

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
PROGRAMA EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL INTEGRADO DE EDC  
HERBARIO BIGU  
SECCIÓN DE HONGOS  
PERÍODO DE REALIZACIÓN  
JULIO 2011 – JULIO 2012

JUAN PABLO HERRERA GARCÍA  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Licda. GABRIELA ARMAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
PROGRAMA EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE DOCENCIA Y SERVICIO  
HERBARIO BIGU  
SECCIÓN DE HONGOS  
PERÍODO DE REALIZACIÓN  
JULIO 2011 – JULIO 2012

JUAN PABLO HERRERA GARCÍA  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Licda. GABRIELA ARMAS  
ASESOR INSTITUCIONAL: Licda. ROXANDA LÓPEZ MAYORGA

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC.....	3
ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA DE EDC.....	4
ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS.....	6
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
ANEXOS.....	8

## 1. INTRODUCCIÓN

La práctica Experiencias Docentes con la Comunidad (EDC) representa un elemento fundamental en la formación profesional y desarrollo personal de los estudiantes de la carrera de Biología (Alquijay, Enríquez & Armas, 2011, p.2). El informe final de Docencia y Servicio proporciona una manera en la que se puede presentar y dejar constancia las actividades realizadas por el estudiante de EDC durante el primer semestre desde el inicio de la práctica (Alquijay, Enríquez & Armas, 2011, p.2). En este informe se presenta una descripción de las actividades, junto con sus objetivos y resultados, realizadas desde Junio hasta Noviembre y las horas que fueron ejecutadas para cada una. Las actividades destacadas durante este servicio fueron la digitalización de bases de datos, la curación de la colección de hongos colectados en la Reserva de la Biosfera la Fraternidad y la descripción microscópica de estos mismos especímenes, siendo las actividades que tuvieron asignadas una mayor cantidad de horas durante la práctica de EDC.

## 2. CUADRO RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES DE EDC

<b>Programa Universitario</b>	<b>Nombre de la actividad</b>	<b>Fecha de la actividad</b>	<b>Horas EDC ejecutadas</b>	
A. Servicio	Diagnóstico de unidad de práctica	Julio 2011	10 hrs.	
	Elaboración de plan de trabajo	Agosto 2011	10 hrs.	
	Servicio preestablecido	Documento popular de zonas de vida	Agosto 2011	20 hrs.
		Limpieza, inventario y etiquetado de aves	Agosto 2011	20 hrs.
	Digitalización de bases de datos	Septiembre- Noviembre 2011	70 hrs.	
	Curación de la colección de hongos colectados en la Reserva de la Biosfera La Fraternidad	Septiembre- Noviembre 2011	54 hrs.	
	Elaboración de guía de hongos de la familia Entolomataceae de la Reserva de la Biosfera la Fraternidad	Octubre- Noviembre 2011	40 hrs.	
B. Docencia	Descripción microscópica	Septiembre- Octubre 2011	46 hrs.	
	Seminarios	Septiembre 2011	4 hrs.	
	Colecta de hongos en el Jardín Botánico	Septiembre 2011	6 hrs.	

### 3. ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA DE EDC

#### 3.1 ACTIVIDADES DE SERVICIO

##### 3.1.1 Diagnóstico de unidad de práctica

- A) Objetivos: evaluar si la/s unidades de práctica en las que se van a trabajar presentan las condiciones adecuadas para realización de la práctica.
- B) Descripción: Se realizaron varias visitas a la Sección de Macrohongos del Herbario BIGU para hablar con Licda. Roxanda López y Licda. Maura Quezada sobre aspectos referentes a la unidad de práctica, tales como historia, visión y misión, proyectos en los que está participando, su disponibilidad y las actividades que plantea para que desempeñe el estudiante de EDC.
- C) Resultados: Se estableció que la unidad de práctica podía proporcionar las condiciones para realizar las prácticas de EDC.

##### 3.1.2 Elaboración de plan de trabajo

- A) Objetivos: Planificar las actividades de servicio y docencia que se realizarán durante la práctica de EDC.
- B) Descripción: como primer paso se delimitaron las actividades que el estudiante y su asesor institucional consideraron adecuadas, para realizarse en los primeros seis meses de la práctica. Luego se describió el procedimiento para realizar cada una de las actividades planteadas y se establecieron fechas de ejecución y horas asignadas para ejecutar cada una.
- C) Resultados: se elaboró el plan de trabajo y se le asignó una fecha y una determinada cantidad de horas a cada actividad planteada.

##### 3.1.3 Servicio preestablecido en colecciones zoológicas del MUSHNAT

###### 3.1.3.1 Limpieza, inventario y etiquetado de aves

- A) Objetivo: dar mantenimiento a los especímenes de exhibición.
- B) Descripción: se limpió el ave con una brocha para quitar el polvo, luego se le agregó una mezcla de glicerina con alcohol para eliminar hongos. Se elaboró una etiqueta con el nombre científico del ave, número de inventario, fecha de inventariado y nombre de quien ingresa el espécimen, esta etiqueta se le colocó al ave. Luego se envolvió con plástico para proteger el espécimen. Finalmente se ingresó a una base de datos en Microsoft Excel.
- C) Resultados: se les dio mantenimiento a 41 especímenes y se ingresaron en la base de datos (ver anexo 1).

### 3.1.3.2 Documento popular de zonas de vida

- A) Objetivos: elaborar un documento sobre las zonas de vida presentes en Guatemala.
- B) Descripción: se realizó una revisión bibliográfica de cada zona de vida y se toman en cuenta los siguientes aspectos: características de la zona, departamentos donde se encuentra, importancia y el uso que se le da al bosque.
- C) Resultados: apoyo en la descripción del bosque húmedo subtropical cálido y monte espinoso

### 3.1.4 Digitalización de base de datos

- A) Objetivos: alimentar la base de datos de la sección de hongos del herbario BIGU, facilitando el acceso a la información de hongos colectados
- B) Descripción: utilizando una base de datos creada en Microsoft Access, se ingresó la siguiente información: datos del área de colecta e información del proyecto, información taxonómica, fotografías, nombre del digitalizador, descripción macroscópica.
- C) Resultados: se ingresaron 55 hongos a la base de datos

### 3.1.5 Curación de la colección de hongos colectados en la Reserva de la Biosfera La Faternidad.

- A) Objetivos: Conservar e incorporar los nuevos ejemplares a la colección de macrohongos.
- B) Descripción: Se eliminaron los parásitos y otros organismos hospederos que pudieron estar presentes en los especímenes, colocándolos en bolsas o recipientes plásticos dentro de un congelador a temperaturas bajo 0°C. Luego se eliminó el exceso de agua que los especímenes obtuvieron del ambiente, secándolos por uno o dos días a una temperatura de 25°C. Finalmente se ordenan en base a su clasificación y se colocaron en el armario.
- C) Resultados: Se curaron 60 especímenes de hongos Colectados en la Reservad de la Biosfera La Fraternidad y en Acatenango.

## 3.2 ACTIVIDADES DE DOCENCIA

### 3.2.1 Descripción microscópica

- A) Objetivos: Proporcionar datos microscópicos de especímenes para su determinación.
- B) Descripción: se realizaron cortes de un espécimen, se colocaron a los extremos sobre un portaobjetos, un extremo se tiñó con KOH y otro con el reactivo de Melzer. Se cubrieron con un cubreobjetos y se observaron al microscopio. Se describieron las siguientes estructuras: esporas, basidios, cistidios y corteza.
- C) Resultados: se describieron microscópicamente 33 hongos de la colección, y se delimitaron las estructuras microscópicas necesarias para la determinación de las especies de la familia Entolomataceae (ver anexo 2).

### 3.2.2 Seminarios

- A) Objetivo: conocer diferentes temáticas y aspectos relevantes sobre la micología moderna, utilizando la lectura y análisis de artículos como herramienta principal. Fomentar el hábito de lectura. Ampliación de conocimientos sobre hongos.
- B) Procedimiento: Se escogió un artículo científico de algún tema en particular. Este se discutió con todos los miembros del equipo.
- C) Resultados: Actualización de conocimientos sobre hongos.
- D) Limitaciones: El tiempo de preparación disponible para realizar esta actividad, fue un factor limitante para su avance.

## 3.3 ACTIVIDADES NO PLANIFICADAS

### 3.3.1 Colecta de hongos en el Jardín Botánico

- A) Objetivos: practicar las técnicas de colecta utilizadas en el muestreo de hongos. Aprender a realizar descripciones macroscópicas.
- B) Descripción: Se recorrió el Jardín Botánico buscando especímenes, los cuales fueron colectados, y se les tomó los datos de campo necesarios. Luego se analizaron macroscópicamente y se realizó la descripción de cada uno.
- C) Resultados: Conocimiento sobre los instrumentos que deben utilizarse al coleccionar. Habilidad para reconocer características que se usan en la descripción macroscópica de los especímenes.

3.3.2 Elaboración de guía de hongos de la familia Entolomataceae de la Reserva de la Biosfera la Fraternidad

- A) Objetivos: Elaborar una guía que facilite la determinación de algunos especímenes de la familia Entolomataceae.
- B) Descripción: Se recopiló la información de cada ejemplar: descripción macroscópica, sitio de colecta, fecha de colecta y microscópica. Trifinio y se coloca en un documento de Word. Esta información se transcribió en un procesador de datos (Microsoft Word) y se añadió una fotografía durante la colecta. Este documento se editó y revisó para su impresión correspondiente (ver anexo 3).
- C) Resultados: Se incluyeron 19 morfoespecies con sus datos pertinentes.
- D) Limitaciones: No todos los especímenes tenían una foto que pudiera ser añadida al documento.

#### 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

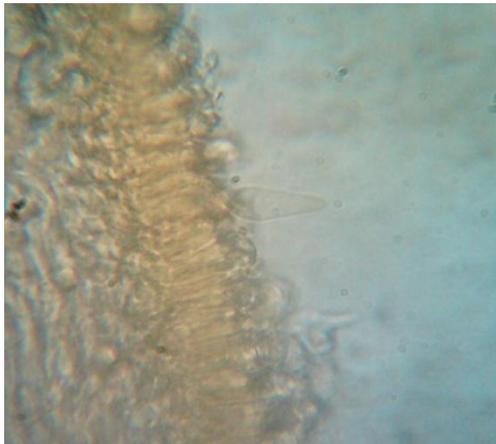
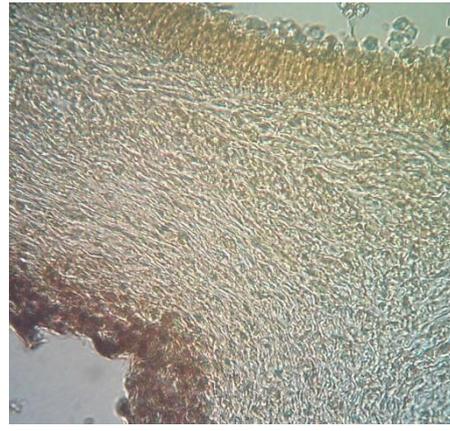
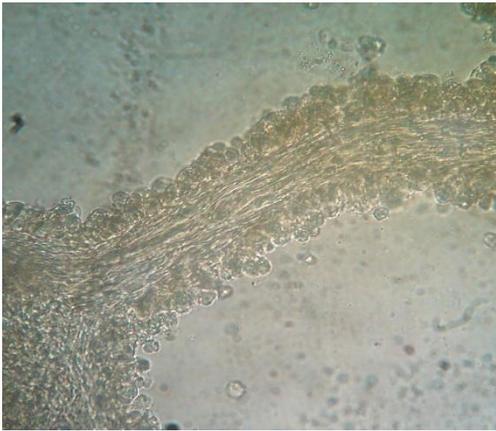
- Alquijay, B., Enríquez, E., Armas, G. (2011). *Guía para la elaboración del informe final de docencia, servicio e investigación*. -EDC- Biología.
- Alquijay, B., Enríquez, E., Armas, G. (2011). *Programa Analítico: Práctica Experiencias Docentes con la Comunidad –EDC- Biología*.

## 5 ANEXOS

### Anexo 1. Limpieza, inventario y etiquetado de aves del Museo de Historia Natural.



### Anexo 2. Cortes de hongos basidiomicetos.



**Anexo 3.** Guía de hongos entolomatáceos del Trifinio  
Universidas San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Escuela de Biología  
Departamento de Botánica

**Guía de Morfoespecies Para Hongos de la Familia  
Entolomataceae de La Reserva de La Biosfera La Fraternidad**

Realizado por: Juan Pablo Herrera García  
Durante su práctica de Experiencias Docentes hacia la Comunidad

de biología en el período de Julio 2011 a Julio 2012

## *Alboleptonia 1*



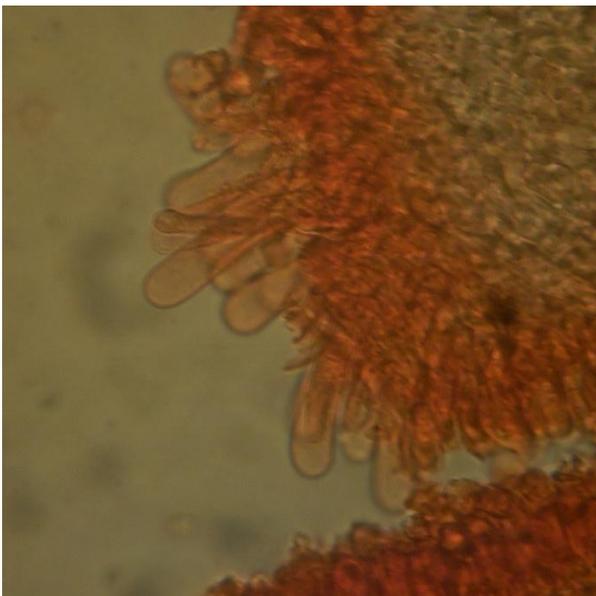
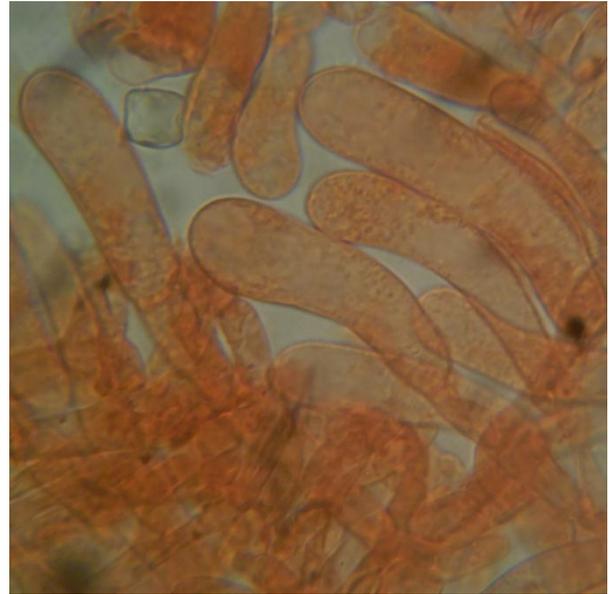
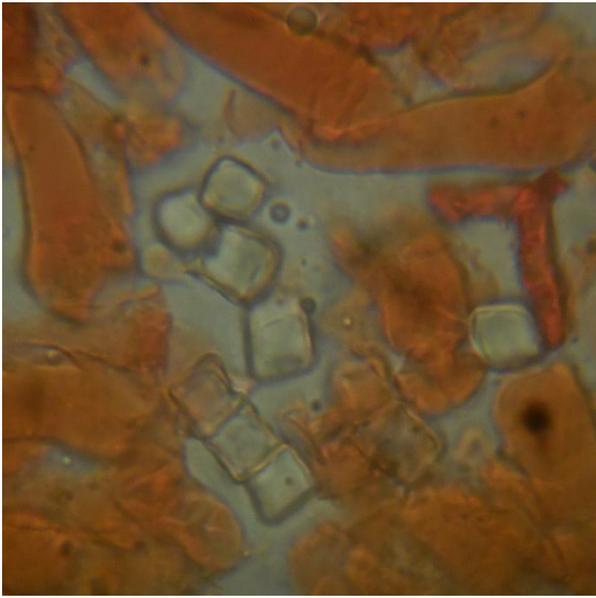
### **Descripción Macroscópica**

**Píleo** De 18 mm de diámetro, de forma cónica a mamiforme, de color blanco. Margen liso y decurvado. Superficie lisa a velutinosa. Contexto blanco.

**Himenio** en forma de láminas, de color blanco uniforme de 3 mm de diámetro. Margen liso. Láminas de forma regular, cercanas, sinuadas con lamélulas presentes (2).

**Estípite** Central, cilíndrico. Color blanco brillante, superficie lisa, fibrilosa. Contexto vacío, de color rosado pálido. Base inserta.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, hialinas en KOH. Incoloras, de 11-14 $\mu$ m de largo por 10-12 $\mu$ m de ancho, de forma cuboide-romboide, inamiloides. Pilipelis es una tricodermis, la trama es paralela, fíbulas presentes. Pleurocistidios de 43-68 $\mu$ m de largo por 13-17 $\mu$ m de ancho. Basidios con cuatro esterigmas, clavados, de 39-46 $\mu$ m de largo por 15-16 $\mu$ m de ancho.

## *Inopilus 1*



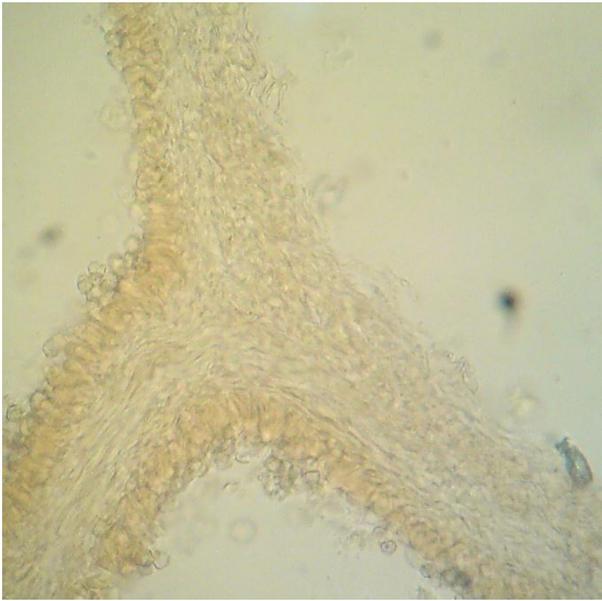
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 10-40 mm de diámetro, de forma cónica a convexa, de color café. Margen recto y liso. Superficie escamosa y fibrilosa. Contexto de 3 mm de diámetro.

**Himenio** en forma de láminas, de 6 mm de diámetro. Margen irregular. Láminas próximas, anexas, con lamélulas presentes (4).

**Estípite** Central, cilíndrico, de 2-4 mm de diámetro por 40-85 mm de alto. Color crema, superficie opaca, fibrilosa y estrigosa. Contexto semilleno.

**Crecimiento** Disperso a gregario en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-11 $\mu$ m de largo por 7-9 $\mu$ m de ancho, forma cuboide-romboide, inamiloides. Pilipelis es un mixtocutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Pleurocistidios subventricosos con ápices mucronados. Basidios clavados de 27-31 $\mu$ m de largo por 7-10 $\mu$ m de ancho.

## *Inopilus 2*



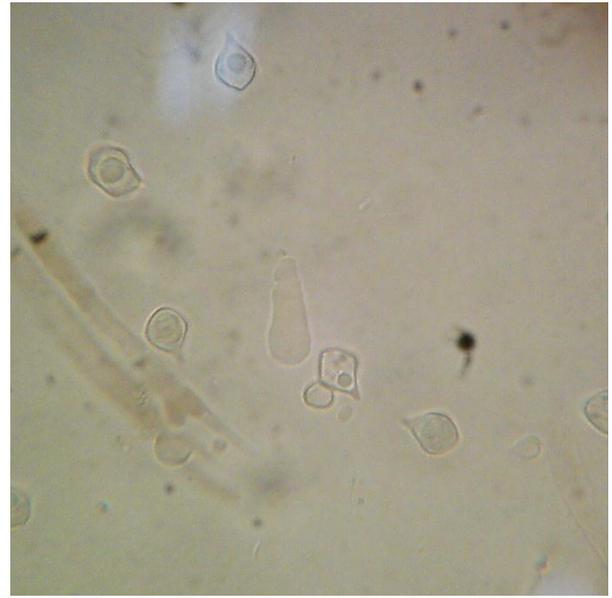
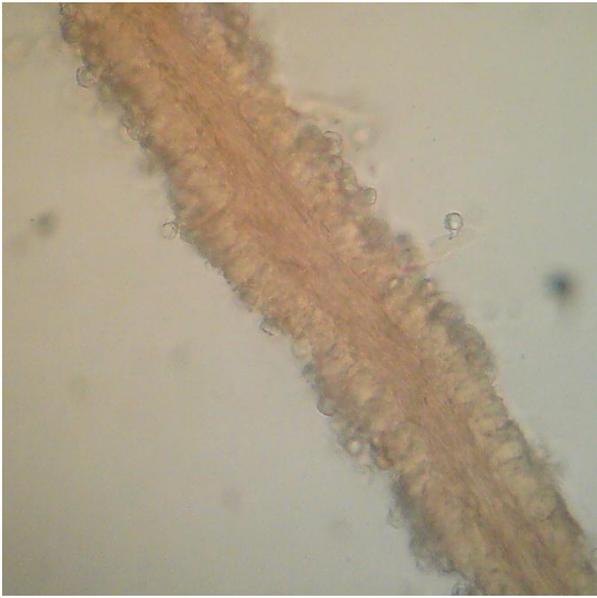
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** De 12-35 mm de diámetro, de forma cónica, ampliamente convexa, de café color claro, más oscuro al centro. Margen translúcido estriado, recto. Superficie fibrilosa, pruinosa, seca y brillante. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color crema.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema-rosado, de 3 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, subdistantes a próximas, angostas con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** Central, de 1-3 mm de diámetro por 25-55 mm de alto. Color crema brillante, superficie lisa, fibrilosa, seca. Contexto vacío. Base inserta.

**Crecimiento** Disperso en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, hialinas en KOH. Incoloras, de 10-12 $\mu$ m de largo por 8-9 $\mu$ m de ancho, forma cuboide-romboide, inamiloides. Pilipelis es un cutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Leptocistidios obclavados.

# *Leptonia 1*

## **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 14-50 mm de diámetro, de forma moderadamente hundida, plana, ampliamente convexa, de color café oscuro a crema. Margen sulcado, estriado y apendiculado. Superficie seca, opaca, radialmente fibrilosa con el centro escamoso. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color crema.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema, de 5 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas subdistantes a próximas, angostas, con lamélulas presentes (4). Esporada rosada.

**Estípite** de 6 mm de diámetro por 30-70 mm de alto. Color crema con manchas cafés, superficie torcida y fibrilosa. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color crema. Base inserta.

**Crecimiento** Disperso a gregario en hojarasca.



## **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-11 $\mu$ m de largo por 6-8 $\mu$ m de ancho, de forma prismática, inamiloides. Pilipelis es una tricodermis con células delgadas, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Cistidios clavados de 26 $\mu$ m de largo por 8 $\mu$ m de ancho. Basidios con cuatro esterigmas, clavados, de 19 $\mu$ m de largo por 7 $\mu$ m de ancho.

## *Leptonia 2*

### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 25 mm de diámetro, de forma ligeramente hundida, ampliamente convexa, de color café claro. Margen ondulado y recto. Superficie húmeda, brillante, radialmente fibrilosa, con escamas en el centro.

**Himenio** en forma de láminas, de color beige disparejo oscuro, de 4 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, subdistantes a próximas, angostas, con lamélulas presentes (4). Esporada rosácea.

**Estípite** de 3 mm de diámetro por 60 mm de alto. Color beige, superficie torcida, fibrilosa. Base inserta.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, hialinas en KOH. Incoloras, de 8-11 $\mu$ m de largo por 5-8 $\mu$ m de ancho, de forma prismática. Pilipelis es un mixtocutis, la trama es subparalela. Fibulas ausentes. Basidios clavados de 18-30 $\mu$ m de largo por 10-14 $\mu$ m de ancho.

## *Leptonia 3*



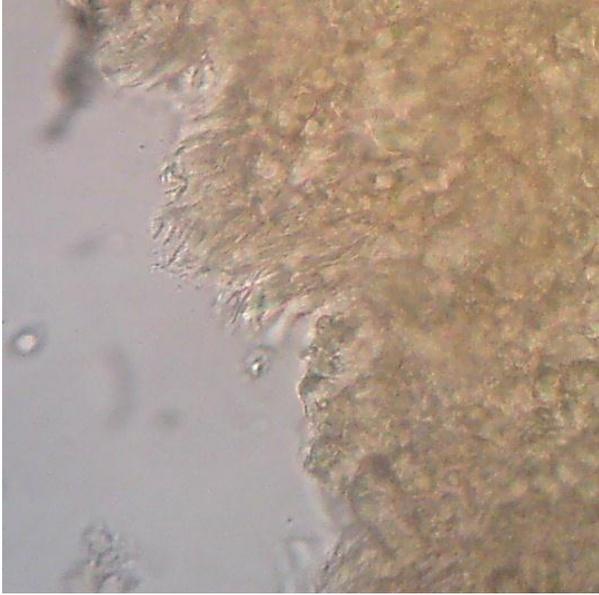
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** De 30-42 mm de diámetro, deforma ligeramente hundida, plana, ampliamente convexa, de color café claro. Margen estriado y recto. Superficie seca y brillante. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color café claro.

**Himenio** en forma de láminas. Margen parejo y oscuro. Láminas de forma regular, subdistantes, subdecurrentes con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** Central, de 2 mm de diámetro por 40-45 mm de alto. Color grisáceo brillante, superficie lisa, fibrilosa y seca. Contexto menor a 1 mm de diámetro, vacío. Base inserta.

**Crecimiento** Disperso en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar. Hialinas en KOH. Incoloras, de 10-12  $\mu\text{m}$  de largo por 8-10  $\mu\text{m}$  de ancho, forma cuboide-romboide, inamiloides. Pilipelis es una palisodermis. La trama es paralela con pleurocistidios obclavados y ventricosos, de 25-73  $\mu\text{m}$  de largo por 10-11  $\mu\text{m}$  de ancho, y queilocistidios. Basidios de 36-44  $\mu\text{m}$  de largo por 10-12  $\mu\text{m}$  de ancho.

## *Leptonia* 4



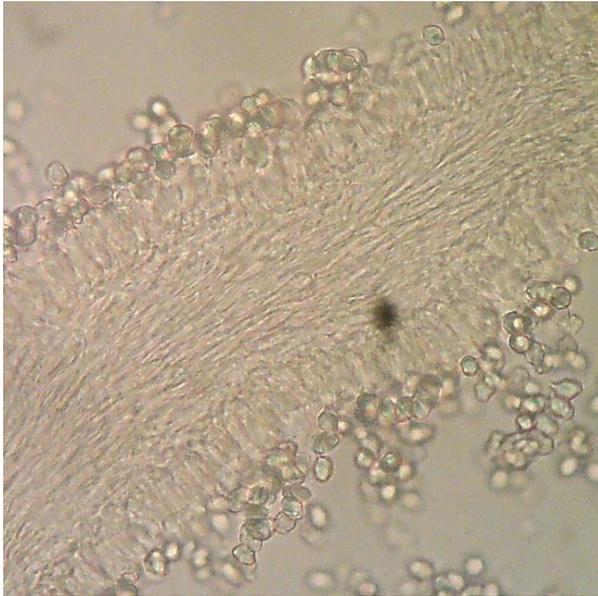
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 16-22 mm de diámetro, de forma convexa, depresa, escuamulosa aplastada, de color café claro a grisáceo. Margen incurvado, estriado. Contexto angosto menor a 1 mm de diámetro. Olor a hongo.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema rosácea, de 3-4 mm de diámetro. Margen erodado de color gris claro. Láminas subdecurrentes-subdistantes con lamélulas presentes (3-4).

**Estípite** Central, cilíndrico de 3 mm de diámetro por 45-60 mm de alto. Color crema grisáceo, superficie fibrilosa. Contexto vacío.

**Crecimiento** Disperso en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-13 $\mu$ m de largo por 6-7 $\mu$ m de ancho, de forma prismática, inamiloides. Pilipleis es un cutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios con cuatro esterigmas, de 24-29 $\mu$ m de largo por 8-9 $\mu$ m de ancho.

# *Leptonia 5*

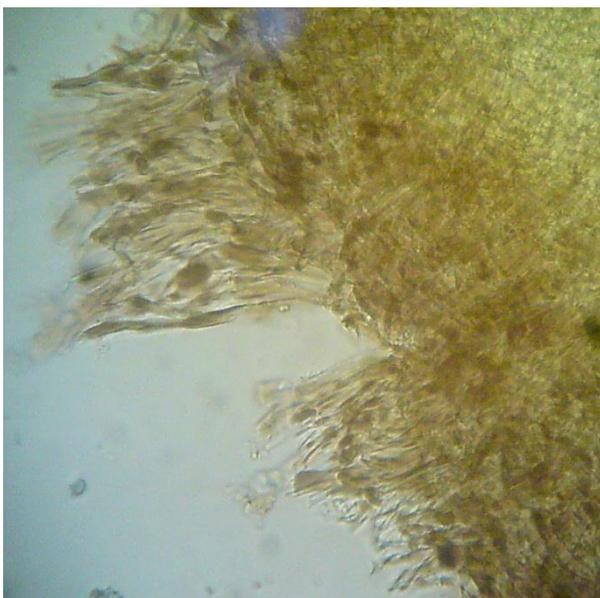
## **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 50 mm de diámetro, de forma plana, umbo, de color café oscuro. Superficie seca y sedosa, pubescente diminuto. Sin olor ni sabor.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema rosáceo. Margen parejo. Láminas regulares, apretadas, angostas, con lamélulas presentes (4).

**Estípite** de 6-10 mm de diámetro por 80 mm de alto. Color crema café, superficie estrigosa y vilosa.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



## **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, hialinas en KOH, con vacuolas pigmentadas. Incoloras, de 10-11 $\mu$ m de largo por 8-10 $\mu$ m de ancho, forma cuadrada, inamiloides. Pilipelis es una tricodermis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Pleurocistidios subventricosos con ápices mucronados. Basidios clavados de 20-26 $\mu$ m de largo por 8-10 $\mu$ m de ancho.

## *Leptonia 6*



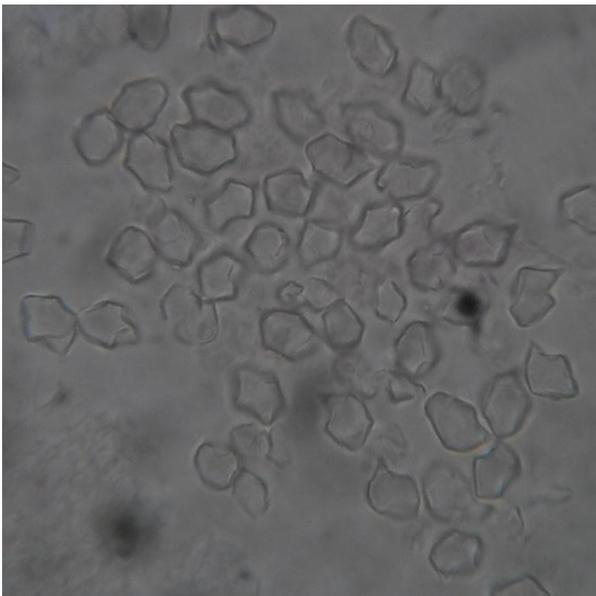
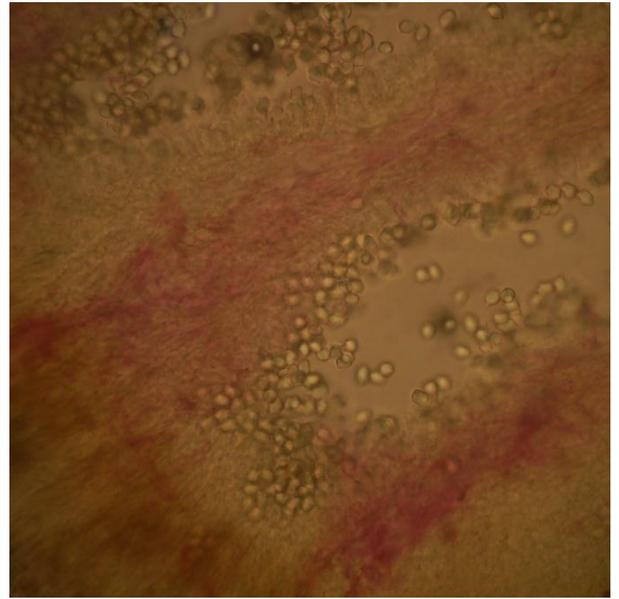
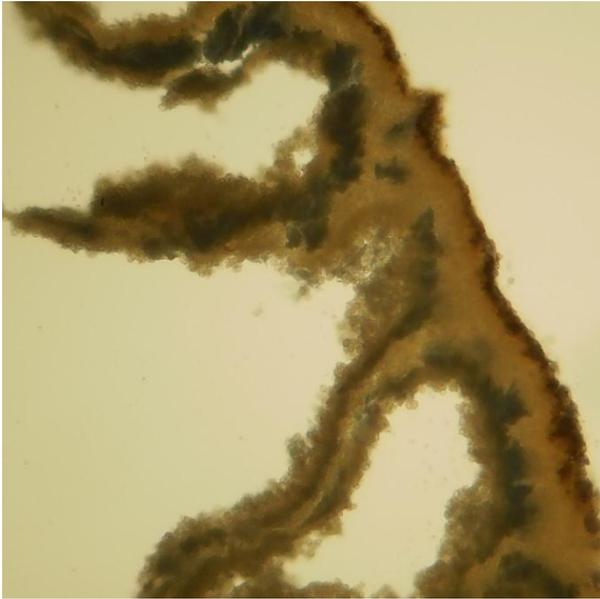
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** De 20 mm de diámetro, de forma ampliamente parabólica, de color café claro, más oscuro en el disco. Margen estriado y recto. Superficie, fibrilosa húmeda, brillante y sedosa, con pequeñas escamas. Contexto menor a 1 mm, color crema.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema rosáceo de 1 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, próximas-apretadas, angostas, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** Central, de 2 mm de diámetro por 35 mm de alto. Color crema brillante, superficie fibrilosa, seca, brillante y diminuta. Contexto vacío. Base inserta.

**Crecimiento** Disperso en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 10-13 $\mu$ m de largo por 7-8 $\mu$ m de ancho, forma prismática, inamiloides. Pilipelis es un cutis, la trama es paralela, con regiones de color azul en agua, que cambian a color rosado en KOH, fíbulas ausentes. Pleurocistidios ventricosos con ápices mucronados. Basidios clavados de 27-31 $\mu$ m de largo por 7-10 $\mu$ m de ancho.

## *Leptonia 7*



### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 12-20 mm de diámetro, de forma convexa a depresa, de color café cerezo. Margen liso y recto. Superficie fibrilosa con pequeñas escamas aplastadas. Contexto de 1 mm de diámetro, color café cerezo. Olor agradable a hongo.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema rosáceo, de 2 mm de diámetro. Margen recto. Láminas subdecurrentes, próximas con lamélulas presentes (3).

**Estípite** Central, cilíndrico de 2 mm de diámetro por 65-70 mm de alto. Color café cerezo. Contexto semilleno, color blanco.

**Crecimiento** Disperso.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-10 $\mu$ m de largo por 7-9 $\mu$ m de ancho, forma cuboide, inamiloides. Pilipelis es un cutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 27-30 $\mu$ m de largo por 10 $\mu$ m de ancho.

## *Leptonia 8*



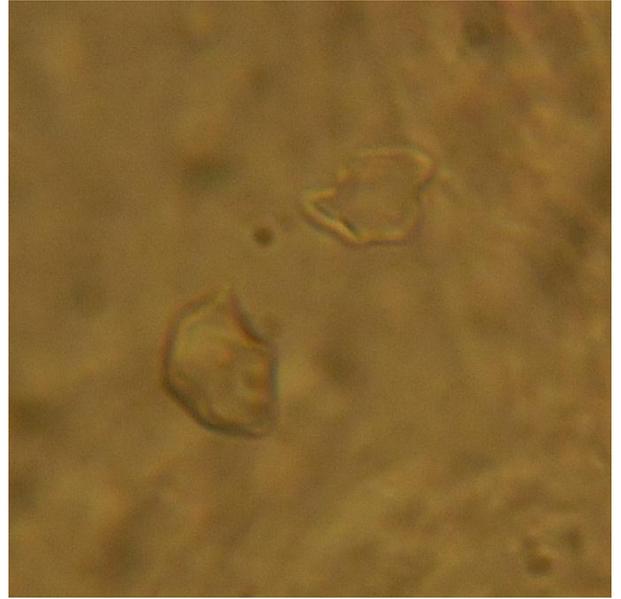
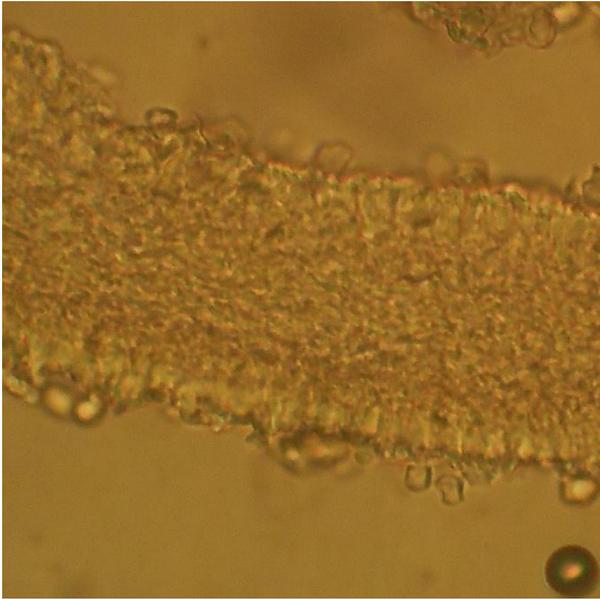
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 9 mm de diámetro, de forma ampliamente parabólica, de color café tostado. Margen liso y recto. Superficie velutina-aterciopelada. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color crema.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema uniforme, de 1 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas subdistantes, angostas, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** de 1.5 mm de diámetro por 25 mm de alto. Color blanco-crema, superficie lisa, seca, sedosa, opaca. Contexto vacío. Base inserta.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-10 $\mu$ m de largo por 7-9 $\mu$ m de ancho, forma prismática, inamiloides. Pilipelis es un trichodermis, la trama es entrecruzada, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 17 $\mu$ m de largo por 7 $\mu$ m de ancho.

# *Leptonia 9*

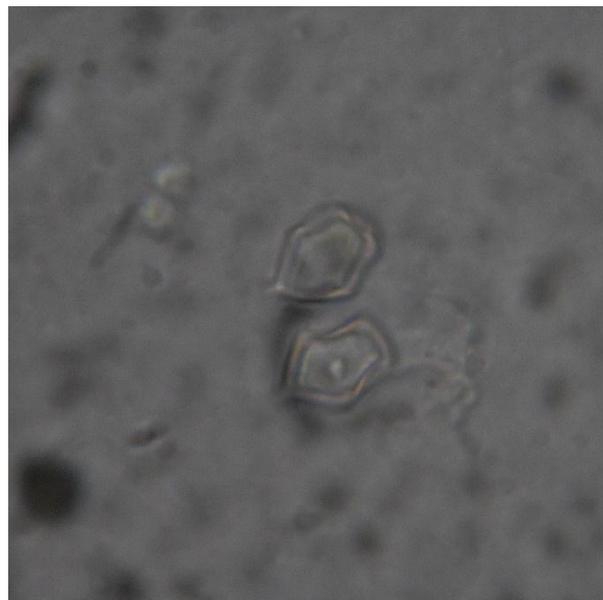
## **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 15 mm de diámetro, de forma ampliamente convexa, ligeramente hundida, de color café tostado. Margen sulcado, estriado y decurvado. Superficie seca, opaca. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color café claro.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema-rosáceo, de 2 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, subdistantes, adnadas, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** Central, de 1 mm de ancho por 22 mm de alto. Color café-gris, superficie lisa, fibrilosa, seca y brillante. Contexto vacío. Base inserta.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



## **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Inamiloides, de 10-12 $\mu$ m de largo por 7-9 $\mu$ m de ancho, forma cuboide-romboide. Pilipelis es una tricodermis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 22-28 $\mu$ m de largo por 10-12 $\mu$ m de ancho.

# *Nolanea 1*

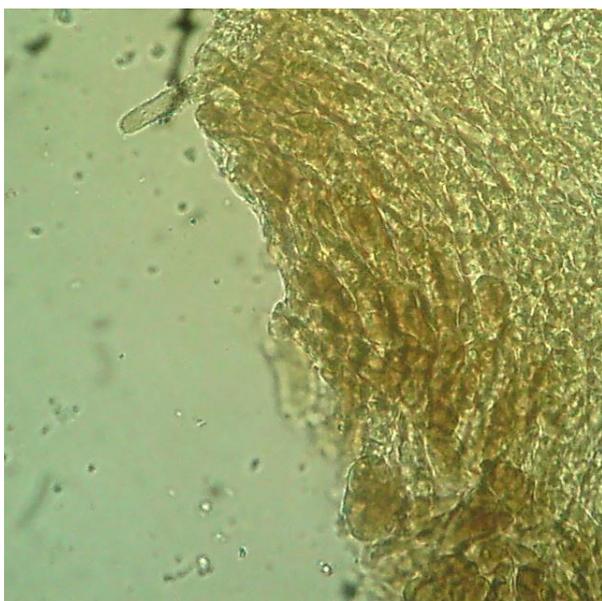
## **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 23 mm de diámetro, de forma cónica, cuspidada-mucronada, de color café oscuro. Margen liso y recto. Superficie lisa. Contexto color café claro.

**Himenio** en forma de láminas, de color café claro disparejo, de 2 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, subdistantes, adnadas, con lamélulas presentes (3).

**Estípite** de 4-5 mm de diámetro por 175 mm de alto. Superficie lisa. Base inserta.

## **Crecimiento**



## **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, hialinas en KOH. Incoloras, de 12-15 $\mu$ m de largo por 10-13 $\mu$ m de ancho, forma cuadrada, inamiloides. Pilipelis es un enterocutis, la trama es paralela, fíbulas presentes en la base de los basidios. Basidios clavados cilíndricos de 27-37 $\mu$ m de largo por 10-14 $\mu$ m de ancho.

## *Nolanea 2*



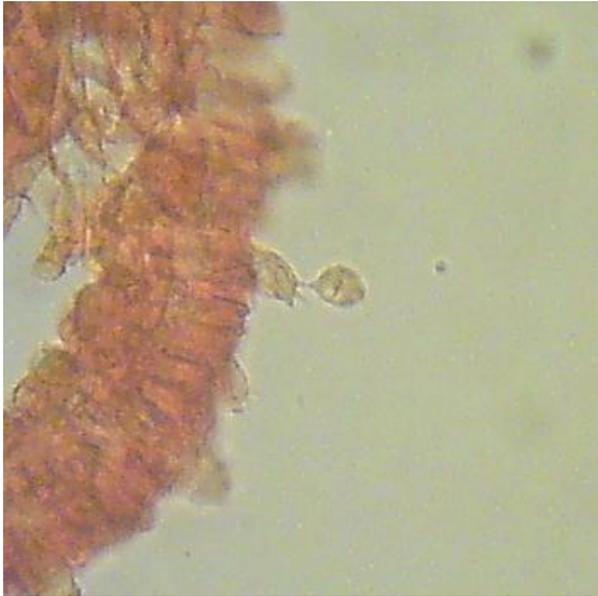
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 15-20 mm de diámetro, de forma convexa y cónica, de color café claro. Margen liso, estriado, sulcado y decurvado. Superficie radialmente fibrilosa y pruinosa. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color traslúcido.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema a rosáceo, de 3 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, subdistantes, subdecurrentes, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** de 3 mm de diámetro por 30-70 mm de alto. Color crema, superficie pruinosa, fibrilosa y brillante. Contexto vacío. Base inserta con micelio.

**Crecimiento** Disperso en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-11 $\mu$ m de largo por 7-8 $\mu$ m de ancho, forma prismática, inamiloides. Pilipelis es un cutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 25-30 $\mu$ m de largo por 8-10 $\mu$ m de ancho.

## *Nolanea 3*

### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 49 mm de diámetro, de color café traslúcido. Margen estriado. Superficie higrpofana.

**Himenio** en forma de láminas, de color beige, de 4 mm de diámetro. Margen erosionado. Láminas de forma regular, apretadas, adnadas, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** de color blanco, superficie lisa y sedosa. Contexto vacío. Base sub-bulbosa.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 10-12 $\mu$ m de largo por 6-7 $\mu$ m de ancho, forma romboide, inamiloides. Pilipelis es un enterocutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 20-34 $\mu$ m de largo por 8-10 $\mu$ m de ancho.

## *Nolanea 5*

### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** De 18 mm de diámetro, de forma convexa, de color blanco sedoso. Margen decurvado, erodado y crenado. Superficie brillante y lisa. Contexto transparente.

**Himenio** en forma de láminas de color blanco uniforme. Margen erosionado. Láminas de forma regular, subdistantes, adnadas, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** Central, de 3 mm de diámetro por 51 mm de alto. Superficie lisa y brillante.

### **Crecimiento**



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 11-13 $\mu$ m de largo por 6-8 $\mu$ m de ancho, forma romboide, inamiloides. Pilipelis es un enterocutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 19-24 $\mu$ m de largo por 9-10 $\mu$ m de ancho.

## *Nolanea 6*

### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 30 mm de diámetro, de forma campanulada, de color café claro. Margen sulcado, estriado y recto. Superficie lisa, radialmente fibrilosa. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color café claro.

**Himenio** en forma de láminas, de color rosado. Margen parejo. Láminas subdistantes y angostas. Esporada rosada.

**Estípite** de 4 mm de diámetro por 50 mm de alto. Color gris, superficie lisa, fibrilosa, seca y opaca. Contexto vacío, liso. Base inserta.

**Crecimiento** Solitario en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 9-11 $\mu$ m de largo por 6-7 $\mu$ m de ancho, forma romboide, inamiloides. Pilipelis es una dermis, la trama es entrecruzada, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 25-30 $\mu$ m de largo por 9-10 $\mu$ m de ancho.

## *Nolanea 7*

### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 32 mm de diámetro, de forma cónica a convexa, de color café naranja con el centro más oscuro. Margen recto. Contexto de 2 mm de diámetro, color blanco. Sin olor ni sabor.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema rosáceo, de 4 mm de diámetro. Margen recto. Láminas subdistantes, sinuadas, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** Cilíndrico, de 4 mm de diámetro por 20 mm de alto. Superficie fibrilosa y brillante. Contexto vacío a semilleno.

### **Crecimiento**



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, pentagonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 7-10 $\mu$ m de largo por 7-9 $\mu$ m de ancho, forma romboide, inamiloides. Pilipelis indiferenciada, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 23-26 $\mu$ m de largo por 9 $\mu$ m de ancho.

## *Nolanea 8*

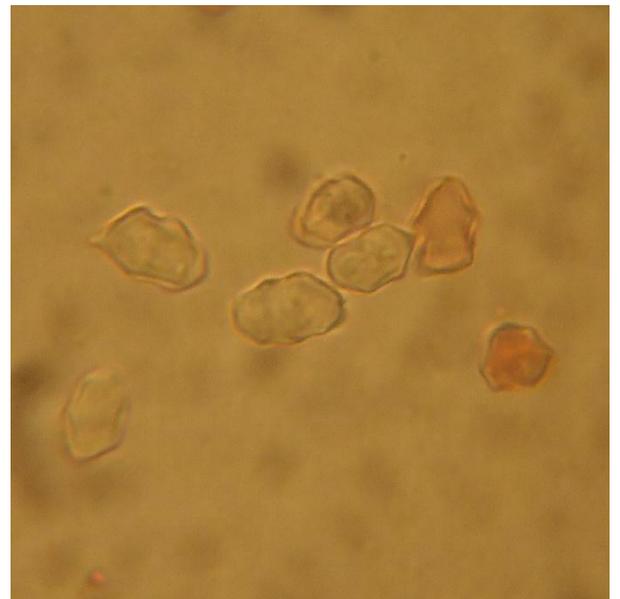
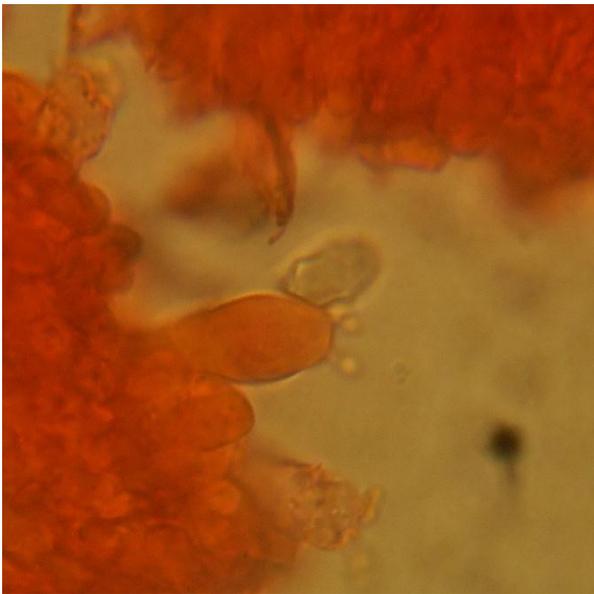
### **Descripción Macroscópica**

**Pileo** de 15-20 mm de diámetro, de forma convexa y cónica, de color café claro. Margen liso, estriado, sulcado y decurvado. Superficie radialmente fibrilosa y pruinosa. Contexto menor a 1 mm de diámetro, color traslúcido.

**Himenio** en forma de láminas, de color crema a rosáceo, de 3 mm de diámetro. Margen parejo. Láminas de forma regular, subdistantes, subdecurrentes, con lamélulas presentes (3). Esporada rosada.

**Estípite** de 3 mm de diámetro por 30-70 mm de alto. Color crema, superficie pruinosa, fibrilosa y brillante. Contexto vacío. Base inserta con micelio.

**Crecimiento** Disperso en hojarasca.



### **Descripción Microscópica**

Esporas angulares en vista lateral y polar, poligonales, hialinas en KOH. Incoloras, de 10-12 $\mu$ m de largo por 6-8 $\mu$ m de ancho, forma prismáticas, inamiloides. Pilipelis es un cutis, la trama es paralela, fíbulas ausentes. Basidios clavados de 23-25 $\mu$ m de largo por 9-10 $\mu$ m de ancho.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA  
PROGRAMA EXPERIENCIAS DOCENTES CON LA COMUNIDAD  
SUBPROGRAMA EDC-BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN  
RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA  
HOJARASCA Y LA FRUCTIFICACIÓN DE BASIDIOMAS DE LA FAMILIA  
ENTOLOMATACEAE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA FRATERNIDAD  
HERBARIO BIGU  
SECCIÓN DE HONGOS  
PERÍODO DE REALIZACIÓN  
JULIO 2011 – JULIO 2012

JUAN PABLO HERRERA GARCÍA  
PROFESOR SUPERVISOR DE EDC: Licda. GABRIELA ARMAS  
ASESOR DE INVESTIGACIÓN: Licda. MAURA QUEZADA

## 1. TITULO

Relación entre las características de físicas y químicas de la hojarasca y la fructificación de basidiomas de la familia Entolomataceae en la Reserva de la Biosfera la Fraternidad.

## 2. INDICE

Resumen.....	3
Introducción.....	3
Planteamiento del problema.....	4
Justificación.....	4
Referente teórico.....	5
Objetivos.....	10
Hipótesis.....	10
Metodología.....	10
Resultados.....	12
Discusión de Resultados .....	14
Conclusiones.....	16
Recomendaciones .....	16
Referencias bibliográficas.....	16
Anexos.....	19

### 3. RESUMEN

En este estudio se describió la relación entre las características químicas y físicas de la hojarasca y la producción de basidiomas individuos de la familia Entolomataceae colectados en la Reserva de la Biosfera la Fraternidad. Se utilizó la colección de hongos de la familia Entolomataceae que fueron obtenidos durante el proyecto Agrocyt 19-2005, en el año 2007, en tres estratos altitudinales. Se realizaron análisis de varianza para las variables medidas en la hojarasca. Se determinó que el potasio, manganeso, hierro y la humedad presentan diferencia significativa entre las distintas parcelas. Utilizando regresiones múltiples paso a paso, se determinó que el modelo que mejor explica la diferencia en la producción de basidiomas entre las parcelas incluye las variables potasio, manganeso y humedad con un AIC = -0.31 ( $p = 0.53$ ). Las variables incluidas en este modelo pueden explicar en parte la diferencia de fructificación de basidiomas en las parcelas muestreadas dado que cumplen funciones importantes en el desarrollo y reproducción de los hongos, el potasio interviene en la osmoregulación, el hierro participa en la respiración, síntesis de citogromos y pigmentos, el manganeso activa enzimas, y la humedad es vital para el crecimiento fúngico. Por otra parte, en este estudio no se tomó en cuenta las variables como la diversidad de usos antropogénicos del suelo y las interacciones que tienen los hongos en la vegetación del lugar y la influencia que pueden tener sobre la producción de basidiomas.

### 4. INTRODUCCION

La Ecofisiología es una rama de la ciencia que estudia la interacción de los organismos con el ambiente, sus procesos adaptativos y de aclimatación. A este nivel los factores ambientales juegan un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de los organismos. Estos factores se pueden dividir en dos: abióticos y bióticos, aunque siempre existe cierta relación entre ambos (Prasad, 1997).

Los hongos son un grupo de organismos eucarióticos que para poder sobrevivir han desarrollado varias adaptaciones que les proporcionan una plasticidad para habitar en muchos tipos de sustrato. Al igual que las plantas y animales se ven afectados por los factores bióticos y abióticos que se encuentran en su entorno. Entre algunos factores abióticos se puede mencionar la luz, humedad, pH, también se incluyen nutrientes o compuestos químicos que pueden encontrarse en el sustrato. En varios casos los estos mismos factores pueden ser afectados por la biota que se encuentra alrededor (Treseder, 2005, p. 716).

Los basidiomicetos se caracterizan por presentar cuerpos fructíferos, éstos son estructuras reproductivas que se originan a partir de una diferenciación de hifas (Wosten & Wessels, 2006, p. 393). Son utilizados tanto culturalmente como comercialmente, como fuente medicinal o alimenticia; incluso nos puede ayudar para confirmar a simple

vista la presencia de alguna especie en particular. La formación del cuerpo fructífero se ve afectado por factores químicos, genéticos y ambientales (Wosten & Wessels, 2006, p. 396).

Este estudio pretendió proporcionar información para determinar que características de la hojarasca pueden influir en la fructificación de algunas especies de la familia Entolomataceae. De esta manera pretendió proporcionar un aporte al estudio de la Ecofisiología de los hongos en Guatemala y posiblemente ayudar en la búsqueda de indicadores que puedan detectar cambios en el clima, calidad del bosque y calidad de sustrato.

## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La familia Entolomataceae se caracteriza por tener esporas de color rosáceo y forma angular en alguna de sus vistas. Las especies de esta familia pueden encontrarse en diversos sustratos, muchas veces en humus (Co-David, Langeveld, Noordeloos, 2009, p.147). En Guatemala, existen muy pocos reportes de especies de esta familia, solo se cuenta con morfoespecies para esta familia dentro de las colecciones.

Se conoce poco acerca de cómo los factores físicos y químicos del sustrato determinan el inicio de la diferenciación de hifas para formar basidiomas y por consiguiente la reproducción sexual de especies de la familia Entolomataceae. En algunos estudios se ha observado que la producción de cuerpos fructíferos en basidiomicetos depende de factores físicos como el pH, la temperatura y la humedad, así como también de factores químicos como el contenido de nitrógeno y fósforo que se encuentra en el sustrato (Boddy, L., Frankland, J., West, P. 2008, p. 86; Ming, X., Suzuki, A. 2003, p. 35).

Si bien se sabe que los factores físicos y químicos mencionados anteriormente son muy importantes para la formación del cuerpo fructífero del hongo, dichos estudios han sido realizados en gran parte en laboratorio, y no siempre pueden ser aplicados en el campo. Es posible que en algunos casos los fenómenos sean explicados por otros factores ambientales como la altitud. Según Mendoza, S. 2008, los hongos saprófitos y micorrícicos presentan una productividad mayor cuando aumenta a altitud.

Sin embargo, en Guatemala la cantidad de estudios relacionados al tema de la Ecofisiología son pocos. Por esta razón es imprescindible estudiar cómo los factores ambientales tienen efecto sobre el desarrollo, crecimiento y reproducción de los hongos en el campo.

## 6. JUSTIFICACION

Como muchos organismos, los hongos adquieren nutrientes utilizando diversos métodos. Para obtener su alimento pueden formar relaciones simbióticas con otros organismos (micorrizas, líquenes, parásitos) o pueden actuar como descomponedores y

degradar diferentes tipos de sustrato (Webster & Weber, 2007, p.487). De igual manera deben obtener nutrientes específicos en cantidades adecuadas para tener un desarrollo óptimo.

Según Treseder, 2005, la disponibilidad de algunos nutrientes presentes en el suelo, como el carbono, nitrógeno y fósforo, pueden ser afectados por las variaciones de concentración de CO<sub>2</sub> en el suelo. Esto se da por el aumento o disminución de la productividad en las plantas y podría favorecer a algunos grupos de hongos. Por ejemplo, en algunos casos cuando la concentración de CO<sub>2</sub> es elevada, las plantas suelen producir una cantidad mayor de carbono, por lo que otros nutrientes se vuelven limitantes. Para mejorar la absorción de dichos nutrientes la planta transloca parte del carbono en las raíces, favoreciendo a los hongos micorrícicos. Bajo otras condiciones pueden aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo, de manera que favorece a los hongos saprófitos.

Esto mismo puede variar la proporción entre carbono, nitrógeno y fósforo. Los últimos dos elementos también son muy importantes para el desarrollo de los hongos y dependiendo de la necesidad de los hongos, algunos pueden verse más afectados que otros (Treseder, 2005, p. 716). Razón por la cual se nos hace importante realizar estudios sobre la ecofisiología de estos organismos, conocer con más detalle los factores que afectan su presencia, desarrollo y reproducción. Lo que nos puede ser de utilidad para detectar cambios que puedan tener algún impacto en el ambiente donde se encuentran.

## 7. REFERENTE TEORICO

Un hongo es un organismo eucariótico heterótrofo que en lugar de ingerir su alimento se nutre por medio de la absorción de los nutrientes que son liberados al secretar enzimas que degradan el sustrato donde se encuentran. Su cuerpo como tal se encuentra formado por células filamentosas llamadas hifas que en conjunto constituyen un micelio. La pared de las hifas tiene un contenido de polisacáridos como la quitina y otros glucanos (Webster & Weber, 2007, p.1-2).

Una de las características de los hongos es que a lo largo de su vida pueden alternar entre un estado haploide, diploide y dicariótico. Sin embargo, en la mayor parte de su vida se encuentran en un estado dicariótico y pasan a uno diploide, por cariogamia, únicamente al momento de reproducirse sexualmente, caso que dura poco tiempo hasta que la espóra germine y reduzca su carga genética casi de inmediato. La formación y dispersión de las esporas se da por medio de cuerpos fructíferos que son el resultado de una diferenciación y restructuración de las hifas vegetativas (Webster & Weber, 2007, p.3).

Este es un grupo bastante grande que está distribuido por todo el mundo y comprende aproximadamente 70,000 especies descritas, se estima que pueden existir hasta 1.5 millones de especies. Tradicionalmente se dividen en cinco phyla: Chytridiomycota,

Zygomycota, Glomeromycota, Ascomycota y Basidiomycota (Carlile, Watkinson, Gooday, 2001, p.15).

### **Phylum Basidiomycota**

El phylum Basidiomycota es el segundo grupo más grande de hongos, después de los ascomicetos, con aproximadamente 30,000 especies descritas, aquí se incluyen varios de los macrohongos que se encuentran en los bosques, como los champiñones (*Agaricus bisporus*) o los hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) (Blackwell & Spatafora, 2004, p.15; Swann, & Hibbett, 2007). Una de las características principales de este grupo es la presencia del basidio, que es una estructura en forma de mazo donde se producen basidiosporas por meiosis. En el caso de los basidiomicetos las esporas suelen ser balitosporas, denominadas así porque son expulsadas activamente por los basidios (Carlile, Watkinson, Gooday, 2001, p.57). Otra característica distintiva de este grupo es que normalmente se encuentran en un estadio dicariótico, es decir, poseen hifas con dos núcleos que tienen material genético distinto, lo cual se puede evidenciar fácilmente con la presencia de estructuras denominadas fíbulas, que ayudan al organismo a mantenerse con su carga dicariótica (Carlile, Watkinson, Gooday, 2001, p.57; Webster & Weber, 2007, p.499).

Son organismos saprófitos que poseen una diversidad de hábitos muy evidente, pueden ser descomponedores de hojarasca, crecer en troncos muertos o vivos, humus, también pueden ser parásitos o bien formar micorrizas con algunas plantas. Como descomponedores cumplen un papel muy importante en el reciclaje de nutrientes y formación de suelos. Normalmente tienen un crecimiento micelial, que puede ocupar grandes extensiones de suelo. Sin embargo, no todos se encuentran en esta forma, otros pueden presentar un crecimiento unicelular, como las levaduras, o alternar entre ambos, dimórficos (Webster & Weber, 2007, p.487).

### **La Familia Entolomataceae**

Los entolomatáceos constituyen una familia de aproximadamente 1,500 especies descritas que se encuentran distribuidas en todo el mundo, están presentes en hábitats tanto árticos como tropicales. Esta familia varía bastante en algunos aspectos, entre ellos están, la morfología del cuerpo fructífero (basidioma) y la micromorfología. De igual manera los estilos de vida son variados, pueden ser saprofitos, otros pueden ser parásitos de hongos o plantas, algunos pueden formar ectomicorrizas (Co-David, Langeveld, Noordeloos, 2009, p.147).

Los individuos que se encuentran dentro de esta familia se caracterizan por compartir los siguientes rasgos: las esporas son rosadas, con variedades más claras u oscuras, y poseen una forma poligonal, algunas son angulares en todas las vistas y algunas pueden tener rugosidades o estrías en vista lateral. Se piensa que la combinación de estas dos

características, esporas rosadas y angulares, es muy única de esta familia, por lo que es considerada como un grupo natural (Co-David, Langeveld, Noordeloos, 2009, p.147).

Un aspecto a considerar es que existen varias dificultades para encontrar diferencias suficientes entre los géneros de esta familia. Tradicionalmente *Entolomataceae* consta de tres géneros: *Rodocybe*, *Clitopilus* y *Entoloma*. Este último género es controversial, algunos autores consideran que éste se separa en otros géneros (*Claudopus*, *Pouzarella*, *Richoniella* y *Rhodogaster*), otros piensan que dichas divisiones deberían tomarse como subgéneros (Baroni y otros, 2011, p.2).

### **Basidiomicetos como descomponedores**

Los basidiomicetos de Agaricales se encargan de descomponer la hojarasca en bosques templados y tropicales. Estos hongos regulan los ciclos de varios grupos de nutrientes y la tasa de descomposición del sustrato. Su intervención en el estrato de hojarasca reduce la erosión en las laderas angostas de los bosques, donde estos organismos son abundantes (Lodge, y otros, 2008, p.198).

El papel que desarrollan los hongos en bosques templados, boreales o tropicales, es importante para los ecosistemas dado que al descomponer la materia orgánica, liberan nutrientes que luego son aprovechados por las plantas. Los basidiomicetos poseen enzimas que les permiten deslignificar hojarasca de baja calidad que tiene una alta cantidad de lignina, pero baja en nutrientes, característica que no poseen otros grupos (Lodge, y otros, 2008, p.198.) Los basidiomicetos que no se encuentran ligados a una única fuente de nutrientes tienen el potencial de colonizar y degradar recursos de baja calidad más rápido que otros hongos que si están restringidos a una fuente en particular. De esta manera pueden movilizar los nutrientes de una fuente parcialmente descompuesta a nuevas fuentes en las que hay deficiencia de dichos nutrientes (Lodge, y otros, 2008, p.198).

### **Factores que favorecen la producción del basidioma**

Los basidiomas son estructuras que permiten la diseminación aérea de las esporas sexuales (basidiosporas). Es en los basidiomas donde se encuentran los basidios que dan origen a las basidiosporas, estos se desarrollan a partir de un micelio vegetativo que se encuentra sumergido en un sustrato. Dicho micelio libera enzimas que degradan los componentes poliméricos del sustrato, asimilando sus productos que le son de utilidad al micelio como tal y no únicamente a las hifas que realizan la descomposición. La translocación de agua y nutrientes, junto con el crecimiento hifal, son esenciales para el desarrollo de estructuras aéreas, en este caso el basidioma. El desarrollo de estas estructuras requiere una movilización muy grande de nutrientes que provienen del micelio (Wosten & Wessels, 2006, p. 393).

Los hongos tienen necesidades nutricionales que son relativamente simples y la mayoría podría sobrevivir con un suministro de glucosa, sales de amonio, iones inorgánicos y

algunos factores de crecimiento. Entre los macronutrientes que necesitan en concentraciones milimolares se encuentran: fuentes de carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo, potasio y magnesio. Los micronutrientes, necesarios en concentraciones micromolares, comprenden elementos traza como el calcio, cobre, hierro, manganeso y zinc, los cuales son requeridos para el crecimiento celular (Walker & White, 2005, p. 10).

Para suplir sus requerimientos de carbono y energía, los hongos necesitan formas fijadas compuestas orgánicas. Los carbohidratos que son utilizados ampliamente para el crecimiento fúngico pueden ir desde hexosas simples, como la glucosa, hasta polisacáridos como el almidón o la celulosa (Walker & White, 2005, p. 13). Según algunos estudios, los carbohidratos simples tienen a favorecer la producción de esporas asexuales, mientras que los oligo- y polisacáridos favorecen la formación de cuerpos fructíferos. La glucosa en particular, incluso en bajas concentraciones, reprime la producción de cuerpos fructíferos. Es más, la formación de estas estructuras parece estar determinada por la facilidad en la que pueden asimilarse los carbohidratos, de manera que mientras más fácil de usar es un carbohidrato, mejor promoverá la formación de cuerpos fructíferos (Moore, y otros, 2008, p. 86).

El nitrógeno no puede ser fijado por estos organismos, por lo que necesitan obtenerlo de compuestos inorgánicos como las sales de amonio, o de compuestos orgánicos como los aminoácidos. La mayoría de hongos pueden asimilar aminoácidos, aminas y amidas como fuentes de nitrógeno, muchos incluso utilizan urea (Walker & White, 2005, p. 13). En muchos casos las sales de amonio no pueden soportar el desarrollo de cuerpos fructíferos, para este fin se requieren aminoácidos y la inclusión de proteína puede favorecer más su producción (Moore, y otros, 2008, p. 86). Para la producción del cuerpo fructífero generalmente se necesita una concentración mayor de carbono que de nitrógeno, pero las proporciones óptimas van aproximadamente de 30:1 a 5:1 (Moore, y otros, 2008, p. 87).

El fósforo resulta esencial a los hongos para la biosíntesis de ácidos nucleicos, fosfolípidos, ATP y glucofosfatos. Razón por la cual el contenido de fosfatos es alto en estos organismos. La vacuola sirve como un lugar de reserva para los fosfatos en la forma de polifosfatos. La disponibilidad de ambos el fósforo y el nitrógeno puede ser un factor que limite el crecimiento de los hongos (Walker & White, 2005, p. 13).

Además de las variables nutricionales, también existen otras variables ambientales que tienen un efecto sobre el desarrollo y producción del cuerpo fructífero. Para obtener una fructificación exitosa se necesita tener una buena aireación, lo que implica la presencia de oxígeno y otros metabolitos volátiles donde se incluye el dióxido de carbono (Moore, y otros, 2008, p. 91; Wosten & Wessels, 2006, p. 396). Los efectos del CO<sub>2</sub> parecen variar entre algunas especies, dado que cuando las concentraciones son elevadas, en algunos casos inhibe la producción del cuerpo fructífero mientras que en otros aumenta la longitud del estípite (Moore, y otros, 2008, p. 91).

La luz es otro factor que puede tener resultados distintos en el desarrollo de las estructuras reproductivas de los basidiomicetos, aumentando o disminuyendo su número, determinando si se inicia o no su formación (Moore, y otros, 2008, p. 91). Las longitudes de onda que parecen tener más influencia en la formación del basidioma se encuentran entre 400-520 nm (azul) y 320-400 nm (cercano a ultravioleta) (Moore, y otros, 2008, p. 91). Según Walker y White, 2005, la luz ultravioleta incide en la diferenciación del micelio y la esporulación de ciertas especies. En algunos basidiomicetos la exposición de luz debe ser secuencial para regular la iniciación y morfogénesis del basidioma, por lo que los periodos de oscuridad son bastante importantes (Moore, y otros, 2008, p. 92; Wosten & Wessels, 2006, p. 397).

También la temperatura es un factor importante. Sin embargo, solo se cuenta con la información proporcionada por hongos comerciales que se han tomado como modelos de laboratorio. En general se sabe que debe haber un ligero descenso, entre 5 y 10° C, de la temperatura óptima para el desarrollo de los individuos (Moore, y otros, 2008, p. 92).

La humedad relativa influye en la producción del cuerpo fructífero, pero debe estar en un rango donde no sea demasiada para que interfiera en la aireación, ni muy escasa para que no pueda soportar su desarrollo. También se conoce que el pH óptimo para la producción de estas estructuras debe encontrarse entre un rango de 6-7 (Moore, y otros, 2008, p. 92).

### **Descripción del lugar de procedencia de los hongos**

La Reserva de la Biosfera La Fraternidad se encuentra ubicada entre los 48° 45' y 89° 50' de longitud oeste y entre los 14° 05' y 15° 12' de latitud norte, en la región fronteriza entre Guatemala, El Salvador y Honduras. Corresponde a la región neotropical, provincia mesoamericana de montaña, tiene una altitud máxima de 2420 msnm. las precipitaciones pluviales medias anuales son de 500 a 1600 mm. La totalidad del área trinacional está cubierta por vegetación: predominantemente bosque secundario en la zona de Honduras, bosque secundario y matorral en la de Guatemala, y matorral en la de El Salvador. En proporción muy pequeña respecto a las áreas totales, se encuentra bosque nuboso en los tres países, concentrado en la cumbre del Macizo de Montecristo, como núcleo de la reserva. La comunidad natural del triffinio alberga muchas especies de flora y fauna estrictamente endémicas de este sitio y tras consideradas en peligro de extinción absoluta. Tiene formaciones de bosque mixto de pino encino liquidámbar, bosque seco tropical y bosque húmedo subtropical (Quezada, y otros, 2009, p. 13).

## 8. OBJETIVOS

### General

- Describir la relación entre las características químicas y físicas de la hojarasca y la fructificación de basidiomas de la familia Entolomataceae en la Reserva de la Biosfera la Fraternidad

### Específico

- Determinar los factores químicos y físicos de la hojarasca que tienen mayor influencia en la fructificación de basidiomas en los individuos de la familia Entolomataceae de la Reserva de la Biósfera la Fraternidad.

## 9. HIPOTESIS

Las características físicas y químicas de la hojarasca tienen una influencia sobre la fructificación de basidiomas de los individuos de Entolomataceae de la Reserva de la Biosfera La Fraternidad.

## 10. METODOLOGIA

### Diseño

- Población: Ejemplares de Entolomataceae de la Reserva de la Biósfera la Fraternidad.
- Muestra: Ejemplares de Entolomataceae colectados en seis parcelas de la Reserva de la Biosfera La Fraternidad.

### Técnicas a usar en el proceso de investigación

- Recolección de datos:  
Durante el proyecto Agrocyt 19-2005, que se llevó a cabo hasta el año 2007 en La Reserva de la Biosfera La Fraternidad, se realizó una división del área de estudio que consistió en tres estratos altitudinales. El estrato A abarcó una altitud de 1900 msnm en adelante, el estrato B abarcó desde 1750-1899 msnm y el C desde 1500-1749 msnm, en cada estrato se delimitaron dos parcelas de 0.1 hectárea cada una, de éstas se realizó la colecta de los especímenes de la familia Entolomataceae que fueron utilizados para el presente estudio. Se procedió de la siguiente manera: se realizó la determinación a nivel de morfoespecies de los especímenes colectados, utilizando la clave dicotómica de Largent & Baroni, 1988, que se basa en las características microscópicas de esta familia de hongos. El fin de este procedimiento fue realizar distinciones entre los especímenes para determinar si pertenecen a un mismo grupo o si pertenecen a grupos diferentes. Los pasos seguidos para la determinación de morfoespecies:

1. Se buscó las fotos tomadas durante el proyecto Agrocyt 19-2005 de los especímenes de Entolomataceae con los que finalmente se trabajó.
2. Se tuvo acceso a la base de datos del Herbario BIGU Sección de Macrohongos para obtener las características macroscópicas de especímenes.
3. En un procesador de textos se transcribió la descripción microscópica de cada espécimen y se añadió su foto.
4. Se realizaron cortes de los especímenes para describirlos microscópicamente utilizando agua destilada y otros reactivos como Melzer, KOH, Azul algodón y aceite de inmersión.
  1. Se determinó si la corteza del píleo es una dermis o cutis.
  2. Se determinó si la trama laminar es paralela.
  3. Se determinó la presencia de fíbulas.
  4. Se determinó si las esporas son angulares en vista lateral y polar, o estriadas en vista lateral, y si presentan una reacción amiloide, dextrinoide o inamiloide con el reactivo de Melzer.
  5. Se midió el ancho y largo de 15 esporas por cada espécimen utilizando un ocular micrométrico.
5. Utilizando la descripción microscópica los especímenes fueron determinados a nivel de morfoespecies con la ayuda de claves dicotómicas.
6. Luego se añadieron los datos microscópicos al documento de texto (ver anexo 5).

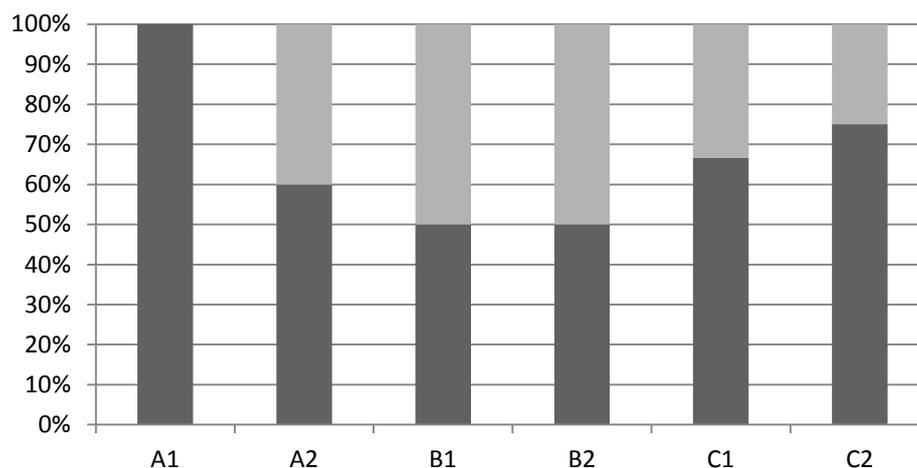
- **Análisis de datos:**

Para el análisis de los datos se utilizó los resultados obtenidos durante la recolección de datos, el análisis químico y físico de las muestras de hojarasca que fue proporcionado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala que se presenta en el anexo 2. Se describió la diversidad de los hongos de Entolomataceae en el área de estudio por medio de una matriz de presencia y ausencia representada en un gráfico de barras que muestra tanto especies compartidas como especies únicas. Para determinar si las variables medidas de la hojarasca tienen diferencia significativa entre las distintas parcelas, se realizó varios análisis de varianza utilizando las variables en pares permitiendo el descarte de las variables que menos pueden influir en la hojarasca analizada en cada parcela. Luego se realizó varias regresiones lineales simples y múltiples, por medio del método paso a paso, para determinar qué conjunto de variables pueden explicar mejor la producción del basidioma de las morfoespecies únicas colectadas en cada parcela.

## 11. RESULTADOS

### I. Descripción de la diversidad de hongos de la familia Entolomataceae.

De los 33 especímenes analizados durante el estudio, se determinó un total de 20 morfoespecies. Las morfoespecies *Leptonia* 4, *Inopilus* 1 y *Nolanea* 2 se encuentran distribuidas en dos o más parcelas. Las morfoespecies restantes se registraron en solamente una de las parcelas. La parcela A1 presenta la totalidad de morfoespecies únicas, mientras que las parcelas de estrato medio presentan el porcentaje inferior de morfoespecies únicas (ver figura 1).



**Figura 1.** Diversidad de morfoespecies de Entolomataceae en las seis parcelas (A-C). Las barras muestran el porcentaje de morfoespecies únicas en color gris oscuro; y las compartidas, gris claro.

### II. Relación entre las variables físicas y químicas en los seis sitios de muestreo.

El análisis de varianza muestra que de las 11 variables analizadas, K y la humedad tienen diferencia significativa al presentar un valor de  $p > 0.05$ . Las variables restantes no presentan diferencia significativa dado su valor de  $p < 0.05$ . Sin embargo, se consideró las variables Fe y Mn en los análisis posteriores por tener un valor de p muy cercano a 0.05 (ver cuadro 1).

**Cuadro 1.** Análisis de varianza de variables físicas y químicas en seis parcelas. Se muestran las variables en pareja, con  $\alpha = 0.05$ .

Variables	Valor de p
pH, P	0.002892 ( $\alpha = 0.05$ )
Ca, Mg	0.005586 ( $\alpha = 0.05$ )
Cu, Zn	0.00000559 ( $\alpha = 0.05$ )
K, H15	0.1346 ( $\alpha = 0.05$ )
Fe, Mn	0.04316 ( $\alpha = 0.05$ )

### III. Relación entre las variables físicas y químicas y la producción de basidiomas.

El análisis por medio de regresiones lineales simples de las variables K, Humedad 1/3, Humedad 15, Fe y Mn muestra que todas tienen diferencia significativa en su relación con la producción de basidiomas de los hongos estudiados, con un valor  $p > 0.05$ , (ver cuadro 2).

**Cuadro 2.** Regresión lineal simple de variables físicas y químicas respecto a las morfoespecies únicas de cada parcela.

VARIABLES	Valor de p
K	0.1904 ( $\alpha = 0.05$ )
Humedad 1/3	0.2904 ( $\alpha = 0.05$ )
Humedad 15	0.3856 ( $\alpha = 0.05$ )
Fe	0.1198 ( $\alpha = 0.05$ )
Mn	0.2125 ( $\alpha = 0.05$ )

Utilizando regresiones lineales múltiples por el método paso a paso se obtuvo dos modelos para explicar la relación entre las variables físicas y químicas de la hojarasca y la producción de basidiomas de los hongos estudiados, con un  $p > 0.05$ . Se determinó que el conjunto de variables K, Humedad 1/3 y Humedad 15 del modelo 1 es el que mejor explica la producción de basidiomas con un AIC (criterio de información de Akaike) de -0.31. Comparando el modelo 2, se observa que el AIC obtenido con una variable es alto, por lo que explica menos la relación de las variables con la producción de basidiomas.

**Cuadro 3.** Regresión lineal múltiple método paso a paso de variables físicas y químicas respecto a las morfoespecies únicas de cada parcela. Se presenta los modelos con sus valores de p, con un  $\alpha = 0.05$ . Se muestran los conjuntos de variables provenientes de cada modelo junto con su valor de AIC.

Número	Modelo	Valor de p	Conjunto de variables	AIC
<b>1</b>	<b>K, Mn, Humedad 1/3 Humedad 15</b>	<b>0.5256</b>	<b>K, H_1.3, H_15</b>	<b>-0.31</b>
2	K, Fe, Mn	0.6107	Fe	2.24

## 12. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La proporción de especies únicas de los hongos entolomatáceos encontrados en la Reserva de la Biosfera la Fraternidad es mayor que las especies compartidas entre los distintos lugares de muestreo. Las especies únicas podrían ser explicadas por varios factores. Uno de ellos es el factor antropogénico, dado por la presencia de distintos usos de suelo, como los destinados para la crianza de ganado ó agricultura. La carga de nitrógeno y otros elementos que son liberados por estas actividades pueden provocar un cambio en la diversidad de las plantas y afectar a los organismos que se encuentran en la rizosfera. Éstos influyen en el reciclaje de nutrientes y las interacciones bióticas y abióticas de los microorganismos y su entorno (Krumins y otros, 2009, p. 1383). Además redistribución de nutrientes pueden generar una variedad de microclimas que pueden reflejarse en la fructificación de los basidiomas.

Otro factor a considerar es el uso de un área rectangular para delimitar las parcelas. Los hongos filamentosos tienen un crecimiento radial; el haber colectado en un área rectangular pudo haber permitido encontrar un número mayor de micelios distintos (Bills y otros, 2004, p. 282). La vegetación y su relación con la diversidad fúngica también puede explicar la diversidad y distribución de entolomataceós, dado que estos pueden tener relaciones directas como la formación de micorrizas o la degradación de sustratos en la hojarsca. Según lo mencionan Gates, Horton y Noordeloos, 2009, p. 175; Kasuya y otros, 2010, p. 206, se pueden encontrar individuos de la familia Entolomataceae que, además de ser saprofitos, pueden forman micorrizas. Cabe notar que en el área de estudio se encuentra una mezcla de bosque de pino, encino y liquidámbar, árboles que suelen formar micorrizas frecuentemente (Thapar & Khan, 1973, p. 689). Esto le da una nueva perspectiva al estudio pues los nutrientes presentes en el suelo afectan tanto al hongo como a la planta con la que tiene simbiosis.

Siendo los factores K, Humedad, Mn y Fe significativos entre las parcelas estudiadas, además de la probable presencia de micorrizas en el lugar de estudio, es pertinente mencionar los efectos que estos factores del suelo tienen tanto en hongos como en plantas. Como un catión intercelular, el potasio regula el contenido de agua que se encuentra dentro de las células por sus propiedades osmóticas. Además el potasio también le sirve a los hongos como cofactor enzimático. El contenido de potasio en un basidioma es dependiente de la especie, generalmente se encuentra en grandes cantidades en hongos que forman basidiomas en poco tiempo y necesitan una movilización rápida de agua, la escasez de este macronutriente puede ser compensada al utilizar cesio o iridio, pero suele ser poco factible dado la pobre disponibilidad de éstos dos elementos en el suelo. (Stijve, 1996, p. 70; Walker & White, 2005, p. 13). De igual manera el manganeso es utilizado por los hongos para realizar actividades enzimáticas (Walker & White, 2005, p. 14). El hierro es un componente clave de proteínas, especialmente en aquellas involucradas en la respiración como los citocromos. Las proteínas de hierro-azufre se encargan del transporte de electrones y conservación de

energía en las células, además forma parte de algunos pigmentos. Sin este elemento las células sufren de estrés metabólico y sus patrones de crecimiento se ven perturbados (Isaac, 1997, p. 41). Ante la escasez de hierro en el suelo los hongos utilizan agentes siderófilos que ayudan a formar quelatos asociados al hierro de manera que lo vuelven más soluble y fácil de asimilar por las células (Kosman, 2003, p. 1188).

Al igual que en los hongos, el potasio tiene un papel importante en la osmoregulación y activación enzimática en las plantas, además participa en la fotosíntesis, apertura y cierre de estomas. El manganeso también es indispensable para las plantas dado que participa en la síntesis de clorofila y cumple un papel en la reacción e la fotosíntesis donde se produce oxígeno a partir del agua. También activa enzimas como carboxilasas y deshidrogenasas involucradas en el ciclo de Krebs (Taiz & Zeiger, 2002, p. 74; Pallardy, 2002, p. 256). Gran parte del hierro se observa en los cloroplastos, donde ayuda a sintetizar proteínas. También se encuentra en enzimas como la catalasa, ferredoxina y oxidasas de citocromos (Pallardi, 2008, p. 258; Taiz & Zeiger, 2002, p. 75). Al observar la importancia para ambos tipos de organismos que tienen los factores mencionados anteriormente se puede inferir que la diferencia que se encuentra entre las distintas parcelas, las vuelve específicas, lo que pudiera explicar que algunas especies estén o no en condiciones favorables para reproducirse.

Sin embargo, aunque estos elementos pueden modificar los patrones de fructificación del basidioma, Moore, 1998, p. 94, menciona que el micelio tiene sistemas múltiples para el ingreso y transporte de nutrientes en distintas regiones y pueden variar con el tipo de sustrato, esto facilita la distribución de nutrientes hacia todas las hifas y en particular a las puntas de las hifas que se encuentran expandiéndose constantemente. Además los hongos micorrícicos presentan vacuolas asociadas con tubos membranosos que pueden extenderse incluso a través de los septos que delimitan cada célula, y le permite al hongo transportar solutos a través de hifas largas de una manera rápida (Webster & Weber, 2007, p. 11). Por lo tanto, el hongo puede formar el basidioma aunque en el lugar de muestreo las condiciones sean distintas dado que posee los medios para adquirir nutrientes disponibles de cualquier lugar que se encuentre en contacto con el micelio, y esto está determinado por la biología del hongo, el tamaño de micelio, y su función dentro del ecosistema.

### 13. CONCLUSIONES

- En un modelo de regresión múltiple paso a paso con un  $p = 0.53$  y un  $AIC = -0.31$ , muestra que las variables que mejor explican la producción de basidiomas de la familia Entolomataceae son K, Mn y la humedad.
- Las variables contempladas en el modelo cumplen funciones importantes en los hongos. El potasio tiene un papel importante en la osmoregulación, el hierro participa activamente en las funciones de respiración, síntesis de citocromos y pigmentos, el manganeso es necesario para la activación enzimática y la humedad es vital para el crecimiento fúngico; por lo que su diferencia puede explicar la diferencia de fructificación de basidiomas en las distintas parcelas.
- Entolomataceae presenta especies únicas en cada una de las parcelas y éstas pueden explicarse en parte por la diferencia entre las variables físicas y químicas, sin embargo, ésta también puede estar dada por la diversidad de usos que los habitantes le dan al suelo o a la interacción que tienen los hongos con la vegetación del lugar.

### 14. RECOMENDACIONES

- Tomar datos de la vegetación que se encuentra en cada parcela.
- Tomar mediciones de luz en el lugar donde se encuentra el basidioma.
- Determinar si los hongos colectados forman micorrizas.
- Hacer una separación de los tipos de sustrato en base al uso que se le da al suelo.
- Determinar el contenido químico del basidioma.

### 15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bills, G.F., Christensen, M., Powell, M., Thorn, G. (2004). *Saprobic Soil Fungi*. En Mueller, G.M., Bills, G.F., Foster, M.S. *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. (pp. 271-302). California: Elsevier Academic Press.
- Blackwell, M., Spatafora, J.W. (2004). *Fungi and Their Allies*. En Mueller, G.M., Bills, G.F., Foster, M.S. *Biodiversity of Fungi: Inventory and Monitoring Methods*. (pp. 7-21). California: Elsevier Academic Press.
- Baroni, T.J., Hofstetter, V., Largent, D.L., Vilgalys, R. (2011). *Entocybe is proposed as a new genus in the Entolomataceae (Agaricomycetes, Basidiomycota) based on morphological and molecular evidence*. North American Fungi, 6(12), 1-19.
- Carlile, M.J., Watkinson, S.C., Gooday, G.W. (2001). *The Fungi* (2ª ed.). Reino Unido: Academic Press.
- Co-David, D., Langeveld, D., Noordeloos, M.E. (2009). *Molecular phylogeny and spore evolution of Entolomataceae*. Persoonia, 23, 147-176.

- Gates, G., Horton, B., Noordeloos, M. (2009). *A new Entoloma (Basidiomycetes, Agaricales) from Tasmania*. Mycotaxon, 107, 175-179.
- Isaac, S. (1997). *Iron is relatively insoluble and often unavailable in the natural environment: How do fungi obtain sufficient supplies?*. Mycologist, 11(1), 41-42.
- Kasuya, T., Takehashi, S., Hoshino, T., Noordeloos, M. (2010). *Entoloma aprile (Agaricales, Entolomataceae) new to Japan, with notes on its mycorrhiza associated with Populus maximowiczii in cool-temperate deciduous forests of Hokkaido*. Sydowia 62(2), 205-233.
- Kosman, D. (2003). *Molecular mechanisms of iron uptake in fungi*. Molecular Microbiology, 47(5), 1185-1197.
- Krumins, J. A., Dighton, J., Gray, D., Franklin, R. B., Morin, P., Roberts, M. (2009). *Soil microbial community response to nitrogen enrichment in two scrub oak forests*. Forest Ecology and Management, (258), 1383-1390.
- Largent, D., Baroni, T. (1988). *How to identify mushrooms to genus IV: Keys to families and genera*. United States of America: Mad River Press.
- Lodge, D.J., McDowell, W.H., Macy, J., Ward, S.K., Leisso, R., Campos, K., Kuhnert, K. (2008). *Distribution and Role of Mat-Forming Saprobic Basidiomycetes in a Tropical Forest*. En Boddy, L., Frankland, J.C., West, P. *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 198-209). Oxford: Elsevier Ltd.
- Mathers, H. (2001). *Nutrient Availability and pH*. Ohio State University.
- Mendez, S. (2008). *Ecología de Comunidades de Macromicetos a lo Largo de un Gradiente Altitudinal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca*. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca.
- Ming, X., Suzuki, A. (2003). *Effect of nitrogen resources and pH on growth and fruit body formation of Coprinopsis phlyctidospora*. Fungal Diversity, 12, 35-44.
- Moore, D. (1998). *Fungal Morphogenesis*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Moore, D., Gange, A.C., Gange, E.G., Boddy, L. (2008). *Fruit Bodies: Their Production and Development in Relation to Environment*. En Boddy, L., Frankland, J.C., West, P. *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 79-103). Oxford: Elsevier Ltd.
- Pallardy, S. (2008). *Physiology of Woody Plants* (3<sup>a</sup> ed.). Missouri: Academic Press.
- Prasad, M.N.V. (1997). *Plant ecophysiology*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Quezada, M., López, R., Morales, O., Ponce, G., Fuentes, A., Molina, V. (2009). *Análisis de la Diversidad de Macrohongos en diferentes estratos altitudinales de los Bosques Nubosos de Guatemala; su conocimiento y uso tradicional: Reserva de la Biosfera La Fraternidad*. Proyecto Agrocyt 19-2005. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Stijve, T. (1996). *Potassium content and growth rate of higher fungi*. Australasian Mycological Newsletter, 15(4), 70-71.

- Swann, E., Hibbett, D.S. (2007). *Basidiomycota. The Club Fungi*. Recuperado de: <http://tolweb.org/Basidiomycota/20520>.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology* (3<sup>a</sup> ed.). U.S.A: Sinauer Associates, Inc.
- Thapar, H., Khan, S. (1973). *Endomycorrhiza in some forest species*. Research Institute and Colleges, 39(6), 687-694.
- Treseder, K. (2005). Nutrient Acquisition Strategies of Fungi and Their Relation to Elevated Atmospheric CO<sub>2</sub>. En Dighton, J., White, J., Oudemans, P. *The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem* (713-731). New York: CRC Press.
- Walker, G.M., White, N.A. (2005). Introduction to Fungal Physiology. En Kavanagh, K. *Fungi Biology and Applications* (1-34). England: John Wiley & Sons Ltd.
- Webster, J., Weber, R. (2007). *Introduction to Fungi* (3<sup>a</sup> ed.). New York: Cambridge University Press.
- Wösten, H., Wessels, J. (2006). The Emergence of Fruiting Bodies in Basidiomycetes. En Esser K., Kües, U., Fischer, R. *The Mycota: Growth, differentiation and sexuality* (393-414). Germany: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

## 16. ANEXOS

### Anexo 1. Resumen de Investigación

#### **RELACIÓN ENTRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA HOJARASCA Y LA FRUCTIFICACIÓN DE BASIDIOMAS DE LA FAMILIA ENTOLOMATACEAE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA LA FRATERNIDAD**

Herrera, Juan<sup>1</sup>, Quezada, Maura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC; <sup>2</sup>Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Herbario BIGU, USAC.

<sup>1</sup>elvenprayer@hotmail.com

**Palabras clave:** Ecofisiología, Entolomataceae, Hojarasca, La Fraternidad, Trifinio

#### **Resumen**

En este estudio se describió la relación entre las características químicas y físicas de la hojarasca y la producción de basidiomas individuos de la familia Entolomataceae colectados en la Reserva de la Biosfera la Fraternidad. Se utilizó la colección de hongos de la familia Entolomataceae que fueron obtenidos durante el proyecto Agrocyt 19-2005, en el año 2007, en tres estratos altitudinales. Se realizaron análisis de varianza para las variables medidas en la hojarasca. Se determinó que el potasio, manganeso, hierro y la humedad presentan diferencia significativa entre las distintas parcelas. Utilizando regresiones múltiples paso a paso, se determinó que el modelo que mejor explica la diferencia en la producción de basidiomas entre las parcelas incluye las variables potasio, manganeso y humedad con un AIC = -0.31 ( $p = 0.53$ ). Las variables incluidas en este modelo pueden explicar en parte la diferencia de fructificación de basidiomas en las parcelas muestreadas dado que cumplen funciones importantes en el desarrollo y reproducción de los hongos, el potasio interviene en la osmoregulación, el hierro participa en la respiración, síntesis de citogromos y pigmentos, el manganeso activa enzimas, y la humedad es vital para el crecimiento fúngico. Por otra parte, en este estudio no se tomó en cuenta las variables como la diversidad de usos antropogénicos del suelo y las interacciones que tienen los hongos en la vegetación del lugar y la influencia que pueden tener sobre la producción de basidiomas.

**Anexo 2. Análisis de sustratos**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



**INTERESADO: MAURA QUEZADA**  
**PROCEDENCIA: ESQUIPULAS, CHIQUIMULA.**  
**FECHA DE INGRESO: 31/10/07**

**ANÁLISIS DE SUSTRATOS**

IDENTIFICACION	pH	ppm		Meq/100 gr		Ppm						% HUMEDAD			
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	M.O	NT	C:N	1/3	15	
		12-16	120-150	6-8	1.5-2.5	2-4	4-6	10-15	10-15						
A-1 TRIFINIO	3.8	5.99	138	2.81	1.13	0.50	5.00	21.50	9.00	47.44	1.39	19.8:1	110.27	71.80	
A-2 TRIFINIO- HUMUS	4.1	6.38	168	4.99	1.03	0.50	3.00	7.50	36.00	23.72	1.31	10.5:1	71.37	39.98	
B-1 TRIFINIO	4.1	3.75	113	3.43	1.18	0.50	2.00	18.50	25.50	24.38	1.20	11.8:1	74.26	42.88	
B-2 TRIFINIO-HUMUS	4.3	12.50	210	1.87	1.29	0.50	3.00	6.50	33.00	57.35	2.34	14.2:1	161.51	99.50	
C-1 HUMUS	5.2	8.88	245	14.66	3.34	0.10	9.50	1.50	75.00	48.10	2.05	13.6:1	129.74	85.91	
C-2 HUMUS	5.3	4.87	215	13.10	3.86	0.50	7.50	3.50	19.50	43.49	1.13	22.3:1	125.86	83.86	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE SUELO-AGUA Y PLANTA  
"SALVADOR CASTILLO ORELLANA"  
SUB-ÁREA DE MANEJO DE SUELOS

CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. EDIFICIO T-8, SEGUNDO NIVEL, OFICINA B-9, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA.  
CÓDIGO POSTAL 01012. APARTADO POSTAL 1545. TEL.: (502) 2443 9500, EXTENSION: 1768. FAX: (502) 2476 9758.