidos por los hongos son muy tóxicos para el hombre, pero otros han resultado de gran valor terapéutico (Gamboa & García, 2008).

### **Estudios realizados sobre taxonomía de hongos anamorfo**

Stchigel y Cano (2008) describieron el estado actual del conocimiento de los hongos anamorfo en España. Esta publicación brindó información sobre los diferentes taxones identificados a partir de 1985 y además mencionó que hasta el presente, unas 160 especies pertenecientes a 60 géneros han sido descritas para España (incluidas las islas Canarias). Heredia y otros (2013), comunicaron nuevas especies de hongos anamorfo descritas para México entre las que se incluye a *Ancoraspora mexicana*, *Acremoniula triseptata*, *Acumispora verruculosa*, *Alysiidiopsis lignicola*, *Antromycopsis smithii* y otras que suman 35 taxones de hongos anamorfo. Seifert y otros (2011), presentaron la descripción detallada de al menos 1,400 especies de hongos anamorfo. En esta recopilación se describen especies de ecosistemas acuáticos, terrestres y parásitos de plantas y animales. En Guatemala, el conocimiento de estos hongos es muy escaso, ya que solamente se ha realizado un estudio en el cual se describieron 12 especies asociadas a hojarasca de *Quercus* spp, los cuales fueron nuevos registros para el país (Figuroa et al., 2016).

## **Áreas de estudio**

### **Parque Regional, Astillero Municipal de Tecpán Guatemala**

Fue declarada área protegida con el nombre de “Parque Regional Municipal”, según resolución del Consejo Nacional de Áreas Protegidas –Conap- No ALC/019-2000 y cuenta con un espacio de 1,459.83 hectáreas (Finca No. 603, Folio 40 de libro de Chimaltenango). Se ubica al Noroeste de Tecpán, es administrado y manejada por la Municipalidad de Tecpán Guatemala, Chimaltenango. Las condiciones climáticas varían en dos temporadas: una lluviosa, donde la temperatura es más estable, la humedad relativa es alta, la nubosidad y precipitación son constantes. Otra temporada es de estiaje o reducción de lluvias, donde la temperatura es variable, la humedad relativa es baja, la nubosidad y precipitación es poca. Según la clasificación Thornwaite la región se encuentra en la unidad B b Bi de templado con invierno benigno a húmedo con invierno seco. De acuerdo al más reciente estudio sobre vegetación del área protegida municipal se identificaron 31 familias y 67 especies (Fuentes, 2007).

### **Parque Ecológico Senderos de Alux**

La reserva cordillera Alux fue declarada área protegida bajo la categoría de reserva forestal protectora de manantiales, por el congreso de la República de Guatemala mediante el decreto No. 41-97 del 29 de mayo de 1997. Su importancia se debe a que actúa como captador de agua dulce para el área metropolitana y comunidades cercanas, es administrada por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) conjuntamente con los alcaldes de los municipios que conforman el área (San Lucas y Santiago Sacatepéquez y Mixco San Pedro y San Juan Sacatepéquez en Guatemala). Tiene una topografía variada, con altitudes que varen entre 1800 a 2300 metros. La vegetación está compuesta predominantemente por un bosque mixto conformado por encinos, ilamos, pinos y cipreses (Robles, 2013).

## V. Materiales y métodos

### Áreas de estudio

Los sitios de estudio fueron: El Astillero Municipal de Tecpán-Guatemala, Chimaltenango (N 14° 46' 48.81", O 91° 0' 27.42", altitud 2737 m) y el Parque Ecológico Senderos de Alux, San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez (N 14° 36' 43.41", O 90° 38' 15.92", altitud 2242 m). En ambos sitios se seleccionaron áreas boscosas con predominancia de *Quercus*.

### Recolección de muestras de hojarasca para identificación de especies

En cada sitio se delimitó una parcela de 25 m<sup>2</sup> y se subdividió en 25 subparcelas de 1 m<sup>2</sup>. En cada parcela se realizaron muestreos al azar en 10 subparcelas una vez al mes, durante ocho meses (febrero a septiembre de 2017). En cada subparcela se tomaron 15.0 g de la hojarasca más próxima al suelo (hojas, ramitas y semillas) y se transportaron al laboratorio en bolsas de papel (Heredia et al., 2006).

### Preparación de cajas de Petri para desarrollo de conidióforos

Se esterilizaron cajas de Petri con una pieza circular de papel de filtro a 121°C y 1.0 kg/cm<sup>2</sup> de presión durante 15 minutos. A continuación en cada caja se colocaron de 2.0 a 4.0 g de fragmentos de hojarasca repartida de forma homogénea, de cada una de las muestras de las subparcelas. A cada caja se le agregó 1 ml de agua estéril (Ulloa & Hanlin, 1978). Las cajas de Petri se colocaron en una cámara húmeda preparada en un recipiente con aislamiento térmico. Se agregaron 500 ml de agua estéril en el fondo adicionada con 5.0 ml de glicerina (Castañeda-Ruiz, 2005). Las muestras fueron aireadas con un ventilador programado para proporcionar 15 minutos de aire cada 30 minutos durante un mes, para estimular el desarrollo de las estructuras fúngicas.

## **Medición de las variables ambientales y de la hojarasca**

En cada subparcela se tomaron mediciones la profundidad de la capa de hojarasca, humedad y temperatura del microambiente. También se midieron la humedad relativa y temperatura ambiental del área con un termohigrómetro (Heredia et al., 2006). La humedad de la hojarasca se midió con una muestra de 5.0 g de sustrato de cada una de las subparcelas muestreadas y se colocó durante 48 horas en un horno a 85°C. La ecuación utilizada para tal propósito fue: % humedad = (peso seco del sustrato/ peso húmedo del sustrato) x 100 (Ulloa & Hanlin, 1978).

## **Preparación de medios de cultivo**

Se prepararon los medios de cultivo agar harina de avena, agar papa zanahoria y agar agua, se colocaron 20 ml en cajas de Petri de poliestireno desechables estériles.

## **Extracción de los conidióforos**

La extracción de los conidióforos se inició una semana después de iniciada la incubación (Castañeda-Ruiz, 2005). La hojarasca se observó con un microscopio estereoscopio, posteriormente se procedió a la extracción de los conidióforos con una aguja de disección, se realizaron preparaciones en porta y cubreobjetos con alcohol polivinílico y se describieron (Ulloa & Hanlin, 1978). Las preparaciones elaboradas sirvieron para tomar fotografías detalladas y para medir las estructuras en un microscopio LEICA DM750<sup>®</sup> con cámara LEICA ICC50 E incorporada, con microscopía de luz o contraste de fases, los aumentos empleados fueron 10X, 40X o 100X.

## **Aislamiento de hongos anamorfos por método directo**

Paralelamente se extrajeron estructuras fúngicas de cada uno de los hongos y se inocularon en cajas de Petri con agar agua, agar harina avena y agar papa zanahoria y se incubaron a 25°C por dos semanas. Luego se sembraron en nuevos medios de cultivo hasta obtener el cultivo axénico (Pascholati, Rodrigues & Fernandes, 2006).

Para la técnica de dilución, se tomó la hojarasca de 10 subparcelas y se llevó a una dilución de 2000 mL posteriormente la solución se mantuvo en agitación durante 30 minutos. 1 mL de la solución final fue agregada a las cajas de Petri con agar extracto de restos del bosque y estriada con un asa en argolla esteril (Demain & Daves, 1999).

### **Identificación de géneros y especies**

Las descripciones de los hongos encontrados incluyen color, forma, diámetro ( $\mu\text{m}$ ) de las hifas; forma, color, tamaño (largo y ancho, en  $\mu\text{m}$ ) de las células conidiógenas y conidios. También se observó el tipo de conidiogénesis. Las descripciones fueron comparadas con literatura especializada para la identificación (Ellis, 1976; Seifert et al., 2011).

### **Conservación de las muestras**

Las muestras de la hojarasca que contenían los conidióforos se empacaron en bolsas plásticas y se depositaron en la Micoteca MICG, del Departamento de Microbiología. Los aislamientos obtenidos en cultivo axénico se inocularon en tubos de ensayo de vidrio con tapa de rosca de bakelita con agar PDA inclinado como medio de cultivo, se incubaron por una semana y posteriormente se agregaron 2 mL de aceite mineral estéril (Pelzcar, Chan, & Krieg, 1986; Demain & Davies, 1999). Finalmente se almacenaron a temperatura ambiente en el cepario de hongos del Departamento de Microbiología a efecto de proceder a la conservación del germoplasma de dichos hongos.

### **Riqueza específica y análisis de datos**

La documentación de los hongos anamorfos y los aislamientos directos se realizaron por medio de una descripción de características macro y microscópicas. **Riqueza específica (S):** Este índice se define como el número total de especies obtenidas por un censo de la comunidad. También se elaboraron curvas de acumulación de especies para lo cual se utilizó el programa EstimateS<sup>®</sup>, las cuales se construyeron con base en las especies observadas y las estimadas por el índice de Chao 2. **Análisis multivariados:** Se recurrió a este tipo de análisis para encontrar patrones en los datos,

los cuales no era posible analizar con variables separadas. Para relacionar los sustratos de las subparcelas en los muestreos se realizó un análisis de conglomerados, en el cual se especificó gráficamente la relación, lo anterior se realizó en el programa Past<sup>®</sup>. Para determinar los patrones que relacionan las especies identificadas con las variables (presencia o ausencia en las fechas de muestreo, temperatura y humedad del microambiente, profundidad de la hojarasca, humedad de la hojarasca, temperatura y humedad del ambiente, apertura de dosel para lo cual se utilizó el programa GLA<sup>®</sup>), se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA), en el programa R-statistics<sup>®</sup> (Moreno, 2001).

## VI. Resultados

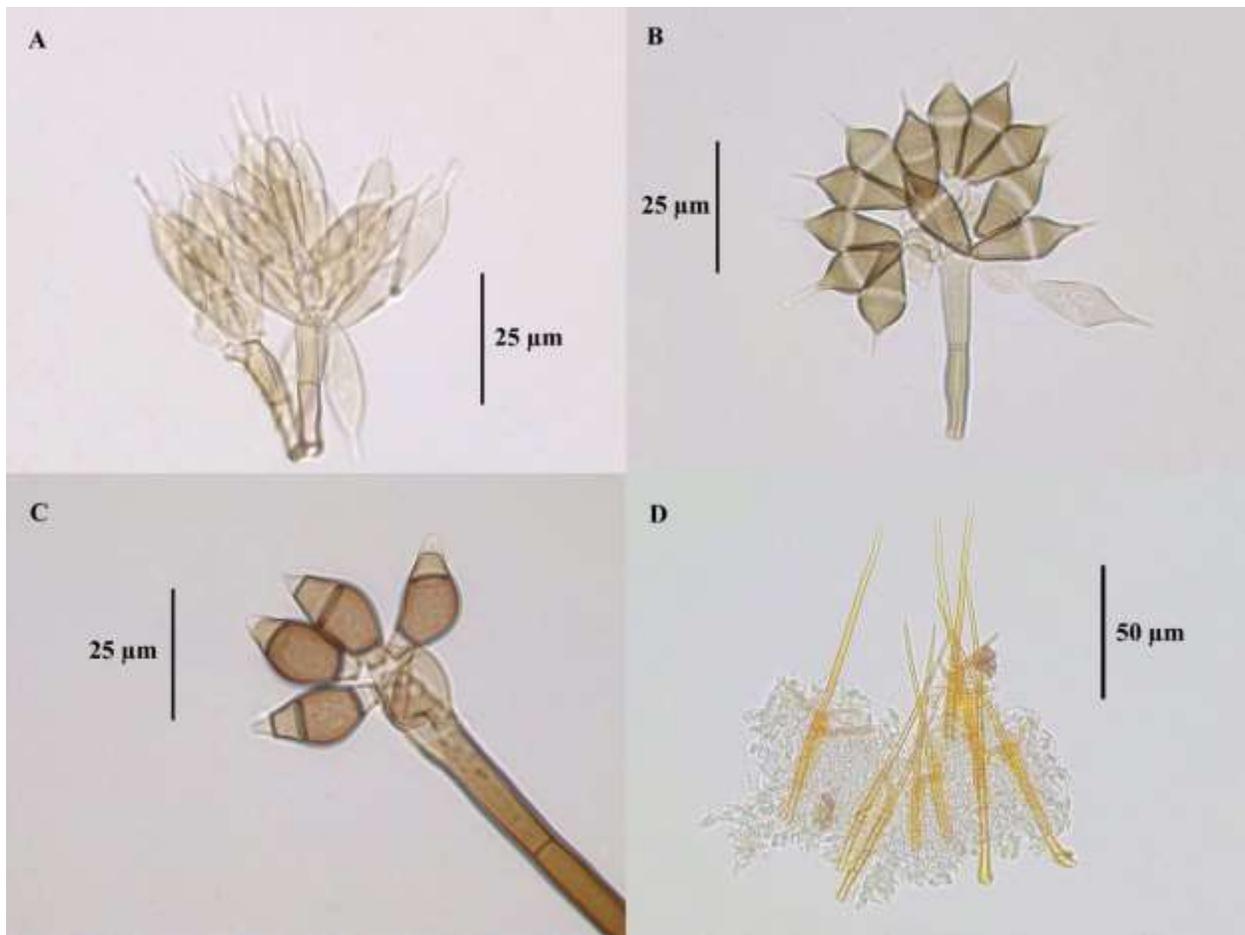
### A. Riqueza

La riqueza específica encontrada en el Parque Ecológico Senderos de Alux fue de 27 especies y en el Astillero Municipal de Tecpán fue de 20. A continuación se presentan los géneros y especies de hongos anamorfos encontrados y se muestran las características morfológicas principales (Tabla 1, Figuras 1-9).

**Tabla 1. Listado de géneros/especies de hongos anamorfos encontrados por localidad**

Parque Ecológico Senderos de Alux	Astillero Municipal de Tecpán
* <i>Beltrania querna</i> Harkn.	* <i>Beltrania querna</i> Harkn
<i>Beltrania rhombica</i> Penz.	<i>Cacumisporium pleuroconidiophorum</i> (Davydkina & Melnik) R.F. Castañeda, Heredia & Iturr.
<i>Brachysporiella</i> sp.	<i>Chloridium</i> sp.
<i>Cacumisporium pleuroconidiophorum</i> (Davydkina & Melnik) R.F. Castañeda, Heredia & Iturr.	* <i>Chromelosporium ochraceum</i> Corda
* <i>Chaetopsina splendida</i> B. Sutton & Hodges	<i>Cryptophiale guadalcanalensis</i> Matsush.
<i>Chloridium</i> sp.	<i>Dictyochaetopsis</i> sp.
<i>Craspedodidymum</i> sp.	<i>Ellisembia</i> sp.
<i>Helicosporium</i> sp. (1)	<i>Helicosporium</i> sp. (1)
<i>Helicosporium</i> sp. (2)	<i>Helicosporium</i> sp. (2)
<i>Helicosporium</i> sp. (3)	* <i>Hyphodiscosia jaipurensis</i> Lodha & K.R.C. Reddy
* <i>Hyphodiscosia jaipurensis</i> Lodha & K.R.C. Reddy	<i>Mariannaea elegans</i> G. Arnaud
<i>Mariannaea</i> sp.	<i>Mariannaea</i> sp.
<i>Penicillium</i> sp.	* <i>Phragmocephala prolifera</i> (Sacc., M. Rousseau & E. Bommer) S. Hughes
* <i>Phialocephala humicola</i> S.C. Jong & E.E. Davis	* <i>Phialocephala humicola</i> S.C. Jong & E.E. Davis
<i>Pleurothecium</i> sp.	<i>Pleurothecium</i> sp.
<i>Septotrullula</i> sp.	* <i>Speiropsis scopiformis</i> Kuthub. & Nawawi
* <i>Spadicoides atra</i> (Corda) S. Hughes	<i>Sporidesmium</i> sp. (2)
<i>Sporidesmium</i> sp. (1)	<i>Sporidesmium</i> sp. (3)
<i>Sporidesmium</i> sp. (2)	<i>Stachybotryna</i> sp.
<i>Stachybotryna</i> sp.	<i>Thozetella nivea</i> (Berk.) Kuntze
<i>Subramaniomyces</i> sp.	
* <i>Thozetella cubensis</i> R.F. Castañeda & G.R.W. Arnold	
<i>Thozetella nivea</i> (Berk.) Kuntze	
* <i>Triposporium elegans</i> Corda	
* <i>Virgaria nigra</i> (Link) Nees	
* <i>Wiesneriomyces laurinus</i> (Tassi) P.M. Kirk	
* <i>Zanclospora brevispora</i> S. Hughes & W.B. Kendr.	

<sup>1</sup>En los géneros seguidos por un número entre paréntesis se encontraron más una o más especies, las cuales están pendientes de identificación



*Figura 1.* Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A-C. Células conidiógenas y conidios. A. *B. querna*. B. *B. rhombica*. C. *C. pleuroconidiophorum*. D. *C. splendida*. Setas fértiles, células conidiógenas y conidios agrupados.



Figura 2. Conidióforos, células conidiógenas y conidios de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. *Chloridium* sp (contraste de fases). B. *C. ochraceum* (contraste de fases). C. *Craspedodidymum* sp. D. *C. guadalcanalensis*.

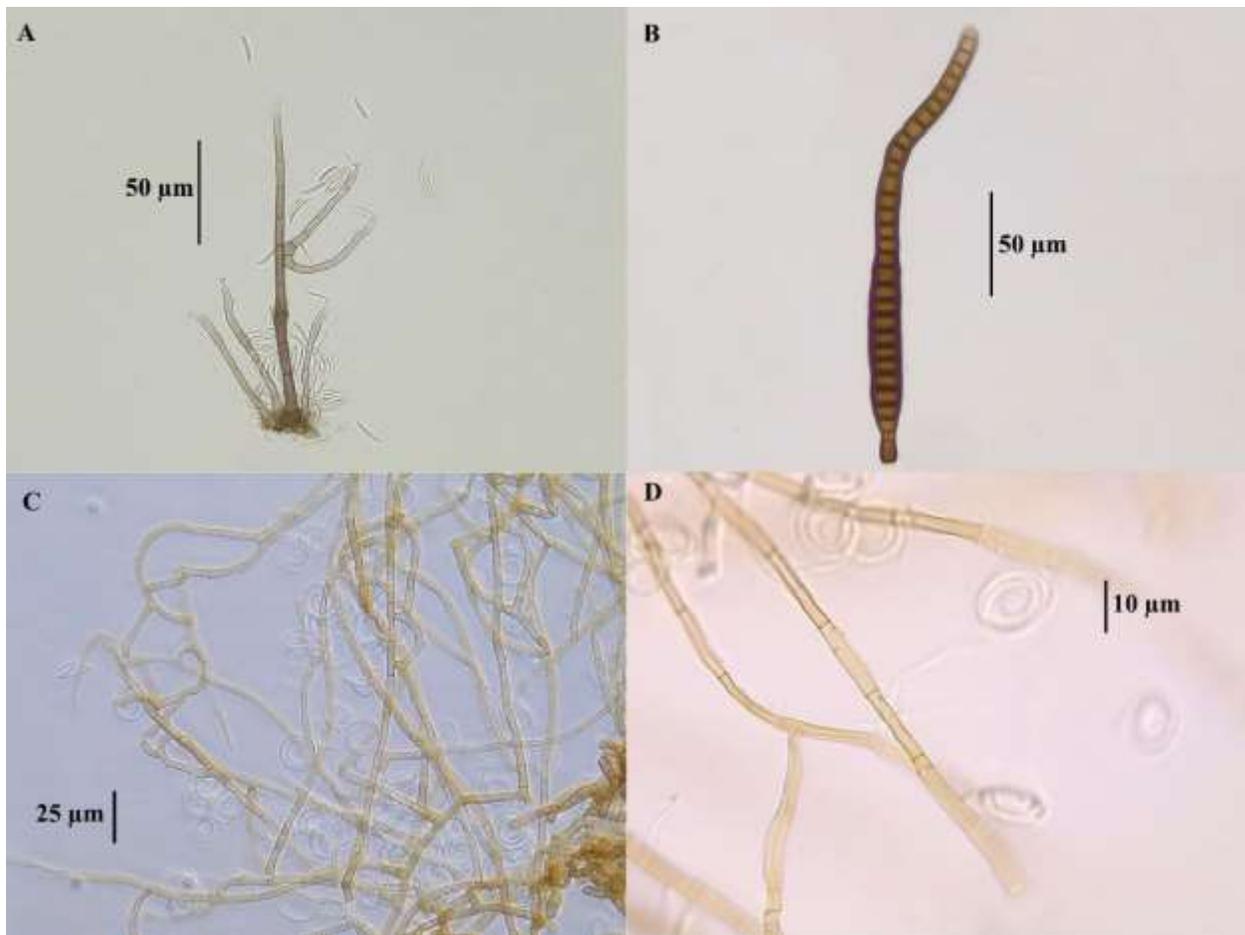


Figura 3. Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. *Dictyochaetopsis* sp. Conidióforos, células conidiógenas y conidios. B. *Ellisembia* sp. Conidios. C y D. *Helicosporium*. Células conidiógenas y conidios.

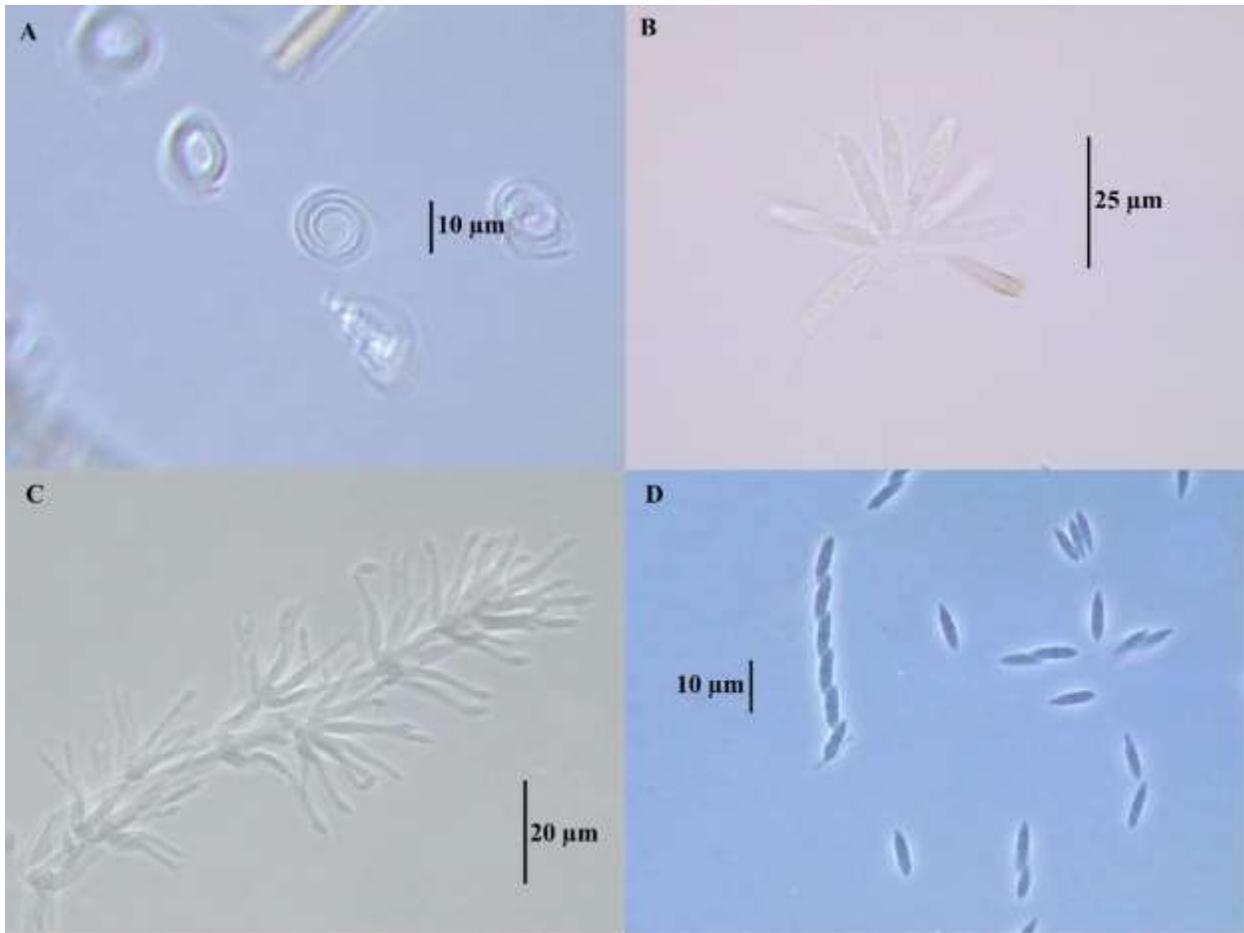


Figura 4. Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. Conidios de *Helicosporium* (contraste de fases). B. Células conidiógenas y conidios de *H. jaipurensis* (contraste de fases). C. Células conidiógenas y conidios de *M. elegans* (contraste de fases). D. Conidios de *Mariannaea* sp. (contraste de fases).

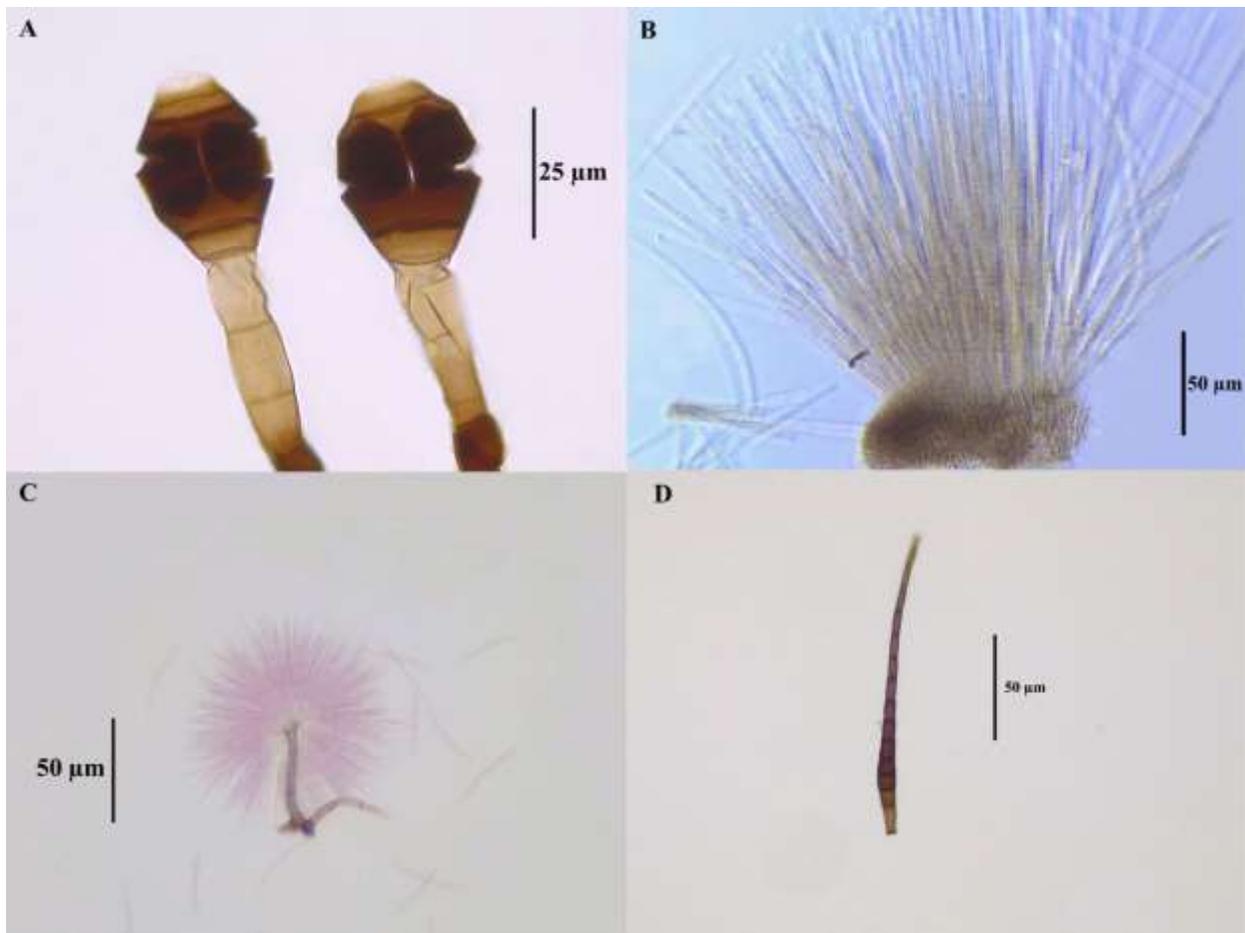


Figura 5. Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A-C. Celulas conidiógenas y conidios. A. *P. prolifera*. B. *Septotrullula* sp. (contraste de fases). C. *S. scopiformis*. D. Conidio de *Sporidesmium* sp.

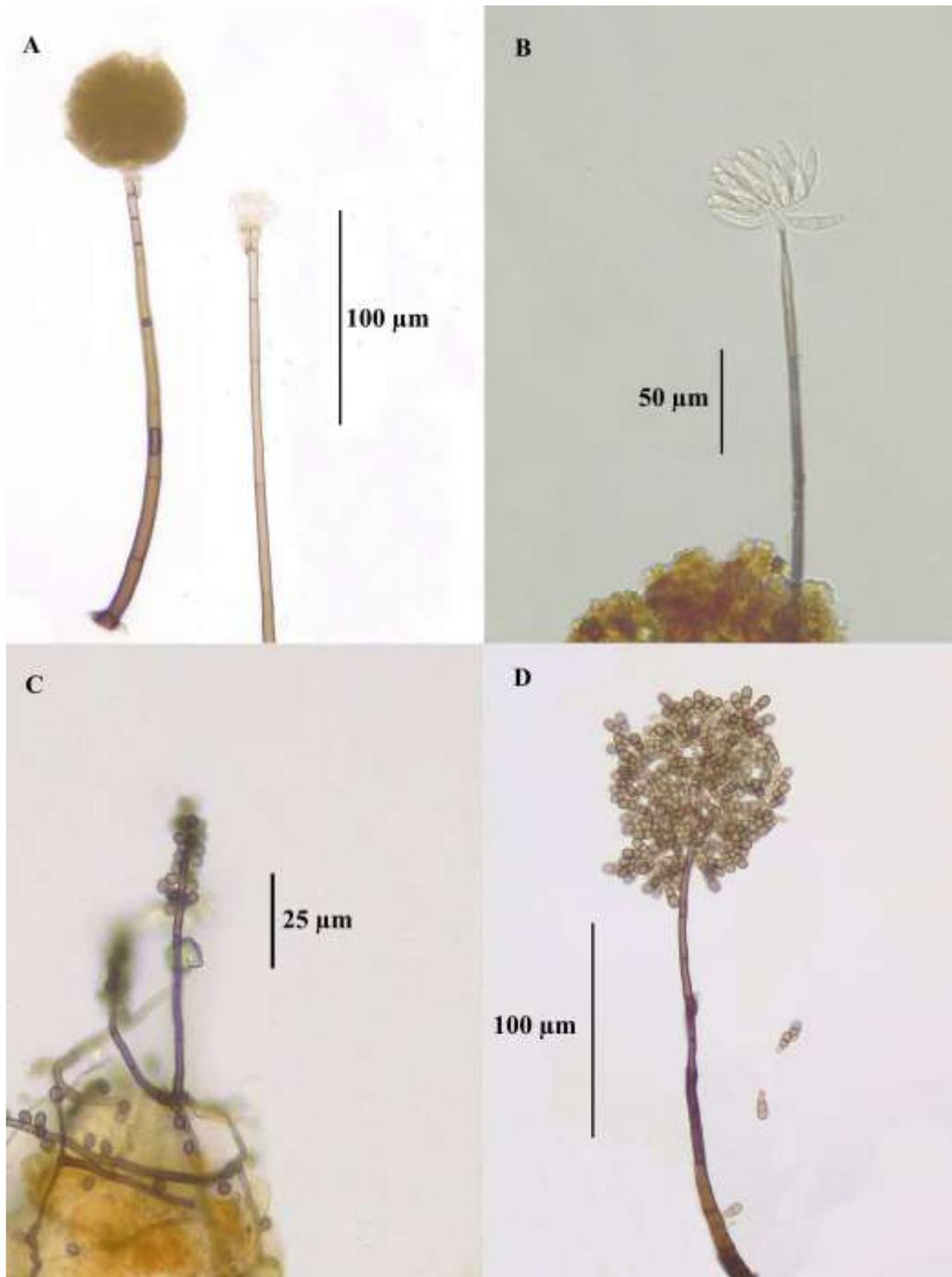


Figura 6. Conidióforos, células conidiógenas y conidios de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. *P. prolifera*. B. *Pleurothecium* sp. C. *S. atra*. D. *Brachysporiella* sp.

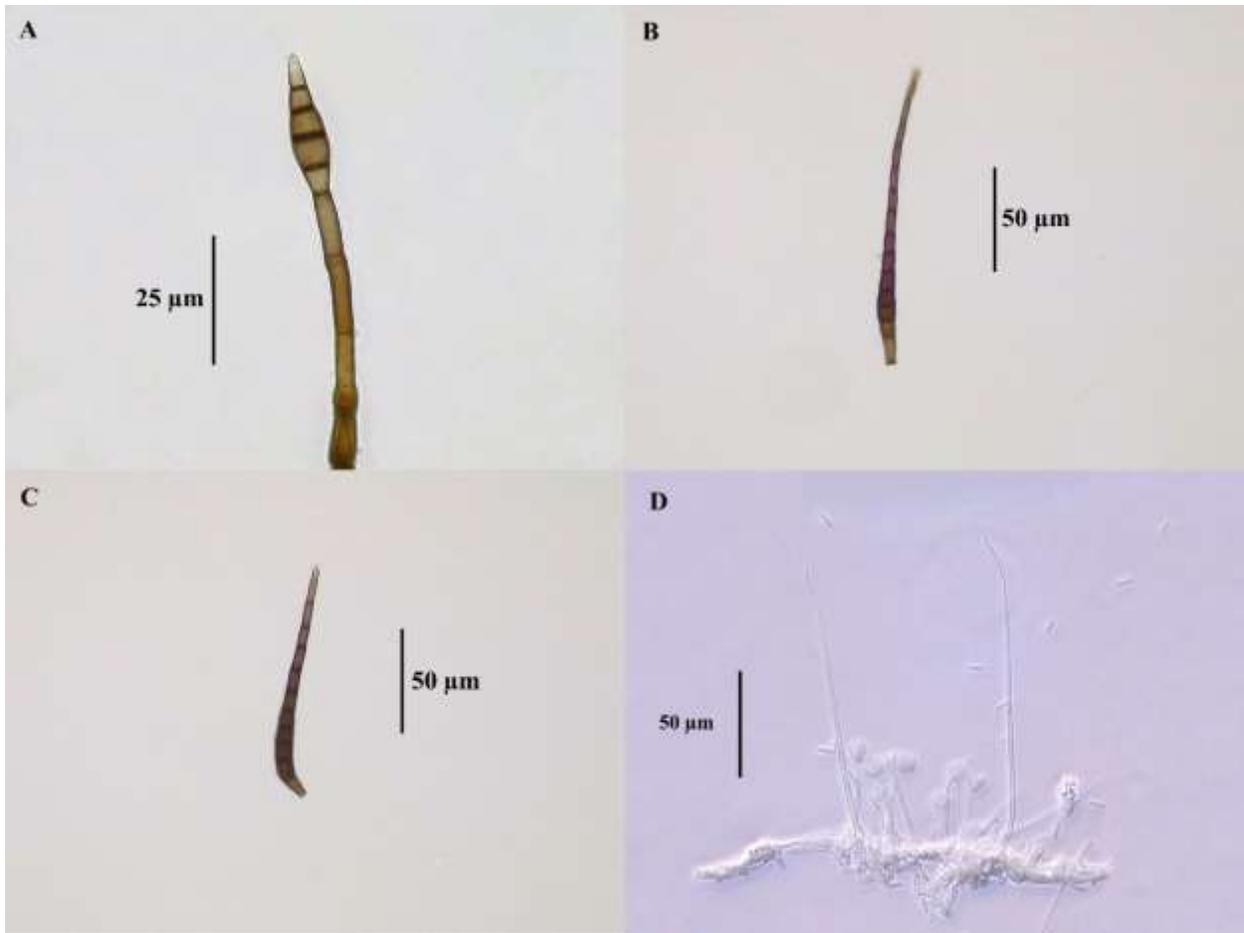
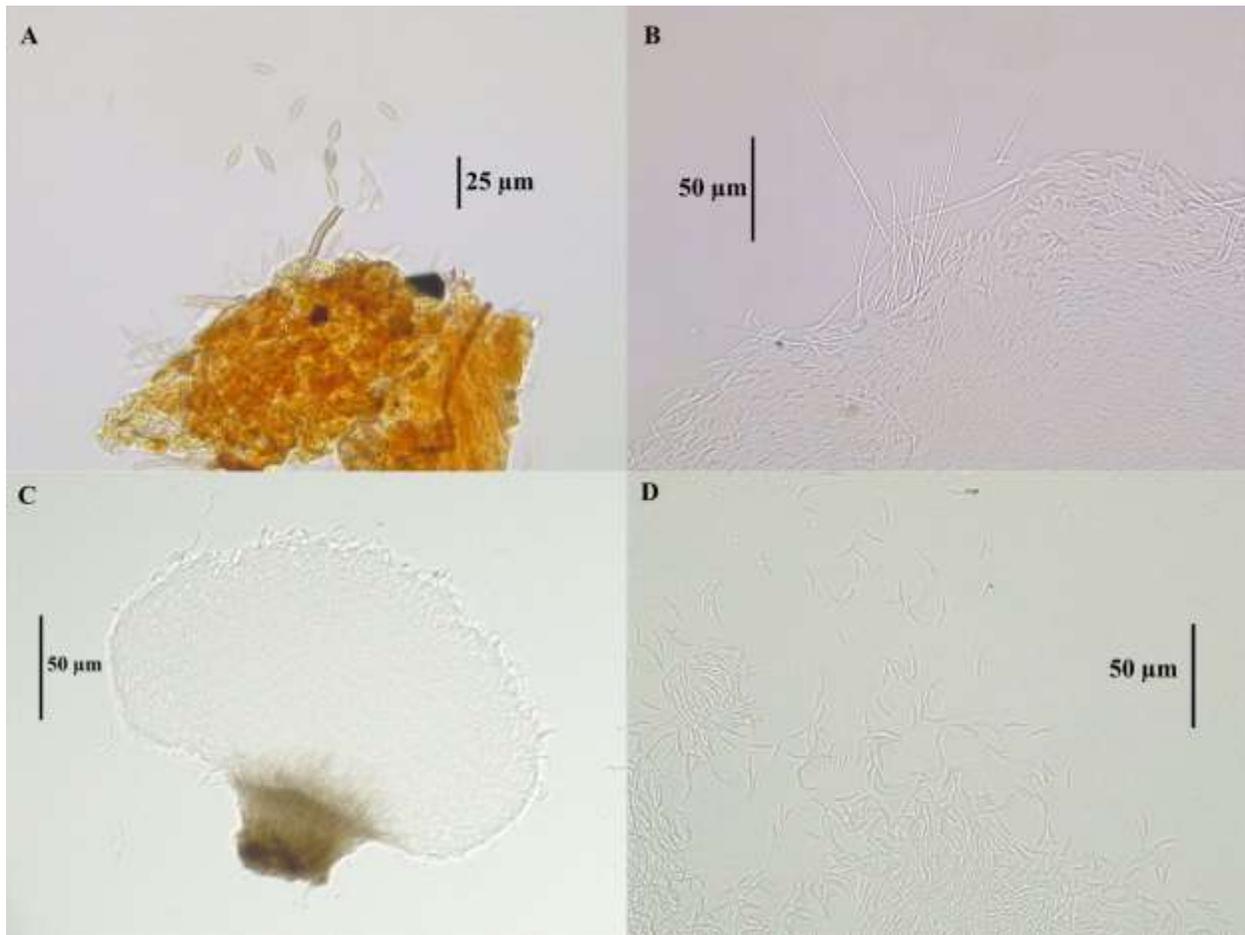


Figura 7. Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A-C. Conidióforos y conidios de *Sporidesmium*. D. Células conidiógenas y conidios de *Stachybotryna* sp (contraste de fases).



*Figura 8.* Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. Células conidiógenas y conidios de *Subramaniomyces* sp. B. Conidios y micro aristas de *T. cubensis* (contraste de fases). C-D. Esporodoquios, conidios y microaristas de *T. nivea*.

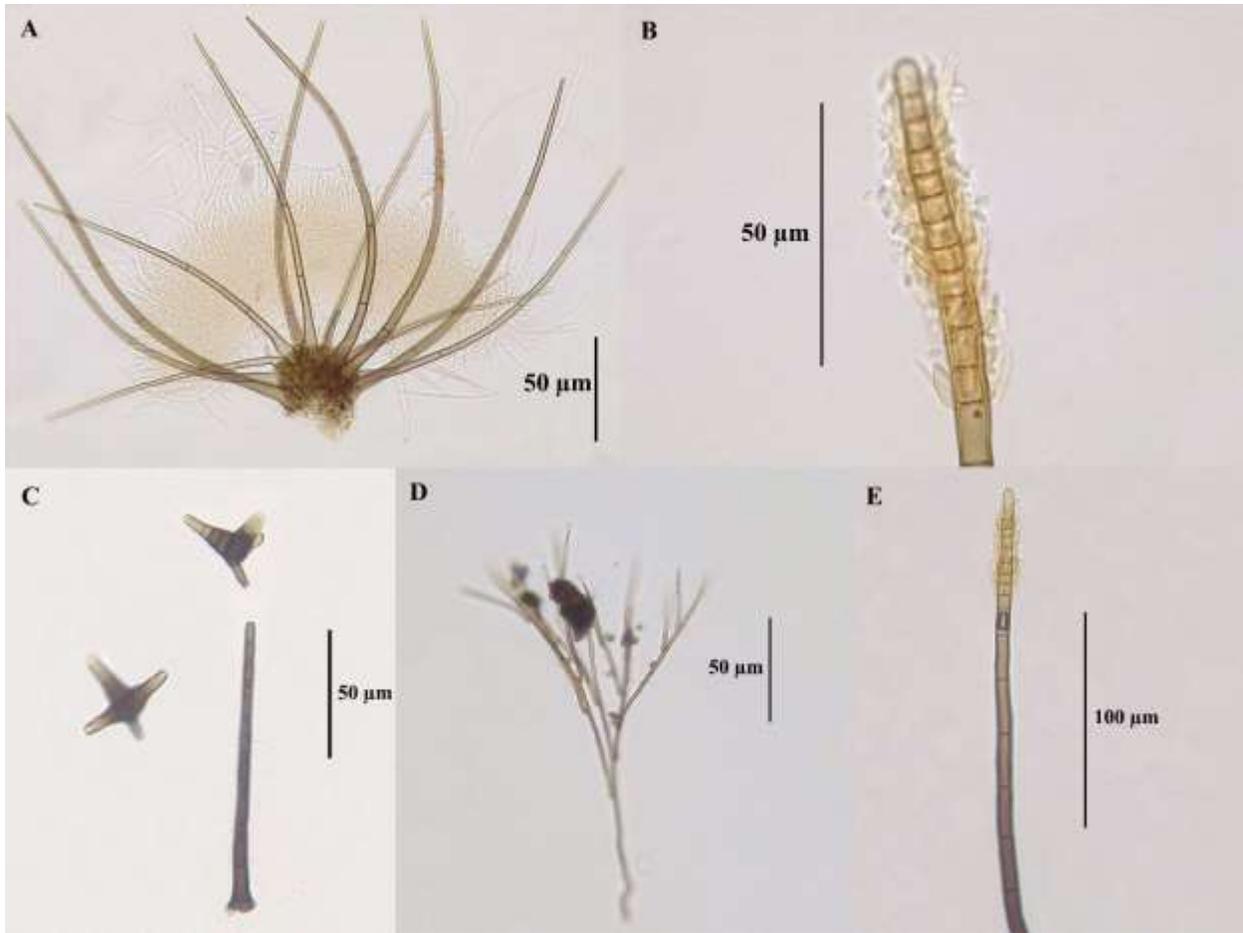


Figura 9. Hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. Esporodocio, setas, conidios de *W. laurinus*. B. Conidióforo, células conidiógenas y conidios de *Z. brevispora*. C. Conidióforos, células conidiógenas y conidios de *T. elegans*. D. Células conidiógenas y conidios de *V. nigra*. E. Conidióforo de *Z. brevispora*. células conidiógenas y conidios.

Las curvas de acumulación muestran la riqueza máxima encontrada en ambos sitios de muestreo. La asintota fue alcanzada en el sexto muestreo en el Parque Ecológico Senderos de Alux y en el quinto en el Astillero Municipal de Tecpán (Figuras 10 y 11 respectivamente).

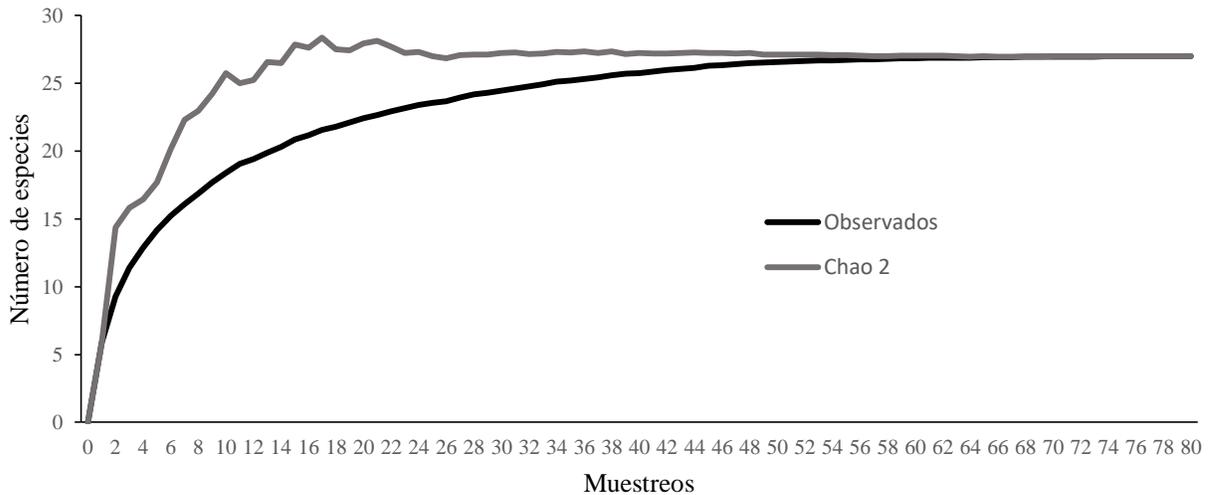


Figura 10. Curva de acumulación de especies para el Parque Ecológico Senderos de Alux. La línea negra describe la riqueza observada. La línea gris describe la riqueza esperada calculada por el índice de Chao 2 (95% de intervalo de confianza) durante los muestreos.

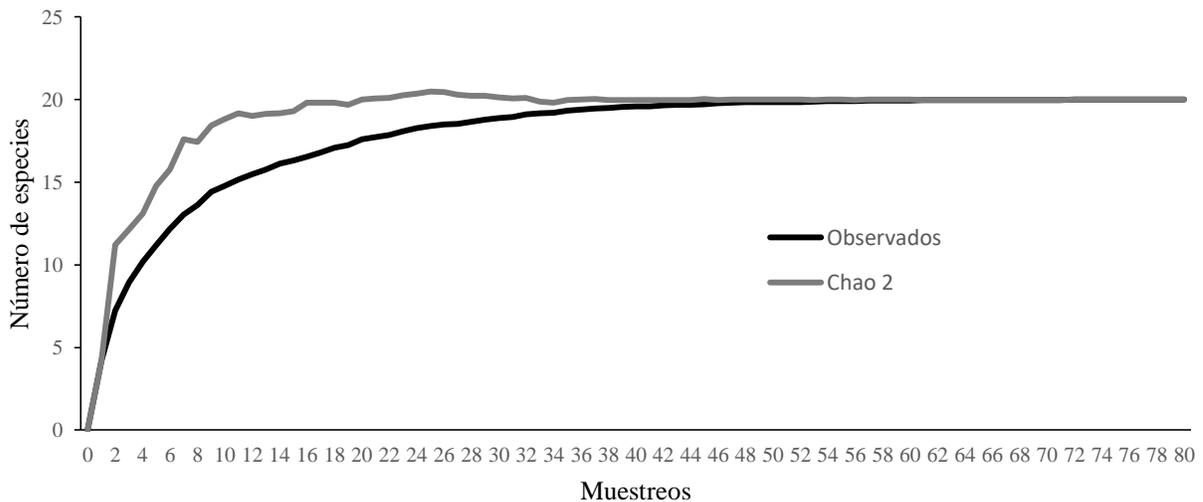


Figura 11. Curva de acumulación de especies para el Astillero Municipal de Tecpán. La línea negra describe la riqueza observada y la línea gris describe la riqueza esperada calculada por el índice de Chao 2 (95% de intervalo de confianza) durante los muestreos.

## **B. Relación de las especies con las variables ambientales**

Con respecto a las variables ambientales registradas en ambos sitios de muestreo se observó un aumento en la humedad tanto del ambiente, microambiente y de la hojarasca a partir del mes de mayo, en tanto que la profundidad de la hojarasca disminuyó. La temperatura ambiente y microambiente en el Parque Ecológico Senderos de Alux fue similar, en tanto en el Astillero Municipal de Tecpán se observó que la temperatura fue menor en el microambiente que en el ambiente (Tablas 2 y 3).

**Tabla 2. Variables ambientales registrados en el Parque Ecológico Senderos de Alux**

Parámetro <sup>1</sup>	Mes							
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Humedad del microambiente (%)	65.2 ± 1.81	85.5 ± 5.73	91.5 ± 8.40	99 ± 0.00	97.7 ± 4.11	99.0 ± 0.00	99.0 ± 0.00	99.0 ± 0.00
Temperatura del microambiente (°C)	17.53 ± 1.09	17.9 ± 0.47	17.5 ± 1.17	16.29 ± 0.33	15.19 ± 0.60	12.04 ± 0.54	15.93 ± 0.57	16.83 ± 0.35
Humedad del ambiente (%)	74.0 ± 0.00	77.0 ± 0.00	50.0 ± 0.00	81.0 ± 0.00	99.0 ± 0.00	97.0 ± 0.00	92.0 ± 0.00	98.0 ± 0.00
Temperatura ambiente (°C)	17.0 ± 0.00	17.3 ± 0.00	20.0 ± 0.00	16.7 ± 0.00	15.0 ± 0.00	14.5	14.4 ± 0.00	16.4 ± 0.00
Humedad de la hojarasca (%)	24.47 ± 1.72	31.27 ± 6.06	53.6 ± 5.08	70.13 ± 2.20	74.53 ± 2.10	73.33 ± 3.30	71.40 ± 4.45	72.13 ± 3.25
Profundidad de la hojarasca (cm)	8.6 ± 3.74	12.9 ± 3.21	11.3 ± 3.62	11.2 ± 3.91	7.3 ± 3.43	5.90 ± 2.13	6.90 ± 3.20	8.6 ± 2.12
Apertura de dosel	20.35 ± 0.0	17.57 ± 0.0	31.71 ± 0.0	20.69 ± 0.0	31.13 ± 0.0	30.21 ± 0.0	23.12 ± 0.0	26.09 ± 0.0

<sup>1</sup> Media ± la desviación estándar.

**Tabla 3. Variables ambientales registrados en el Astillero Municipal de Tecpán**

<b>Parámetro<sup>1</sup></b>	<b>Mes</b>							
	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
Humedad del microambiente (%)	62.3 ± 4.52	74.9 ± 2.51	94.7 ± 6.00	98.6 ± 1.26	99.0 ± 0.0	99.0 ± 0.0	98.6 ± 1.26	99.0 ± 0.0
Temperatura del microambiente (°C)	12.52 ± 0.26	12.12 ± 0.68	13.12 ± 1.47	14.02 ± 0.61	14.89 ± 0.44	12.53 ± 0.17	12.97 ± 0.59	13.5 ± 0.34
Humedad del ambiente (%)	54 ± 0.0	85.0 ± 0.0	60 ± 0.0	70 ± 0.0	75 ± 0.0	92 ± 0.0	84 ± 0.0	71 ± 0.0
Temperatura ambiente (°C)	16.9 ± 0.0	12.0 ± 0.0	14.2 ± 0.0	16.8 ± 0.0	16.3 ± 0.0	11.3 ± 0.0	13.4 ± 0.0	16.6 ± 0.0
Humedad de la hojarasca (%)	45.67 ± 6.86	51.33 ± 8.35	35.2 ± 7.16	55.67 ± 6.70	64.67 ± 3.16	70.01 ± 1.06	62.47 ± 20.18	71.8 ± 1.47
Profundidad de la hojarasca (cm)	20.30 ± 4.52	18.9 ± 4.28	17.2 ± 5.96	13.8 ± 4.16	11.4 ± 5.34	15.8 ± 6.25	12.9 ± 4.20	14.5 ± 5.82
Apertura de dosel	16.02 ± 0.0	16.82 ± 0.0	21.46 ± 0.0	28.21 ± 0.0	22.28 ± 0.0	22.5 ± 0.0	18.38 ± 0.0	16.9 ± 0.0

<sup>1</sup> Media ± la desviación estándar.

Al relacionar la riqueza de las especies de hongos anamorfos con las variables ambientales y de la hojarasca, el análisis de correspondencia canónica (CCA) mostró en el Parque Ecológico Senderos de Alux, la presencia de *Brachysporiella* sp. (BRA), *Craspedodidymum* sp. (CRAS) y *Penicillium* sp. (PENI) se relacionó con la apertura de dosel y humedad del ambiente. Asimismo, *B. querna* (BQ), *Chloridium* sp. (CHLO), *H. jaipurensis* (HYPH) y *V. nigra* (VIRG) mostraron relación con la humedad de la hojarasca y del ambiente, en tanto que *B. rhombica* (BR) *Mariannaea* sp. (MARSP), *Septotrullula* sp. (SEPTO), *S. atra* (SPAD) y *Stachybotryna* sp. (STACH), se asociaron con el pH y la temperatura del ambiente. Además, la presencia de *Subramaniomyces* sp. (SUB), *Wiesneriomyces laurinus* (WIES) y *Z. brevispora* (ZANC), se relacionaron con la profundidad de la hojarasca, mientras que *Ch. splendida* (CHAE) se asoció con la temperatura ambiente. El resto de especies, *C. pleuroconidiophorum* (CACU), *Helicosporium* sp. (1) (HEL1), *Helicosporium* sp. (2) (HEL2), *Helicosporium* sp. (3) (HEL3), *P. humicola* (PHIA), *Pleurothecium* sp. (PLEU), *Sporidesmium* sp. (1) (SPO1), *Sporidesmium* sp. (2) (SPO2), *T. cubensis* (THOZC), *T. (THOZN)* y *T. elegans* (TRIPO) se relacionaron con todas las variables ambientales y de la hojarasca evaluadas (Figura 12).

En el Astillero Municipal de Tecpán, la presencia de *C. ochraceum* (CHROM) se relacionó con la apertura de dosel y *B. querna* (BQ) y *P. humicola* (PHIA) lo hicieron con la humedad del ambiente. Asimismo, *Chloridium* sp. (CHLO) se relacionó con la humedad de la hojarasca y *C. guadalcanalensis* (CRYP), *Mariannaea* sp. (MARSP), *M. elegans*(MAREL), *Stachybotryna* sp. (STACH) y *S. scopiformis*(SPEIR), se asociaron al pH de la hojarasca. Asimismo, *Dictyochaetopsis* sp (DICT), *Hyphodiscosia jaipurensis* (HYPH) se relacionaron con la profundidad de la hojarasca, mientras que *Ellisembia* sp. (ELLI) se asoció con la temperatura del microambiente. El resto de especies, *C. pleuroconidiophorum* (CACU), *Helicosporium* sp. (2) (HEL2) y *Helicosporium* sp. (3) (HEL3), *P. prolifera* (PHRA), *Pleurothecium* sp. (PLEU), *Sporidesmium* sp. (1) (SPO1), *Sporidesmium* sp. (2) (SPO2) y *T. nivea* (THOZN) se relacionaron con todas las variables ambientales y de la hojarasca evaluadas (Figura 13).

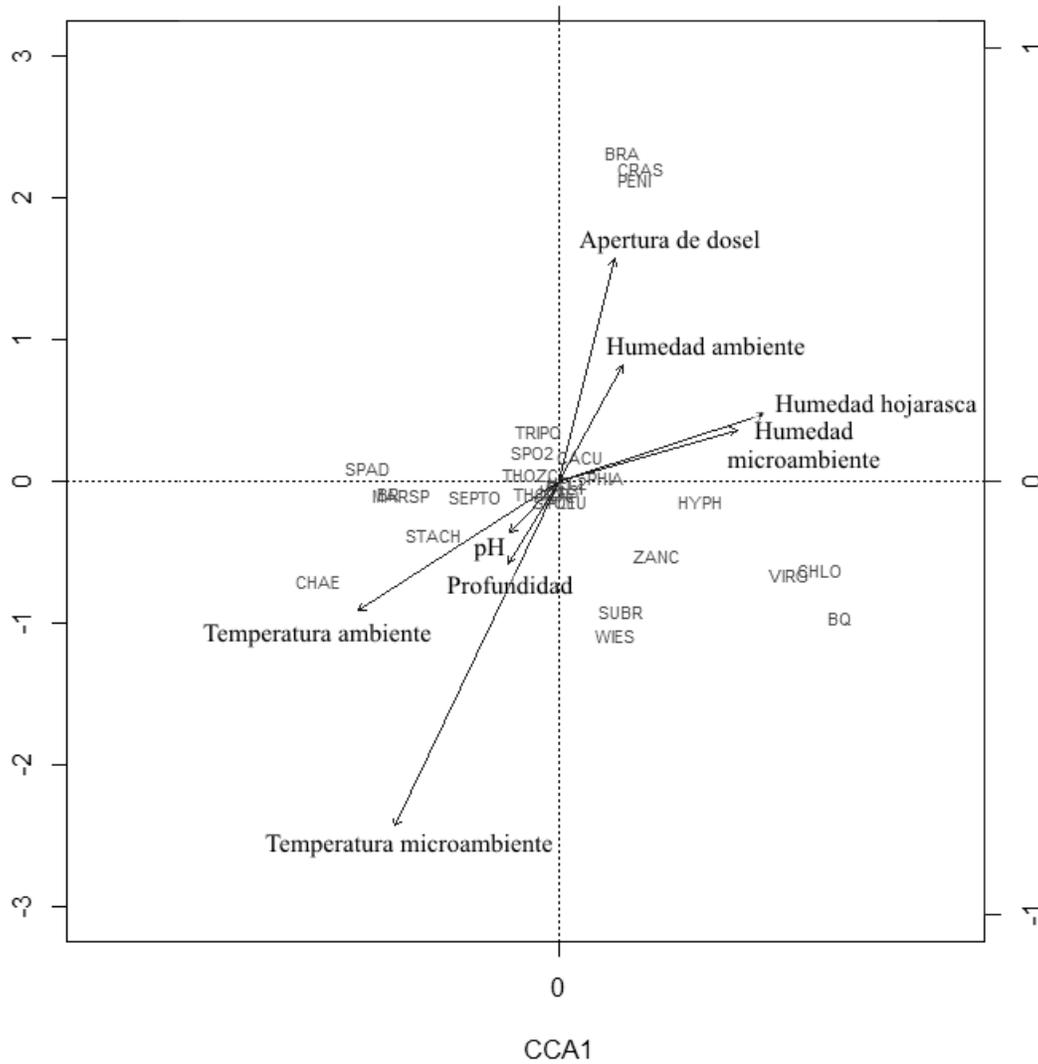


Figura 12. Análisis de correspondencia canónica para el Parque Ecológico Senderos de Alux. Las flechas describen las variables ambientales y las líneas punteadas representan los ejes (componente 1, 36% de la varianza, componente 2, 38% de la varianza).

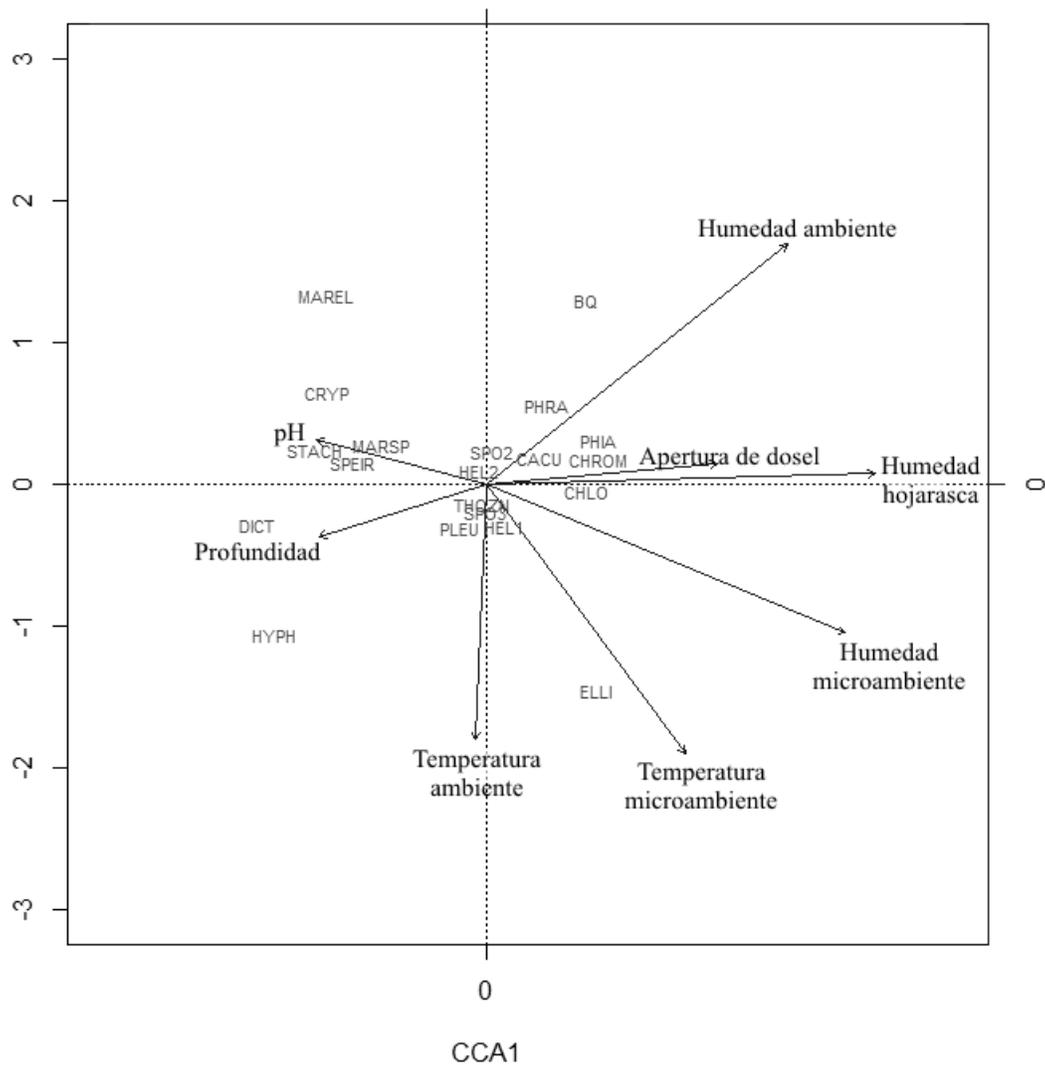


Figura 13. Análisis de correspondencia canónica para el Astillero Municipal de Tecpán. Las flechas describen las variables ambientales, los puntos pequeños describen las sub-parcelas, los puntos grandes describen las especies y las líneas punteadas representan los ejes (componente 1, 32% de la varianza, componente 2, 37% de la varianza).

Con relación a las especies y los meses de fructificación, en el Parque Ecológico Senderos de Alux, *Mariannaea* sp., *Septotrullula* sp., *Stachybotryna* sp. y *W. laurinus* fructificaron en los meses en los que no se presentó o hubo poca lluvia (febrero-mayo), mientras que *B. querna*, *B. rhombica*, *Brachysporiella* sp., *C. splendida*, *Chloridium* sp., *Craspedodidymum* sp., *H. jaipurensis*, *Penicillium* sp., *Subramaniomyces* sp., *V. nigra*, fructificaron en los meses correspondientes a la temporada de lluvia (junio-septiembre). El resto de las especies fructificaron a lo largo de los meses de muestreo (Tabla 4).

En el Astillero Municipal de Tecpán *C. guadalcanalensis*, *Dictyochaetopsis* sp., *H. jaipurensis*, *M. elegans*, *Mariannaea* sp., *S. scopiformis* y *Stachybotryna* sp. fructificaron en los meses sin o con poca lluvia (febrero-mayo), mientras que *B. querna*, *C. splendida*, *C. ochraceum*, *P. prolifera* y *P. humicola* se presentaron solamente en los meses con lluvia (junio-septiembre). El resto de las especies fructificaron a lo largo de los meses de muestreo (Tabla 5).

**Tabla 4. Presencia de hongos anamorfos en el Parque Ecológico Senderos de Alux**

Especie	Mes							
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
<i>B. querna</i>							+	
<i>B. rhombica</i>					+			+
<i>Brachysporiella</i> sp.						+		
<i>C. pleuroconidiophorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. splendida</i>								+
<i>Chloridium</i> sp.							+	
<i>Craspedodidymum</i> sp.						+		
<i>Helicosporium</i> sp. (1)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helicosporium</i> sp. (2)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helicosporium</i> sp. (3)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>H. jaipurensis</i>					+		+	
<i>Mariannaea</i> sp.	+	+						+
<i>Penicillium</i> sp.						+		
<i>P. humicola</i>			+	+	+	+	+	+
<i>Pleurothecium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Septotrullula</i> sp.	+	+	+					
<i>S. atra</i>	+							+
<i>Sporidesmium</i> sp. (1)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sporidesmium</i> sp. (2)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sporidesmium</i> sp. (3)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stachybotryna</i> sp.	+	+						
<i>Subramaniomyces</i> sp.				+				
<i>T. cubensis</i>	+	+	+	+	+	+		
<i>T. nivea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>T. elegans</i>	+	+		+	+	+		
<i>V. nigra</i>							+	
<i>W. laurinus</i>				+				
<i>Z. brevispora</i>	+			+			+	

<sup>1</sup> Indica que la especie fue encontrada durante los muestreos realizados en dichos meses.

**Tabla 5. Presencia de hongos anamorfos en el Astillero Municipal de Tecpán**

Especie	Mes							
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
<i>B. querna</i>						+		
<i>C. pleuroconidiophorum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. splendida</i>						+	+	+
<i>Chloridium</i> sp.					+	+	+	+
<i>C. ochraceum</i>				+	+		+	
<i>C. guadalcanalensis</i>	+	+						
<i>Dictyochaetopsis</i> sp.	+		+					
<i>Ellisembia</i> sp.								+
<i>Helicosporium</i> sp. (1)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Helicosporium</i> sp. (2)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>H. jaipurensis</i>			+					
<i>M. elegans</i>	+	+						
<i>Mariannaea</i> sp.	+						+	
<i>P. prolifera</i>		+		+	+			
<i>P. humicola</i>				+	+	+	+	
<i>Pleurothecium</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>S. scopiformis</i>		+	+					
<i>Sporidesmium</i> sp. (2)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sporidesmium</i> sp. (3)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Stachybotryna</i> sp.	+	+	+					
<i>T. nivea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+

<sup>1</sup> Indica que la especie fue encontrada durante los muestreos realizados en dichos meses.

En cuanto a la preferencia de sustrato, se encontró que en el Parque Ecológico Senderos de Alux un 52.5% de hongos se desarrollaron en ramitas, un 40% en hojas y un 7.5% en semillas. Mientras que en El Astillero Municipal de Tecpán un 57.0% de hongos se desarrollaron en ramitas, un 37.0% en hojas y un 6.0% en semillas (Tablas 6 y 7, Figuras 14 y 15)

**Tabla 6. Preferencia de sustratos de los hongos del Parque Ecológico Senderos de Alux**

Especie	Sustrato (%)		
	Ramitas	Hojas	Semillas
<i>B. querna</i>	0.0	100.0	0.0
<i>B. rhombica</i>	0.0	100.0	0.0
<i>Brachysporiella</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>C. pleuroconidiophorum</i>	40.0	36.0	24.0
<i>C. splendida</i>	32.0	28.0	0.0
<i>Chloridium</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>Craspedodidymum</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>Helicosporium</i> sp. (1)	27.78	38.89	33.33
<i>Helicosporium</i> sp. (2)	33.33	28.57	38.10
<i>Helicosporium</i> sp. (3)	33.33	33.33	33.33
<i>H. jaipurensis</i>	46.15	53.85	0.0
<i>Mariannaea</i> sp.	55.56	44.44	0.0
<i>Penicillium</i> sp.	41.67	58.33	0.0
<i>P. humicola</i>	53.33	46.67	0.0
<i>Pleurothecium</i> sp.	38.46	61.54	0.0
<i>Septotrullula</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>S. atra</i>	100.0	0.0	0.0
<i>Sporidesmium</i> sp. (1)	20.0	40.0	40.0
<i>Sporidesmium</i> sp. (2)	56.25	43.75	0.0
<i>Sporidesmium</i> sp. (3)	44.45	55.55	0.0
<i>Stachybotryna</i> sp.	58.82	41.18	0.0
<i>Subramaniomyces</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>Thozetella cubensis</i>	41.67	58.33	0.0
<i>Thozetella nivea</i>	21.74	43.48	34.78
<i>Triposporium elegans</i>	50.0	50.0	0.0
<i>Virgaria nigra</i>	100.0	0.0	0.0
<i>Wiesneriomyces laurinus</i>	0.0	100.0	0.0
<i>Zanclospora brevispora</i>	56.25	43.75	0.0
Total	52.5	40.0	7.5

<sup>1</sup>El porcentaje fue calculado con base en la presencia de las especies en los diferentes sustratos a lo largo del muestreo

**Tabla 7. Preferencia de sustratos de los hongos de los hongos del Astillero Municipal de Tecpán**

<b>Especie</b>	<b>Sustrato (%)</b>		
	<b>Ramitas</b>	<b>Hojas</b>	<b>Semillas</b>
<i>B. querna</i>	0.0	100.0	0.0
<i>C. pleuroconidiophorum</i>	45.0	30.0	25.0
<i>C. splendida</i>	40.0	60.0	0
<i>Chloridium</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>C. ochraceum</i>	100.0	0.0	0.0
<i>C. guadalcanalensis</i>	100.0	0.0	0.0
<i>Dictyochaetopsis</i> sp.	100.0	0.0	0.0
<i>Ellisembia</i> sp.	36.46	61.54	0.0
<i>Helicosporium</i> sp. (1)	36.36	36.36	27.28
<i>Helicosporium</i> sp. (2)	27.27	40.91	31.82
<i>H. jaipurensis</i>	41.18	58.82	0.0
<i>M. elegans</i>	52.63	47.37	0.0
<i>Mariannaea</i> sp.	46.15	53.85	0.0
<i>P. prolifera</i>	64.28	35.72	0.0
<i>P. humicola</i>	64.29	35.71	0.0
<i>Pleurothecium</i> sp.	58.82	41.18	0.0
<i>S. scopiformis</i>	100.0	0.0	0.0
<i>Sporidesmium</i> sp. (2)	33.33	66.67	0.0
<i>Sporidesmium</i> sp. (3)	54.54	45.46	0.0
<i>T. nivea</i>	40.0	40.0	20.0
<b>Total</b>	<b>57.0</b>	<b>37.0</b>	<b>6.0</b>

<sup>1</sup>El porcentaje fue calculado con base en la presencia de las especies en los diferentes sustratos a lo largo del muestreo

En el análisis de conglomerados con relación a la preferencia de sustratos en ambos sitios mostró la formación de cuatro grupos separados: Las especies que se desarrollaron en hojas, ramitas, ramitas y hojas, ramitas hojas y semillas (Figura 14 y 15).

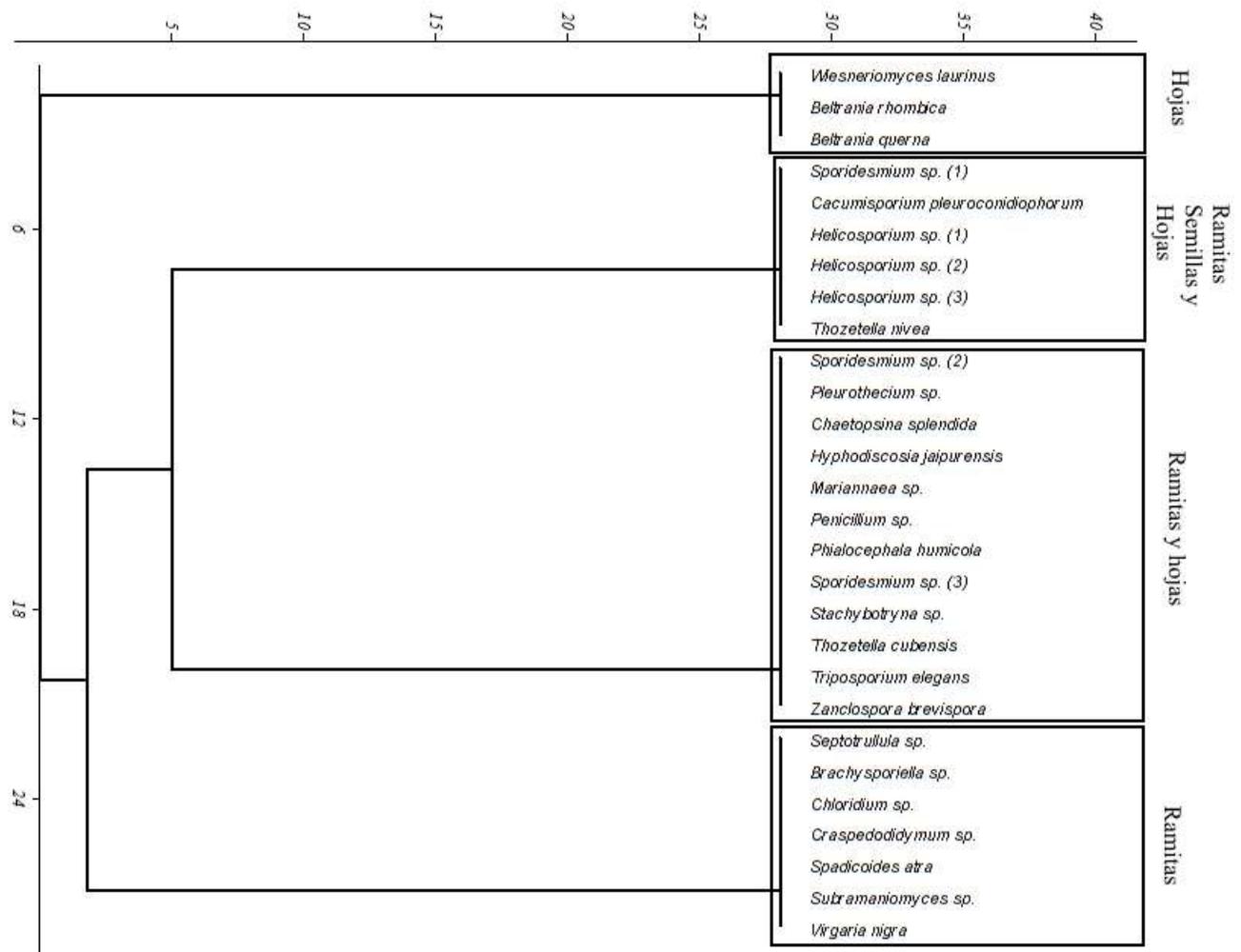


Figura 14. Análisis de conglomerados de la preferencia de sustrato según los géneros para el Parque Ecológico Senderos de Alux. El dendrograma fue construido con base en distancias euclidianas.

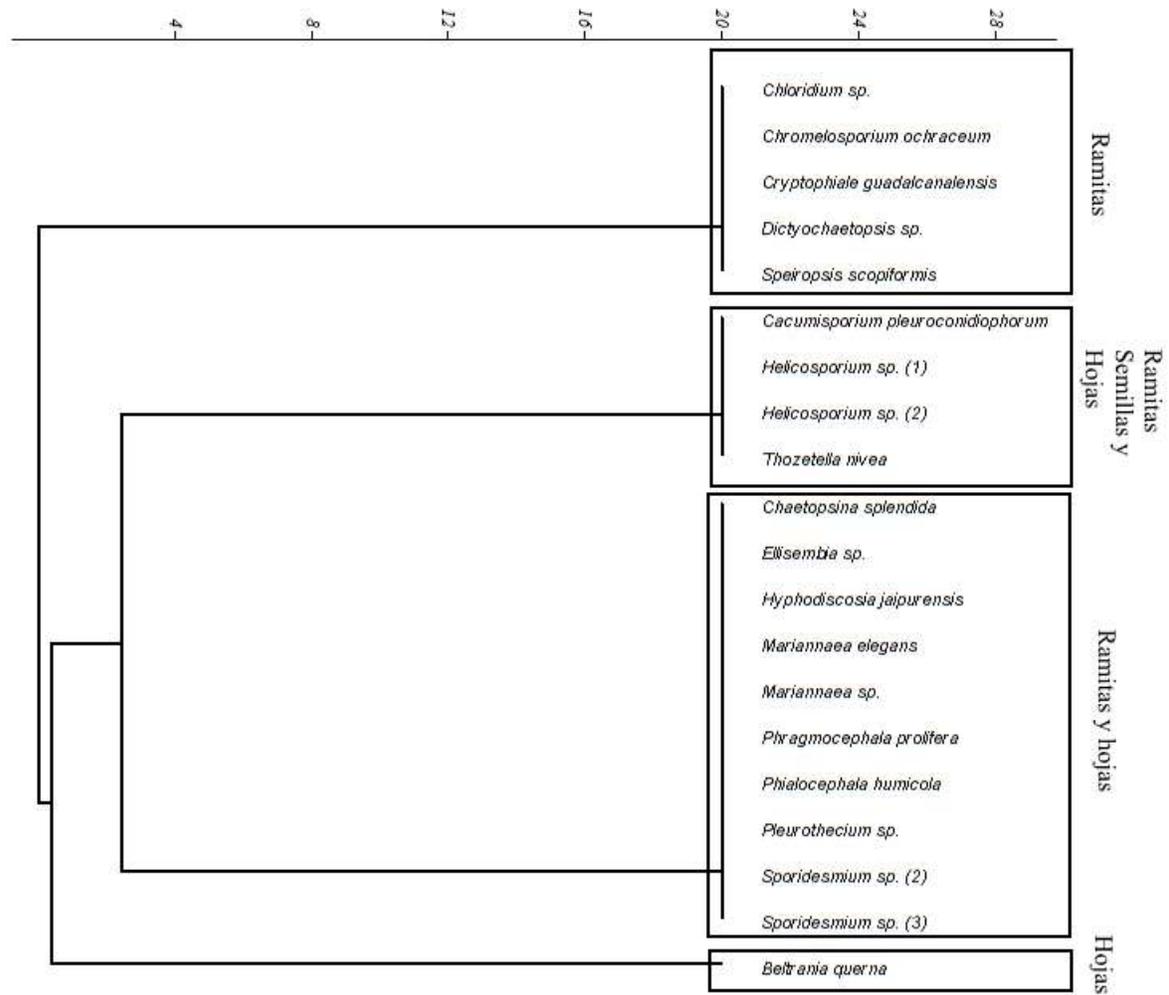


Figura 15. Análisis de conglomerados de la preferencia de sustrato según los géneros para el Astillero Municipal de Tecpán. El dendrograma fue construido con base en distancias euclidianas.

### C. Cultivo de hongos anamorfos

Los hongos anamorfos recuperados en cultivo axénico se presentan en la tabla 8 y figuras 16 – 19.

**Tabla 8. Hongos anamorfos aislados en cultivo axénico**

<b>Parque Ecológico Senderos de Alux</b>	<b>Astillero Municipal de Tecpán</b>
<i>Beltrania querna</i>	<i>Beltrania querna</i>
<i>Beltrania rhombica</i>	<i>Chloridium</i> sp.
<i>Brachysporiella</i> sp.	<i>Chromelosporium ochraceum</i>
<i>Chaetopsina splendida</i>	<i>Helicosporium</i> sp. (1)
<i>Chloridium</i> sp.	<i>Phialocephala humícola</i>
<i>Helicosporium</i> sp. (1)	<i>Pleurothecium</i> sp.
<i>Phialocephala humicola</i>	<i>Stachybotryna</i> sp.
<i>Pleurothecium</i> sp.	<i>Thozetella nivea</i>
<i>Thozetella nivea</i>	
<i>Thozetella cubensis</i>	
<i>Stachybotryna</i> sp.	
<i>Virgaria nigra</i>	
<i>Zanclospora brevispora</i>	

Además se recuperó a *Chaetomium globosum* y 15 hongos que no fructificaron en los medios propuestos. Por otro lado, 28 hongos más fueron aislados por la técnica de dilución y estriado en el último muestreo en el Astillero Municipal de Tecpán.

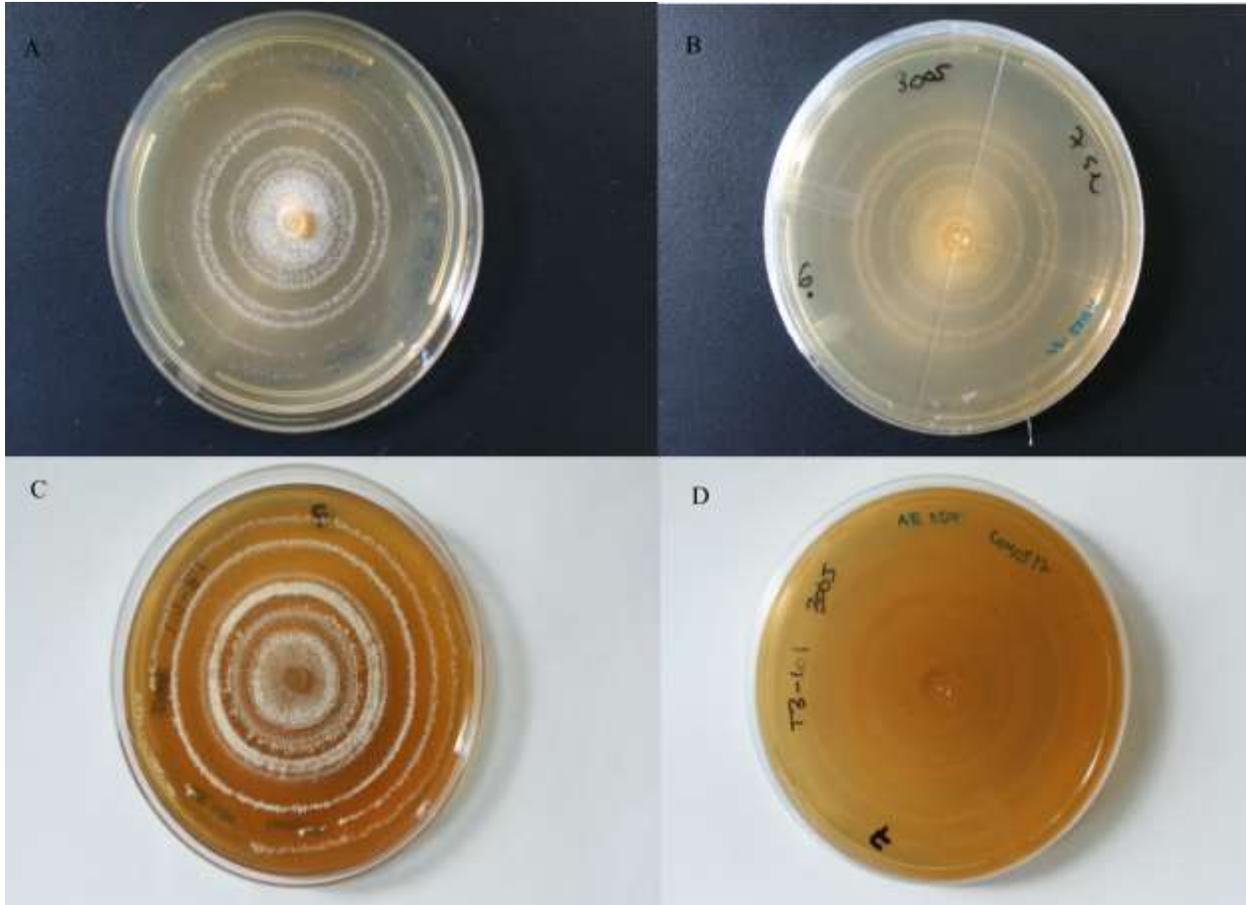


Figura 16. Cultivos de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux. A. *Thozetella nivea*. B. *Chloridium* sp.



Figura 17. Cultivos de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.



*Figura 18.* Cultivos de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.



*Figura 19.* Cultivos de hongos anamórficos del Astillero Municipal de Tecpán y del Parque Ecológico Senderos de Alux.

## VII. Análisis y discusión de resultados

Los restos vegetales presentes en los bosques tropicales y subtropicales, así como regiones semiáridas y ambientes acuáticos son en su mayoría los sitios donde se desarrollan los hongos conidiales o anamorfos. En particular, se ha demostrado que en las regiones geográficas que comprenden Centro y Suramérica existen un gran número de especies que aún no han sido descubiertas (Castañeda-Ruiz, Heredia, Guzmão & Li, 2016).

La riqueza encontrada en este trabajo fue menor a lo encontrado en otros trabajos realizados en la región, sin embargo se debe considerar que el número de muestras analizadas en dichos estudios fue mayor y además se utilizaron varias formas de aislamiento. Por ejemplo, Bills & Polishook (1994) en una selva tropical lluviosa de Costa Rica, encontraron entre 78 a 134 especies en cuatro muestras analizadas únicamente por aislamiento en diferentes medios de cultivo. Por otra parte, Polishook, Bills & Lodge (1996) encontraron una riqueza de entre 134-228 especies en cada una de las cuatro muestras recolectadas en las montañas Luquillo en Puerto Rico, las cuales se obtuvieron por medio de aislamiento en medios de cultivo. Asimismo, Purangao y otros (2002) en 13 muestras de hojarasca procedentes de un bosque tropical lluvioso del norte de Queensland (Australia) identificaron 57 especies de microhongos por el método incubación en cámara húmeda. Respecto a la riqueza de especies que se desarrollan específicamente en la hojarasca de *Quercus* spp, se puede mencionar el estudio realizado en dos bosques subtropicales dominados por *Q. serrata* Murray en la región del Himalaya, India, en el cual se encontró una riqueza de 106 especies de hongos conidiales durante un lapso de 12 meses, en los que se utilizaron tres diferentes métodos de aislamiento (Sharma, Pandey & Sing, 2011).

Con respecto a la diferencia de siete especies encontrada en la riqueza de ambos sitios, se puede indicar que el Parque Ecológico Senderos de Alux, se ubica en un lugar con aproximadamente 500 m de menor altitud con respecto al Astillero Municipal de Tecpán, por lo que se puede inferir que conforme disminuyó la altitud, aumentó la riqueza de especies. Lo anterior ha sido ampliamente documentado ya que se ha indicado que a lo largo de un gradiente de elevación, la diversidad de especies de hongos saprobios se relaciona inversamente con la altitud (Bissett & Parkinson, 1979). La disminución de dicha diversidad se debe en general a que conforme se incrementa la altitud, tanto la temperatura ambiente como la del suelo, así como la humedad se ven disminuidas, lo cual

afecta negativamente la diversidad de las comunidades de hongos saprobios (Devi, Khaund, Nongkhaw & Joshi, 2012).

Con respecto a las especies identificadas de las cuales existe información disponible, algunas muestran amplia distribución entre las cuales se encuentran *B. rhombica* y *V. nigra* (Matushima, 1971; Heredia, Mena-Portales & Mercado-Sierra, 1997). Algunas otras presentan distribución cosmopolita y pantropical tales como *B. rhombica* y *W. laurinus*, así como especies de los géneros *Chaetopsina*, *Chloridium* *Cryptophiale* (Polishook et al., 1996).

Por otra parte se puede mencionar que no se pudieron identificar hasta especie el 51.8 % de los hongos conidiales encontrados en el Parque Ecológico Senderos de Alux y el 50% de los documentados en el Astillero Municipal de Tecpán. Lo anterior ha sido también comunicado por Bills & Polishook (1994) quienes solo identificaron entre el 37-45% de las especies e indicaron que esto se debe a que los hongos no presentaban esporulación o no existe literatura suficiente para su determinación taxonómica. Adicionalmente mencionan que en las regiones tropicales de América existen muchas que aún no han sido descritas (Castañeda-Ruiz et al., 2016), por lo que podrían tratarse de especies nuevas para la ciencia. Al respecto, en el Parque Ecológico Senderos de Alux fue encontrado un hongo que se adscribió al género *Craspedodidymum*, el cual después de una amplia revisión de literatura y consulta con expertos internacionales, resultó ser una especie nueva para la ciencia y que se diferencia de otras especies del género por poseer conidios unicelulares fabiformes a alantoides y con coloración café, la cual está pendiente de publicación.

Lo anterior pone en evidencia la gran importancia de incorporar las técnicas moleculares basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), para la identificación de hongos. Dichas técnicas permiten la identificación de las especies basadas concepto filogenético de especie y tomando como principio el análisis de complementariedad de ADN y en las clasificaciones basadas en alineamientos múltiples de secuencias homólogas entre organismos. En la mayoría de los casos, se han usado genes nucleares o mitocondriales correspondientes al ARN ribosomal o genes que codifican para proteínas, aunque para obtener una mejor resolución y robustez de los resultados en el reconocimiento de especies se recomienda usar varios genes (Cepero, Restrepo, Franco-Molano, Cárdenas & Vargas, 2012).

Por otra parte, en esta investigación se representó la riqueza de especies en función del número de muestreos realizados a través de curvas de acumulación de especies, con el fin de determinar si el tamaño de las muestras seleccionada fue apropiado para caracterizar la diversidad de hongos

condiales en los sitios muestreados (Bills & Polishook, 1994). Como se pudo observar, en ambos sitios se logró alcanzar la asíntota, lo cual indicó que las muestras fueron las suficientes para caracterizar la diversidad como se indicó anteriormente (Ludwig & Reynolds, 1988).

Los hongos, dada su información genética, tienen un comportamiento característico de acuerdo con las variables ambientales, las relaciones de competencia con otros organismos y la disponibilidad de sustratos (Cepero et al., 2012). Con respecto a la relación de las variables ambientales con la riqueza encontradas en ambos sitios se puede indicar que todas las especies fúngicas ocupan diferentes microhábitats y sustratos en diferentes estados de degradación de la materia vegetal, lo cual influye en la diversidad de hongos en los bosques tropicales (Lodge, 1996).

Además, la estructura espacial de las comunidades fúngicas responden tanto a factores bióticos como abióticos. En este sentido, las condiciones microambientales y ambientales, así como de la hojarasca se relacionan con las comunidades fúngicas al ser analizada a gran escala (Morris & Phillip, 2005).

En esta investigación el análisis CCA permitió observar dos tendencias que relacionaron diversas especies con factores ambientales y de la hojarasca en el Parque Ecológico Senderos de Alux. En primero lugar se observó que la humedad, ya sea en la presente en el ambiente (humedad ambiental) o factores que influyen en ella (apertura de dosel, temperatura ambiente y profundidad de la hojarasca) se relacionaron con la presencia de las especies *B. querna* (BQ), *Brachysporiella* sp. (BRA), *C. splendida* (CHAE), *Chloridium* sp. (CHLO), *Craspedodidymum* sp. (CRAS), *H. jaipurensis* (HYPH), *Penicillium* sp. (PENI), *Subramaniomyces* sp. (SUB), *V. nigra* (VIRG), *Wiesneriomyces laurinus* (WIES) y *Z. brevispora* (ZANC), las cuales en su mayoría se encontraron durante en la época lluviosa o al inicio de la misma (mayo-septiembre). En segundo lugar, la presencia de *B. rhombica* (BR), *Mariannaea* sp. (MARSP), *Septotrullula* sp. (SEPTO), *S. atra* (SPAD) y *Stachybotryna* sp. (STACH), se relacionó más bien con el pH que con la humedad y, además, en su mayoría se desarrollaron durante los meses de febrero-mayo.

De igual forma, en el Astillero Municipal de Tecpán, se observó que la humedad, ya sea en la presente en el ambiente (humedad ambiental) o factores que influyen en ella (apertura de dosel, temperatura ambiente o microambiente y profundidad de la hojarasca) se relacionaron con la presencia de *B. querna* (BQ), *C. ochraceum* (CHROM), *Chloridium* sp. (CHLO), *Dictyochaetopsis* sp. (DICT), *Ellisembia* sp. (ELLI), *H. jaipurensis* (HYPH) y *P. humicola* (PHIA), aunque en este caso, si bien la mayoría se encontraron durante en la época lluviosa o al

inicio de la misma (mayo-septiembre), algunas también fueron observadas en los meses donde no se presentaron lluvias (febrero-abril). Por otra parte, la presencia de *C. guadalcanalensis* (CRYP), *Mariannaea* sp. (MARSP), *M. elegans* (MAREL), *Stachybotryna* sp. (STACH) y *S. scopiformis*(SPEIR), se relacionó más bien con el pH que con la humedad y, además, en su mayoría se desarrollaron durante los meses de febrero-mayo.

En conclusión, existen dos patrones observables para ambos sitios (con algunas excepciones): la presencia de determinadas especies en la época lluviosa o al inicio de la misma (mayo-septiembre) está relacionada con la humedad, en tanto que en la época seca (febrero-abril), se asocia con el pH. Es de hacer notar que el resto de especies en las cuales todas las variables ambientales y de la hojarasca evaluadas no mostraron una relación directa, se desarrollaron en su mayoría durante todos los meses de muestreo. Lo anterior pudiera estar relacionado con las formas de selección que utilizan los hongos de acuerdo con la estrategia ruderal combativa de tolerancia al estrés, como se mencionará más adelante.

Con respecto a las relaciones de competencia, los hongos pueden comportarse de diferentes maneras a medida que sus necesidades y las condiciones que ofrecen el sustrato y el ambiente cambien, ya que la variación es una estrategia adaptativa o conjunto de adaptaciones en el ciclo de vida que garanticen al máximo que sobrevivan y dejen descendencia. Para estudiar al comportamiento de los hongos se han utilizado varias formas de selección que se denominan modelo R-C-S (estrategia ruderal combativa de tolerancia al estrés), el cual es el más útil que se ha aplicado en hongos (Dighton, 2003; Cepero et al., 2012).

En este estudio la fructificación de las especies, su distribución temporal y la conformación de comunidades fúngicas (Lodge & Cantrell, 1995) respondieron a condiciones ambientales definidas. Así, en el Parque Ecológico Senderos de Alux, especies como *Mariannaea* sp., *Septotrullula* sp., *Stachybotryna* sp. y *W. laurinus* que se presentaron en los meses en los que no se presentó lluvia o ésta fue poca (febrero-mayo) y *B. querna*, *B. rhombica*, *Brachysporiella* sp., *C. splendida*, *Chloridium* sp., *Craspedodidymum* sp., *H. jaipurensis*, *Penicillium* sp., *Subramaniomyces* sp. y *V. nigra* que fructificaron solamente en los meses correspondientes a la temporada de lluvia (junio-septiembre); podrían considerarse que poseen una estrategia de tolerancia al estrés (Selección S), ya que la selección de adaptaciones les permiten resistir condiciones ambientales de estrés (no lluvia-lluvia) y la falta de recursos. Estos hongos persisten mientras las condiciones de estrés se mantengan, están sujetos a ser reemplazados si las

condiciones de estrés terminan, no necesariamente son rápidos en su crecimiento, germinación de esporas o velocidad de reproducción (Cepero et al., 2012).

De igual forma en el Astillero Municipal de Tecpán, se puede considerar que las especies con estrategia de tolerancia al estrés son *C. guadalcanalensis*, *Dictyochaetopsis* sp., *H. jaipurensis*, *M. elegans*, *Mariannaea* sp., *S. scopiformis* y *Stachybotryna* sp., debido a que solamente fructificaron en los meses sin lluvia (febrero-junio), en tanto que *B. querna*, *C. splendida*, *C. ochraceum*, *P. prolifera* y *P. humicola* lo hicieron solo en los meses con lluvia (junio-septiembre).

Por otra parte, el resto de las especies que fructificaron a lo largo de los meses que duraron los muestreos (febrero-septiembre), pueden presentar una estrategia combativa (Selección C), ya que tienen la habilidad de competir dependiendo en ambientes no perturbados, y, aunque se desarrollan lentamente, viven más tiempo, producen menos descendencia, pero tienen mayor oportunidad de establecerse en nuevos y variados ambientes (Cepero et al., 2012).

Con respecto a la disponibilidad y preferencia de sustrato, los hongos saprobios con frecuencia se encuentran restringidos a determinado tamaño o tipo (Lodge, 1996). En esta investigación se encontró que en el Parque Ecológico Senderos de Alux especies como *Brachysporiella* sp., *Chloridium* sp., *Craspedodidymum* sp., *Septotrullula* sp., *S. atra*, *Subramaniomyces* sp., y *V. nigra* mostraron preferencia solamente por ramitas de *Quercus* sp., mientras que exclusivamente en hojas se encontraron tanto *B. querna* como *B. rhombica*. Por otra parte, en semillas no hubo exclusividad sin embargo, solo especies de *Helicosporium*, *C. pleuroconidiophorum*, *Sporidesmium* sp., y *T. nivea* se observaron en dicho sustrato. De igual forma en el Astillero Municipal de Tecpán, *Chloridium* sp., *C. ochraceum*, *C. guadalcanalensis*, *Dictyochaetopsis* sp., y *S. scopiformis* presentaron preferencia por ramitas de *Quercus* sp., en tanto que solamente *B. querna* la mostró por las hojas. Por otra parte, *C. pleuroconidiophorum*, dos especies de *Helicosporium* y *T. nivea* presentaron preferencia por las semillas.

De lo anterior puede inferirse que las ramitas y las hojas presentan comunidades fúngicas integradas por una mayor cantidad de especies encargadas de degradarlas, lo cual a su vez está relacionado con la abundancia de dichos sustratos en los bosques, mientras que las semillas son el sustrato que presenta mayor especificidad ya que son pocas las especies que se encargan de su degradación. En general, la preferencia de sustrato en los hongos saprobios se ha relacionado con la heterogeneidad espacial de las comunidades fúngicas, lo cual a su vez contribuye con la degradación de la materia vegetal (Lodge & Cantrell, 1995).

En este estudio no puede hacerse mención de la especificidad de hospedero debido a que la hojarasca evaluada procedió de especies de *Quercus* en ambos sitios de muestreo. Sin embargo, se sabe que dicha especificidad está relacionada con características físicas y químicas de la hojarasca y la heterogeneidad de la misma incrementa la diversidad de hongos saprobios (Lodge, 1996). Por lo anterior se recomienda realizar más estudios de diversidad de hongos anamorfos, conidiales o asexuales en ambientes con comunidades forestales heterogéneas (bosques tropicales lluviosos y bosques nubosos, entre otros), para documentar una mayor cantidad de especies para el país.

Con respecto a los aislamientos de los hongos anamorfos se lograron documentar una cantidad considerable de cepas. Además se observaron ciertas limitaciones en cuanto a los métodos de aislamiento. Dichas dificultades también se han hecho ver en otros estudios ya que muchos hongos no esporulan una vez establecidos en los cultivos, por lo tanto, el uso de métodos de identificación clásicos es imposible (Bills & Polishook, 1994; Polishook et al., 1996). Además, la gran cantidad de aislamientos obtenidos presenta obstáculos para la identificación, y por lo tanto es difícil de caracterizar todas las especies sin ayuda taxonómica especializada. Adicionalmente, existe poca literatura disponible para los bosques neotropicales lo cual dificulta aún más la identificación (Bills & Polishook, 1994).

Es de hacer mención que solamente alrededor de 15 especies observadas en los sustratos fueron recuperadas y plenamente identificadas correspondieron a las mismas. Lo anterior plantea un problema debido a que aparentemente hay poca concordancia entre lo observado en los sustratos y lo que se aísla en medios de cultivo, lo cual indica más bien que ambos métodos son complementarios y contribuyen a establecer un inventario más completo de los hongos anamorfos que se desarrollan en un sustrato determinado. Al respecto, otros estudios han indicado que la utilización de diferentes métodos de aislamiento previene que se pierdan especies (es decir que no se logren observar o aislar) lo cual a su vez evita la subestimación de la diversidad total de hongos en un sitio (Polishook et al., 1996).

Por lo tanto, se ha recomendado que para elaborar un inventario completo de los hongos anamorfos de la hojarasca, los estudios deben considerar diversos métodos de aislamiento y observación, debido a que pocas técnicas funcionan bien para determinar la riqueza de especies en grupos muy diversos de organismos, como lo son los hongos (Lodge & Cantrell, 1995; Polishook et al., 1996).

En conclusión, debido a que los hongos contribuyen a la dinámica de los ecosistemas y desempeñan un papel esencial en su desarrollo, estabilidad y función, se deben realizar estudios con la finalidad de comprender la actividad espacial y temporal de los hongos en un sistema ecológico, lo cual es muy necesario y de suma importancia para evaluar su papel en el funcionamiento de los mismos particularmente frente al cambio climático global y la alteración humana de los ambientes naturales (Cepero et al., 2012; Devi et al., 2012).

Finalmente, se debe agregar que el estudio de la diversidad fúngica, en particular de los hongos anamorfos ha recibido especial atención debido al potencial biotecnológico de dichos hongos ya que tiene aplicaciones en diversos campos tales como la producción de antibióticos y enzimas, el procesamiento de alimentos y la producción de papel, sin pasar por alto su utilidad en biorremediación y descontaminación (Parungao et al., 2002). Por lo anterior se deben hacer esfuerzos para realizar tamizajes de los compuestos producidos por dichos hongos con la finalidad de obtener nuevos productos, los cuales puedan ser utilizados en beneficio de la humanidad.

## VIII. Conclusiones

La riqueza específica fue de 37 especies, 27 especies para el Parque Ecológico Senderos de Alux y 20 especies para el Astillero Municipal de Tecpán.

En el Parque Ecológico Senderos de Alux que *Brachysporiella* sp., *Craspedodidymum* sp. y *Penicillium* sp. se relacionan con la humedad del ambiente y apertura de dosel, *Hyphodiscosia jaipurensis*, *Chloridium* sp., *Beltrania querna* y *Virgaria nigra* con la humedad de la hojarasca y del ambiente, *Stachybotryna* sp., *Septotrullula* sp., *Spadicoides atra*, *Mariannaea* sp., *Beltrania rhombica* con el pH y la temperatura del ambiente, *Zanclospora brevispora*, *Subramaniomyces* sp., *Wiesneriomyces laurinus* con la profundidad de la hojarasca, *Chaetopsina splendida* por la temperatura ambiente y el resto de especies son afectadas por igual por todos los factores.

En el Astillero Municipal de Tecpán *Chromelosporium ochraceum* es afectado mayoritariamente por la apertura de dosel, *Beltrania querna* y *Phialocephala humicola* por la humedad del ambiente, *Chloridium* sp., por la humedad de la hojarasca, *Stachybotryna* sp., *Speiopsis scopiformis*, *Mariannaea* sp., *Cryptophiale guadalcanalensis* y *Mariannaea elegans* por el pH, *Dictyochaetopsis* sp., *Hyphodiscosia jaipurensis* por la profundidad de la hojarasca, *Ellisembia* sp. por la temperatura del microambiente y las demás especies son afectadas por igual por todas las variables.

Se aislaron 57 especies de hongos anamorfos *Beltrania querna*, *Beltrania rhombica*, *Brachysporiella* sp., *Chaetopsina splendida*, *Chloridium* sp., *Helicosporium* sp. (1), *Phialocephala humicola*, *Pleurothecium* sp., *Thozetella nivea*, *Thozetella cubensis*, *Stachybotryna* sp., *Virgaria nigra*, *Zanclospora brevispora*, *Chromelosporium ochraceum* en cultivo axénico, 15 no fructificaron en los medios de cultivo propuestos y 28 fueron aislados por la técnica de dilución.

## IX. Referencias

- Alexopoulos, C., Mims, C., & Blackwell, M. (1996). *Introductory mycology*. (4<sup>th</sup> Ed.). New York: John Wiley and Sons.
- Bills, G., & Polishook, J. (1994). Abundance and diversity of microfungi in leaf litter of a low land rain forest in Costa Rica. *Mycologia*, 86(2), 187–198.
- Bissett, J., & Parkinson, D. (1979). Fungal community structure in some alpine soils. *Canadian Journal of Botany*, 57(15), 1630-1641.
- Castañeda, R. F. (2005). Metodología en el estudio de los hongos anamorfos. En D. Anais. V *Congreso Latino Americano de Micología*. (pp.182-183). Brasilia.
- Castañeda-Ruiz, R., Heredia, G., Guzmão, L. & Li, D. (2016). Fungal diversity of Central and South America. (pp. 196-217). In D. Li (Ed.). *Biology of microfungi, Fungal Biology*. Basel: Springer.
- Cepero, M., Restrepo, S., Franco-Molano, A., Cardenas, M., & Vargas, N. (2012). *Biología de hongos*. Bogotá: Editorial Uniandes.
- Cotes, A., Barrero, L., Rodríguez, F., Zuluaga, M., & Arévalo, H. (2012). Bioprospección para el desarrollo del sector agropecuario de Colombia. Bogotá: Corpoica.
- De Hoog, G., & Guarro, J. (1995). *Atlas of Clinical Fungi*. Baarn: Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Demain, A. & Davies, J. (1999). *Manual of industrial microbiology & biotechnology*. (2nd Ed). Washington, D.C.: ASM Press
- Devi, L., Khaund, P., Nongkhaw, F. & Joshi, S. (2012). Diversity of culturable soil micro-fungi along altitudinal gradients of eastern Himalayas. *Microbiology*, 40(3), 151-158.
- Dickinson, C., & Pugh, G. (1974). *Biology of plant litter decomposition*. London: Academic Press.
- Dighton, J. (1995). Nutrient cycling in different terrestrial ecosystems in relation to fungi. *Canadian Journal of Botany*, 73, 1349–1360.
- Dighton, J. (2003). *Fungi in ecosystem processes*. New York: Marcel Dekker.
- Dix, N., & Webster, J. (1995). *Fungal Ecology*. London: Chapman y Hall.
- Ellis, M. (1976). *Dematiaceus hyphomycetes*. Surrey. Commonwealth Mycological Institute.
- Esser, K., Kubicek, C., & Druzhinina, I. (2007). *The Mycota IV: Environmental and microbial relationships*. (2<sup>nd</sup> Ed.). Viena: Springer.

- Figueroa, R., Bran, M., Morales, O., & Castañeda, R. (2016). Nuevos registros de hongos anamórficos para Guatemala. *Revista Científica*, 26(1), 40-50.
- Fuentes, B. (2007). Situación actual de los recursos naturales en la parte alta de la cuenca del río Xayá, del municipio de Tecpán Guatemala. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Gamboa, M., & García, R. (2008). Potencial biológico y creatividad química de hongos microscópicos del trópico americano. (pp. 251-272). En G. Heredia (Ed.). *Tópicos sobre diversidad, ecología y biotecnología de los hongos microscópicos*. Veracruz: Prograf.
- Godeas, A., Fracchia, S., Scervino J., & Rodríguez, M. (2008). Interacciones en el suelo. (pp. 147-160). En G. Heredia (Ed.). *Tópicos sobre diversidad, ecología y biotecnología de los hongos microscópicos*. Veracruz: Prograf.
- Heal, W., Anderson, M., & Swift, M. (1997). Plant litter quality and decomposition: an historical overview. (pp. 3-30). In G. Cadisch & K. Giller (Eds.). *Driven by nature: plant litter quality and decomposition*. Wallingford: CABI.
- Heredia, G., Castañeda, R. F., Becerra C., & Arias, R. (2006). Contribución al conocimiento de los hongos anamorfos saprobios del Estado de Tabasco. *Revista Mexicana de Micología*, 23, 53-62.
- Heredia, G., Mena, J., Mercado, A., & Gómez, M. (2013). Nuevos registros de hongos anamorfos tropicales asociados a restos vegetales para México. *Revista Mexicana de Micología*, 37, 69-81.
- Heredia, G., Mena-Portales, J., & Mercado-Sierra, A. (1997). Hyphomycetes saprobios tropicales. Nuevos registros de dematiáceos para Mexico. *Revista del Jardín Botánico*, 13, 41-51.
- Jensen, V. (1974). Decomposition of angiosperm tree leaf litter. (pp. 69-104). In C. Dickinson & G. Pugh (Eds.). *Biology of plant litter decomposition I*. London: Academic Press.
- Kirk, P., Cannon, P., Minter, D., & Stalpers, J. (2008). *Dictionary of the Fungi*. (10<sup>th</sup> Ed.). London: CABI.
- Li, D., & Kendrick, B. (1995). A year-round study on functional relationships of airborne fungi with meteorological factors. *International Journal of Biometeorology*, 39, 74-80.
- Lodge, D. (1996). Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests. *Biodiversity and Conservation*, 6, 681-688.

- Lodge, J. & Cantrell, S. (1995). Fungal communities in wet tropical forests: variation in time and space. *Canadian Journal of Botany*, 73(1), 1391–1398.
- Ludwig, J. & Reynolds, J. (1988). *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. New York: John Wiley & Sons.
- Matsushima, T. (1971). *Microfungi of the Solomon islands and Papua-New Guinea*. Published by the author. Kobe.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y Tesis.
- Morris, S., & G. Phillip. (2005). Linking function between scale of resolution. (pp. 13-26) In J. Dighton, J. White & P. Oudemans (Eds.). *The fungal community: its organization in the ecosystem*. (3<sup>th</sup> ed.). Boca Ratón: CRC Press.
- Parungao, M., Fryar, S., & Hyde, K. (2002). Diversity of fungi on rainforest litter in North Queensland, Australia. *Biodiversity and Conservation*, 11, 1185-1194.
- Pascholati, L. Rodrigues, F., & Fernandes, F. (2006). Fungos Conidiais. (pp. 161-201). In A. Giuletti & L. Peganucci (Eds.). *Diversidade e caracterização dos fungos do semi-árido Brasileiro* Recife: Imsear.
- Pelzcar, M., Chan, E., & Krieg, N. (1986). *Microbiology*. (5ta Ed.). New York: McGraw-Hill
- Polak, E., Hermann, R., Kües, U., & Aebi, M. (1997). Asexual sporulation in *Coprinus cinereus*: structure and development of conidiophores and conidia in an Amut Bmut homokaryon. *Fungal Genetics and Biology*, 22(2), 112–126.
- Polishook, J., Bills, G. & Lodge, D. (1996). Microfungi from decaying leaves of two rain forest trees in Puerto Rico. *Journal of Industrial Microbiology*, 17, 284-294.
- Robles, E. (2013). Parque Ecológico Senderos de Alux. Guatemala. Recuperado de: [http://www.deguate.com/artman/publish/turismo\\_visitarcolonial/parque-ecologico-senderos-de-alux.shtml](http://www.deguate.com/artman/publish/turismo_visitarcolonial/parque-ecologico-senderos-de-alux.shtml)
- Rodríguez, A., Falcon, M., Carnicero, A., Perestelo, F., De La Fuente, G., & Trojanowski, J. (1996). Laccase activities of *Penicillium chrysogenum* in relation to lignin degradation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 45, 399-403.
- Seifert, K., Morgan-Jones, G., Gams, W., & Kendrick, B. (2011). *The genera of Hyphomycetes*. Hong Kong: APS press.

- Sharma, G., Pandey, R., & Singh, M. (2011). Microfungi associated with surface soil and decaying leaf litter of *Quercus serrata* in a subtropical natural oak forest and managed plantation in Northeastern India. *African Journal of Microbiology Research*, 5(7), 777-787.
- Stchigel, A., & Cano, J. (2008). Estado actual del conocimiento de los hongos ascomicetos del suelo en España. En Heredia, G. *Tópicos sobre diversidad, ecología y biotecnología de los hongos microscópicos*. (pp. 65-78). Veracruz: Prograf.
- Sussman, A. (1981). Environmental controls: ecological aspects discussant's introduction. . (pp. 377-384). In G. Turian & H. Hohl (Eds.). *The fungal spore morphogenetic controls* London: Academic Press.
- Ulloa, M., & Hanlin, R. (1978). *Atlas de Micología básica*. México: Concepto.
- Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to Fungi*. (3<sup>rd</sup> Ed.). England: Cambridge University Press.

## X. Apéndice

### Apéndice 1. Licencia del parque Ecológico Senderos de Alux

CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS  
**CONAP**  
PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA  
GUATEMALA, C. A.      Nº 00523 -B

**LICENCIA DE INVESTIGACION**

No. 295/2017

Nombre: Maria del Carmen Bran Gonzalez      No. Reg. I-13-001  
Nacionalidad: Guatemalteca      Identificación: DPI: 1830 73029 0101  
Institución: Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC  
Si existe contrato administrativo que ampara esta Licencia, especificar referencia: \_\_\_\_\_

Título de la Investigación: Diversidad y Bioprospección de Hongos Anamorfos en Guatemala (Fase I):  
Taxonomía, Ecología y Aislamiento en Dos Localidades del País

Institución nacional que avala la investigación: \_\_\_\_\_  
Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Nombre e identificación de otros investigadores participantes:

1. Osberth Isaac Morales Esquivel (DPI: 1935 82902 0406)
2. Ricardo Andres Figueroa Ceballos (DPI: 2146 12937 0101)
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_

Fecha de Emisión: Guatemala, 22 de diciembre de 2017  
Fecha de Vencimiento: 22 de diciembre del 2018

  
Firma Secretario Ejecutivo o Delegado de CONAP

  
Firma de Recibido

**RESOLUCIÓN 295/2017**  
**DIRECCIÓN REGIONAL METROPOLITANA**  
**CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS**  
**-CONAP-**

Guatemala, dieciocho de octubre del año 2017

Se tiene a la vista para resolver la solicitud de licencia de investigación y colecta presentada por la licenciada María del Carmen Bran Gonzalez, para el desarrollo del proyecto denominado "Diversidad y Bioprospección de Hongos Anamorfos en Guatemala (Fase I): Taxonomía, ecología y Ambiente en dos localidades de pais".

**CONSIDERANDO:**

Que de conformidad con el artículo 75 de la Ley de Áreas Protegidas es función del CONAP establecer los registros que a su juicio considere necesarios y que propendan a la conservación, aprovechamiento racional y buena administración de los recursos de vida silvestre y áreas protegidas

**CONSIDERANDO:**

Que se han cumplido con los requisitos previstos en el Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas, en el que se establece la normativa para las investigaciones y su inscripción en el libro de registro de investigadores; y que ha sido objeto de evaluación por: a) Departamento de Vida Silvestre, en Dictamen No. 349-17/CVFH nfrp de fecha 10 de octubre de 2017; b) Departamento Jurídico en Dictamen Jurídico No. 295/2017 de fecha 13 de octubre de 2017; en donde se declara PROCEDENTE el proyecto, todos emitidos por la Dirección Regional Metropolitana del CONAP.

**CONSIDERANDO:**

Que de conformidad con la resolución número cero cuatro guión cero tres guión dos mil quince (04-03-2015), de 10 diez de febrero del año 2015, emitida por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, el Director de la Dirección Regional Metropolitana está facultado para resolver los procedimientos de inscripción de Investigadores e Investigaciones y la autorización de licencias de Investigación.

**POR TANTO:**

Con base en lo establecido en los artículos 33, 35, 47, 52, 56, 75 inciso c) y 76 de la Ley de Áreas Protegidas, Decreto Número 4-89 del Congreso de la República y sus Reformas; y en el artículo 26 del Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas, Acuerdo Gubernativo 759-90 de la Presidencia de la República y Resolución No. 04-03-2015 del Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP–.

**LA DIRECTORA DE LA DIRECCIÓN REGIONAL METROPOLITANA**

**RESUELVE:**

- I. Autorizar la emisión de licencia de investigación a licenciada María del Carmen Bran Gonzalez, para el desarrollo del proyecto denominado "**Diversidad y Bioprospección de Hongos Anamorfo en Guatemala (Fase I): Taxonomía, ecología y Aislamiento en dos localidades del país**", únicamente en la Fase I, ya que para las demás fases deberá solicitar una nueva licencia de investigación en la cual deberá realizarse el análisis correspondiente tal y como si se tratase de una nueva investigación.
- II. Ampliar el registro de inscripción de la investigadora **María del Carmen Bran Gonzalez** inscrita en el Registro de Investigadores bajo el número I-13-001, ya que será la investigadora a cargo de esta investigación denominada "Diversidad y Bioprospección de Hongos Anamorfo en Guatemala (Fase I): Taxonomía, ecología y Aislamiento en dos localidades del país".
- III. La licencia de investigación y colecta tendrá vigencia de un año, contado a partir de la fecha de emisión de las mismas, debiendo presentar un informe trimestral de los avances del proyecto a desarrollar, la licencia de colecta de esta Regional solo avala recolectar en el Parque Ecológico Senderos de Alux de San Lucas Sacatepéquez.
- IV. Que una vez culminada la colecta de las muestras autorizadas en el numeral II de la parte resolutive de la presente resolución, los investigadores deberán entregar el material colectado a la Micoteca Rubén Mayorga Peralta (MICG) del Departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La cual se encuentran inscrita ante el CONAP a través del Registro de colección de vida silvestre número C-002-98. La cual es la idónea para los hongos que se colectarán y que reúne todos los requisitos técnicos, legales y el recurso humano capacitado para la manipulación, cuidado y resguardo del material colectado durante la investigación.



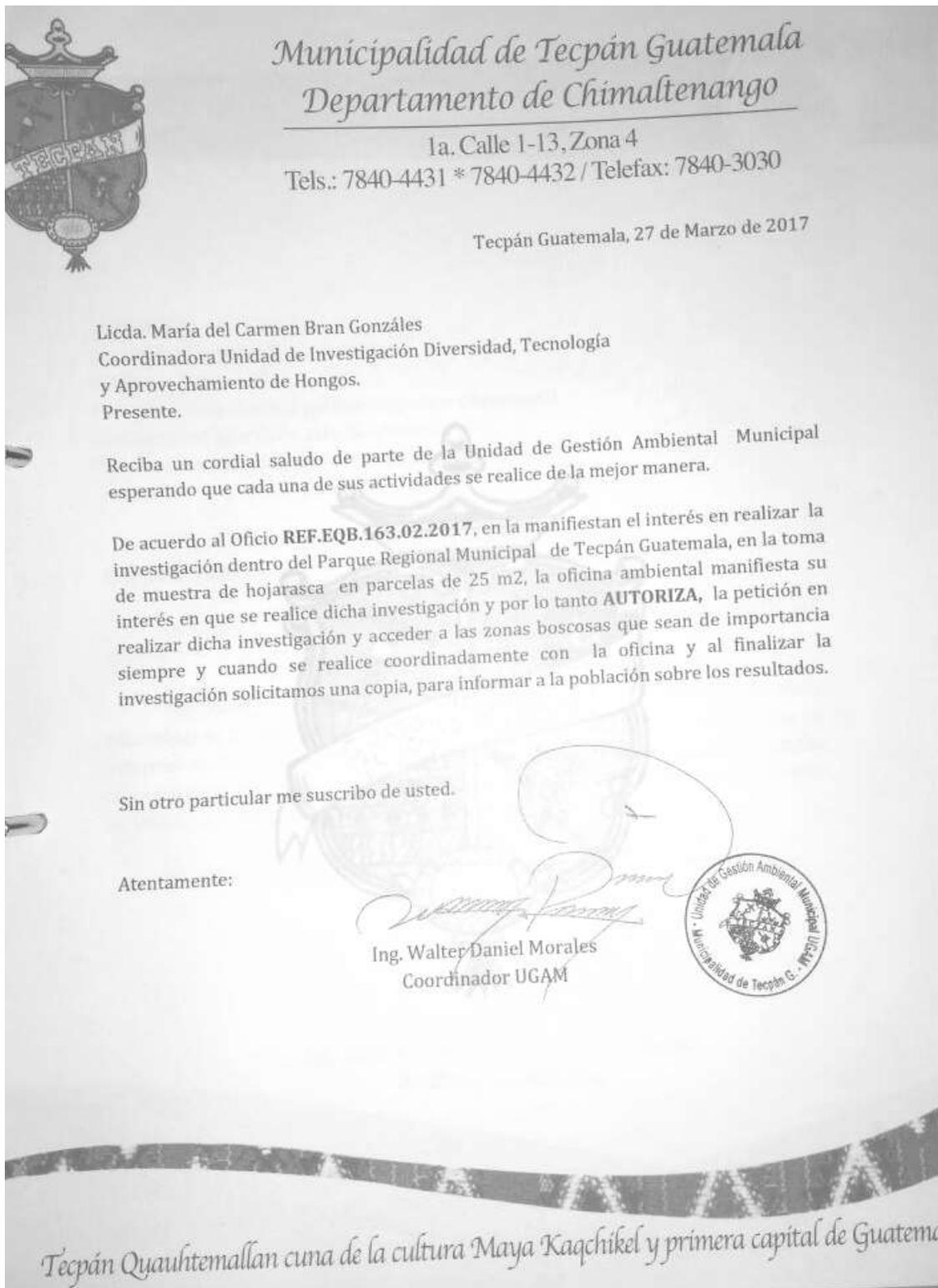
No. 1000-14-1450  
 10/05/2014  
 Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
 Dirección Regional de Altiplano Central  
 Tegucigalpa, D.R.

- V. Para las colectas a realizar en el área del Astillero Municipal de Tecpán, Chimaltenango solicita a la Dirección Regional de Altiplano Central emita la opinión que correspondiente. Traslado copia certificada de expediente a dicha Dirección.
- VI. La investigadora María del Carmen Bran González deberá cumplir y observar todas las disposiciones legales y lineamientos establecidos en la Ley de Áreas Protegidas y su Reglamento, en particular con las condiciones mínimas establecidas en el artículo 28 del Reglamento de la Ley de Áreas Protegidas, Acuerdo Gubernativo 759-90.
- VII. La investigadora queda obligada a depositar en la Secretaría Ejecutiva del CONAP tres copias del trabajo realizado, inmediatamente después de ser publicado. En caso que el original no este escrito en idioma español deberá adjuntarse una traducción a este idioma.
- VIII. Si los resultados de la investigación fueran susceptibles de ser patentados y/o comercializados, los derechos y beneficios serán compartidos con EL CONAP, de conformidad con lo dispuesto en el contrato que se suscribirá para tal fin, y en ningún caso serán menores al cincuenta por ciento (50%) de las regalías netas que resulten de la explotación comercial de los resultados de la investigación que por el presente medio se autoriza.
- IX. Notifíquese.

  
 Srta. Constanza Franco Hurtado  
 Directora  
 Dirección Regional de Altiplano Central  
 Consejo Nacional de Áreas Protegidas



Apéndice 2. Autorización de colecta Astillero Municipal de Tecpán-Guatemala, Chimaltenango



Apéndice 3. Calendario y trifoliar para la divulgación del proyecto de investigación

Primera página del calendario sobre hongos anamorfos



Trifoliar sobre hongos anamorfos

**¿QUE SON Y PARA QUE SIRVEN LOS HONGOS ANAMORFOS?**

**TAXONOMÍA**

Se llevó a cabo la búsqueda de géneros y especies en el Astillero Municipal de Tecpan-Guatemala, Chimatzenango y el Parque Ecológico Senderos de Alux, Sacatepequez.

**ECOLOGÍA**

Se asociaron las especies con variables ambientales, humedad, temperatura, profundidad de la hojarasca.

**AISLAMIENTO**

Se obtuvieron cultivos puros de hongos anamorfos para su posterior análisis en cuanto a producción de metabolitos de interés.

**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN  
PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO INDUSTRIAL  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**Hongos Anamorfos**

## HONGOS ANAMÓRFOS O HIFOMICETOS

Son un grupo de hongos microscópicos que poseen una amplia capacidad de adaptación y pueden desarrollarse sobre materia orgánica. Se propagan por la producción de conidios los cuales son diseminados principalmente por el viento y el agua.

Estos hongos juegan un papel descomponedor debido a que transforman la materia orgánica en sustancias más simples y asimilables para otros seres vivos.

## IMPORTANCIA DE LOS HONGOS ANAMÓRFOS

Los hongos anamórfos han jugado un papel de importancia en la medicina y la industria. La era de los antibióticos inició con el descubrimiento de la penicilina a partir del hongo anamórfico *Penicillium notatum*. Asimismo, los hongos anamórfos han sido utilizados en la producción de enzimas, vitaminas, polisacáridos, alcoholes y pigmentos.

## IDENTIFICACIÓN

El estudio taxonómico corresponde al primer paso en la investigación de estos microorganismos. Durante esta fase se identifican los hongos presentes y se aislan en cultivo puro.

## PRODUCCIÓN DE COMPUESTOS DE INTERÉS

Las especies identificadas y aisladas pueden ser utilizadas para la producción de compuestos de interés principalmente antibióticos y enzimas.



## **XI. Actividades de gestión, vinculación y divulgación**

### **A. GESTION:**

#### **Administrativas:**

**Gestiones** ante la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia para el nombramiento de la coordinación del proyecto y de investigador titular no asalariado: Licda María del Carmen Bran y Lic. Osberth Morales, respectivamente.

**Gestión** ante la Dirección General de Investigación (DIGI) para el reconocimiento del Coordinador del Proyecto.

**Gestiones** ante la DIGI para el nombramiento del Lic. Ricardo Andrés Figueroa Ceballos.

**Gestión** para el préstamo de vehículo para transporte en giras de campo ante el Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y la Dirección General de Servicios de la Universidad.

No se contó con vehículo para la ejecución de los muestreos de campo. Para ello se utilizaron vehículos particulares, por lo que el presupuesto para gasolina fue aportado por la coordinadora y los investigadores participantes.

**Redacción**, presentación y aprobación de una propuesta de evaluación terminal en la modalidad de proyecto de investigación relacionada con cinética de crecimiento de hongos anamorfos en cultivo puro, para incluir a un estudiante de la carrera de Química Biológica.

#### **Licencias de Muestreos en áreas protegidas:**

**Gestiones** de solicitudes de permiso para muestreos en áreas protegidas de acuerdo a instrucciones de Conap:

## **En Municipalidades:**

**Redacción** y entrega de oficio para solicitud de permiso de muestreo en el “Parque ecológico senderos de Alux”, en la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez.

Se cuenta con la resolución de aprobación de permiso de muestreo de la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez (Apéndice 1)

Redacción y entrega de oficio para solicitud de permiso de muestreo en el “Astillero Municipal de Tecpán, Guatemala, Chimaltenango”, en la Municipalidad de la localidad que se enuncia.

Se cuenta con la resolución de aprobación de permiso de muestreo de la Municipalidad de Tecpán, Guatemala (Apéndice 2)

## **Trámite en el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap), para la obtención de las Licencias de muestreo:**

### **Autorización de Muestreos en áreas Protegidas:**

Una vez que se obtuvieron los permisos de muestreo en las Municipalidades antes indicadas se procedió a reunir la documentación requerida por Consejo Nacional de áreas Protegidas (Conap), así como llenar los formularios con la información solicitada y se entregó en la Unidad ubicada en la Colonia, Molino de las Flores, Mixco, para el trámite de la autorización de licencia de muestreo en las dos localidades por parte de dicha entidad.

Actualmente se cuenta con la resolución de DRM No. 295/2017 de fecha 18 de octubre de 2017 de Conap, en la que se avala la emisión de Licencia de colecta para el Parque Ecológico Senderos de Alux (Apéndice 1).

Se cuenta con la Licencia para la ejecución de la investigación en la localidad indicada, así como con el permiso de colecta emitidos por Conap.

A la fecha se espera la resolución por parte del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, sección Altiplano Central ubicada en el departamento de Sololá, así como de las licencias correspondientes para “El Astillero Municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango”. Según información Conap envió en providencia a la unidad indicada el oficio con fecha 12 de diciembre de 2017.

### **Donaciones:**

**Gestión** y donación efectiva ante Alimentos S.A. de 500 cajas de Petri de vidrio.

**Gestión** y donación efectiva de Visión Integral de instrumentos desechables para extraer estructuras conidiales de muestras *in situ*.

**Gestión** y donación efectiva ante la Jefatura del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

de Glucosa <sup>G.R.</sup> Agar-Agar, Agar Papa Glucosa.

**Gestión** y donación efectiva ante la Dra. Megan Romberg, profesora del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, unidad de Patología Vegetal (USDA-APHIS), del libro “Dematiaceous Hyphomycetes” de referencia para la clasificación taxonómica de hongos anamorfos.

### **Visita académica:**

**Gestión** de compra del pasaje de avión, ida y vuelta (Habana-Cuba, Panamá, Guatemala), para la visita académica del Dr. Rafael Castañeda Ruíz de la International Society for Fungal Conservation, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, “Alejandro de Humbolt”, La Habana, Cuba, especialista a nivel mundial en hongos anamorfos; para una visita académica a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **Otras:**

**Gestión** de solicitud de reactivos y cajas de Petri desechables al Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

## **ACTIVIDADES DE VINCULACIÓN:**

**Invitación** al Dr. Rafael Castañeda Ruíz de la International Society for Fungal Conservation, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, “Alejandro de Humbolt”, La Habana, Cuba, especialista a nivel mundial en hongos anamorfos; para una visita académica a la Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Biológica, Departamento de Microbiología, Unidad de Diversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos.

**La visita académica** y acompañamiento del Dr. Castañeda, en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Química Biológica, Departamento de Microbiología, Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos, se llevó a cabo del 26 de noviembre al 3 de diciembre de 2017, para apoyar como asesor en la recuperación e identificación de hongos anamorfos, y en general para presidir una jornada de conservación de la diversidad fúngica, como miembro del Consejo de la International Society for Fungal Conservation.

Los logros para el proyecto, como consecuencia de la participación del Dr. Castañeda fueron confirmación de géneros y especies recuperados de la hojarasca, así como identificación de géneros y especies que no se habían logrado identificar, recomendación de técnicas fructificación, redacción de un manuscrito para fines de publicación de una nueva especie a nivel mundial, entre otras.

El Dr. Castañeda además, como parte de las actividades de vinculación y divulgación del proyecto impartió a la comunidad científica facultativa la conferencia “Taxonomía de los hongos asexuales o conidiales, actualidad, cambios en nomenclatura e impacto de las técnicas moleculares”, el 29 de noviembre de 2017.

Por otro lado los miembros investigadores del proyecto así como tesistas involucrados, participaron de la jornada de Conservación de la Diversidad Fúngica, realizada del 26 de noviembre al 3 de diciembre en curso.

El pasaje de avión, hospedaje y alimentación así como viáticos personales del Dr. Castañeda fueron financiados de los incentivos de investigación otorgados en concurso, por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a la Licda. María del Carmen Bran, coordinadora del proyecto, así como al MSc. Osberth Morles Esquivel, investigador asociado del mismo proyecto.

Otras instituciones que colaboraron para hacer efectiva la estancia académica del Dr. Castañeda en la Universidad fueron la “International Society for Fungal Conservation”, el “Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humbolt” y el “Grupo Agrícola”, de la Habana, Cuba.

Cabe indicar que en audiencia concedida por el Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia al Dr. Castañeda, se tocaron temas relacionados con la importancia de los hongos conidiales, así como sus alcances no solo para la diversidad fúngica, sino también como potencial biotecnológico, así como los nexos del Dr. Castañeda como experto en hongos conidiales a nivel mundial.

Con el Dr. David W. Minter del International Mycological Institute (CABI), United Kingdom, al cual se le envió el manuscrito antes indicado para su revisión y crítica al igual que al Dr. Xiu-Guo Zhang de la Shandong Agricultural University, China, también al Dr. De-Wei Li de la Connecticut Agricultural Experiment Station, United States.

Presentación del proyecto y resultados preliminares a la Dra. Megan Romberg, profesora de la USDA-APHIS, la cual en visita académica de diagnóstico impartió el curso “Prevención de enfermedades en *Ceiba pentandra*”, dirigido a Biólogos, Agrónomos, Químicos Biólogos y otros profesionales relacionados con los hongos. Organizado por la Facultad de Ciencias Químicas y

Farmacia, la Facultad de Agronomía y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA.

La Dra. en visita académica a los laboratorios de Micología y en conversación sostenida con los miembros investigadores del proyecto dio recomendaciones con relación a la observación e incubación de los hongos anamorfos, así como se comprometió a tramitar, y a la donación del Libro “Dematiaceous Hyphomycetes” de referencia para la clasificación taxonómica de hongos anamorfos. El libro fue enviado por la Dra, y se ha utilizado como apoyo para la identificación de los hongos anamorfos del proyecto. La presentación del proyecto y resultados preliminares se llevó a cabo el 20 de julio de 2017. La visita académica a los laboratorios del Departamento de Microbiología fue el día 21 de julio del mismo año.

Gestión de Presentación del proyecto de investigación a la Dra. Concepción Toriello, Jefa del Laboratorio de Micología Básica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en visita académica en el Departamento de Microbiología. Se contó con asesoría técnica de parte de la Dra. Toriello, en el marco de la actividad de CONCYT, de encuentro de científicos guatemaltecos con fecha 27 de julio de 2017.

Donación de una cepa de *Aspergillus niger* al departamento de Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales, de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, El Salvador a solicitud de la Dra. María Dolores Rovira.

Vinculación con la Licda. Gladys Elizabeth Barrios Coordinadora del Museo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para verificar el biodeterioro del “Mural Tierra fértil” por hongos anamorfos. Al respecto se realizó un estudio de los hongos antes mencionados a través de muestreos para determinar los géneros y/o especies deteriorantes, así como se dieron recomendaciones para remediar el problema.

Invitación y confirmación de la coordinadora del proyecto de la Revista Mexicana “Scientia fungorum” para formar parte del Comité Editorial.

## **DIVULGACIÓN:**

Presentación del proyecto y resultados preliminares en el curso “Prevención de enfermedades en *Ceiba pentandra*”, a la Dra. Megan Romberg, profesora del curso y a Biólogos, Agrónomos, Químicos Biólogos y otros profesionales relacionados con los hongos, asistentes al curso. Organizado por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, la Facultad de Agronomía y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA.

Presentación del proyecto de investigación a la Dra. Concepción Toriello, Jefa del Laboratorio de Micología Básica de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el marco de CONVERCIENCIA, organizado por CONCYT por intermedio de SENACYT.

## **DOCENCIAS DE DIVULGACION DEL PROYECTO:**

Conferencia “Taxonomía de los hongos asexuales o conidiales, actualidad, cambios en nomenclatura e impacto de las técnicas moleculares”, dictada por el Dr. Rafael Castañeda Ruíz el 29 de noviembre de 2017, de la International Society for Fungal Conservation, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical, “Alejandro de Humbolt”, La Habana, Cuba, especialista a nivel mundial en hongos anamorfos. Salón 2 de CALUSAC, edificio S-13, Ciudad Universitaria zona 12.

La conferencia fue dirigida a profesionales y estudiantes, así como otros invitados de la comunidad facultativa y en general universitaria.

Jornada de la Conservación de la Diversidad Fúngica, realizado del 26 de noviembre al 3 de diciembre del 2017. Presidida por el Dr. Rafael Castañeda Ruíz, a los miembros investigadores del proyecto así como a tesistas involucrados.

A estudiantes del Curso Microbiología de Sistemas Naturales del 8vo ciclo de la carrera de Química Biológica:

Docencia directa sobre hongos anamorfos, taxonomía e importancia a estudiantes del curso de Microbiología de Sistemas Naturales del octavo ciclo de la carrera de Química Biológica.

Montaje del Laboratorio sobre observación de Hongos Anamorfos *in situ* (hojarasca) a estudiantes del curso de Microbiología de Sistemas Naturales del octavo ciclo de la carrera de Química Biológica.

Conferencia “Taxonomía de los hongos asexuales o conidiales, actualidad, cambios en nomenclatura e impacto de las técnicas moleculares”, impartida por el Dr. Rafael Castañeda Ruíz, el 29 de noviembre de 2017.

### **Simposium, congresos y otros medios de divulgación:**

Para la divulgación de los resultados de la investigación a nivel nacional se organizará en el 2018, un “Simposium sobre Hongos Anamorfos en Guatemala, su importancia en la conservación de medio ambiente y su potencial biotecnológico así como su importancia clínica”.

Los resultados a nivel Internacional se presentarán en el “Congreso Mundial de Micología 2018”, el cual se llevará a cabo en San Juan de Puerto Rico, del 16 de julio al 21 de julio del año indicado.

Elaboración e impresión de tríptico sobre los hongos anamorfos y su importancia (Apéndice 3)

Almanaque 2018, sobre hongos anamorfos (Apéndice 3)

### **Publicaciones de divulgación:**

Se ha elaborado un manuscrito preliminar con relación a una nueva especie de hongos conidiales, la cual está en proceso de revisión a nivel internacional, el que será sometido a la revista indexada “Mycotaxon”.

Además se está preparando un manuscrito para su publicación en una revista nacional sobre los hongos conidiales, con base a los resultados del proyecto, enfocado a ecología, por otro lado sobre nuevos registros de hongos conidiales para Guatemala, que se espera sea aceptado en una revista a nivel internacional.

#### **De apoyo a otras investigaciones:**

Verificación de estructuras microscópicas de *Volvariella*, colaboración con 40 cajas de agar papa dextrosa, asesoría técnica en ejecución del medio de cultivo y otros aspectos. Así también asesoría técnica en determinación de porcentajes de humedad.

#### **Asesoría de Tesis:**

“Estudio taxonómico de hongos anamorficos asociados a la hojarasca de un bosque nuboso del volcán Acatenango”. Estudiante Hans Ivo Roche (Química Biológica).

“Caracterización de aislamientos de hongos conidiales asociados a la hojarasca de dos localidades del centro de Guatemala”. Estudiante Edelwaiz Margarita Morataya (Química Biológica).

“Caracterización de aislamientos de hongos conidiales asociados al biodeterioro del Mural “Tierra Fértil”, del MUSAC.” Estudiante Alison Emilce Pérez Guerra (Química Biológica).

Apoyo al trabajo de tesis relacionado con hongos endófitos en hojas de mangle. Estudiante, Ángela Begonia Barrios. Palacios (Bióloga).

## XII. Orden de pago

### Listado de los integrantes del equipo de investigación

<b>Contratados por contraparte y colaboradores</b>		
<b>Nombre</b>	<b>Categoría</b>	<b>Firma</b>
Licda. Maria del Carmen Bran González	Coordinadora*	
Lic. Osberth Morales Esquivel	Investigador asociado*	
Br. Edelwaiz Margarita Morataya	Colaboradora	
Br. Hans Ivo Roche Villagrán	Colaborador	
Br. Armando Betancourth	Colaborador	

\* Desempeñaron el cargo correspondiente como parte de la carga académica en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

### Contratados por la Dirección General de Investigación

<b>Nombre</b>	<b>Categoría</b>	<b>Registro de personal</b>	<b>Pago</b>	
			<b>Si</b>	<b>No</b>
Ricardo Andres Figueroa Ceballos	Investigador	20151723	X	

<b>Nombre</b>	<b>Firma</b>
Ricardo Andres Figueroa Ceballos	

Nombre y firma coordinador de proyecto de investigación

Nombre y firma Coordinador programa universitario de Investigación

Nombre y firma Vo.Bo. Ing. Arg. MARN. Julio Rufino Salazar

Coordinador General de Programas