

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

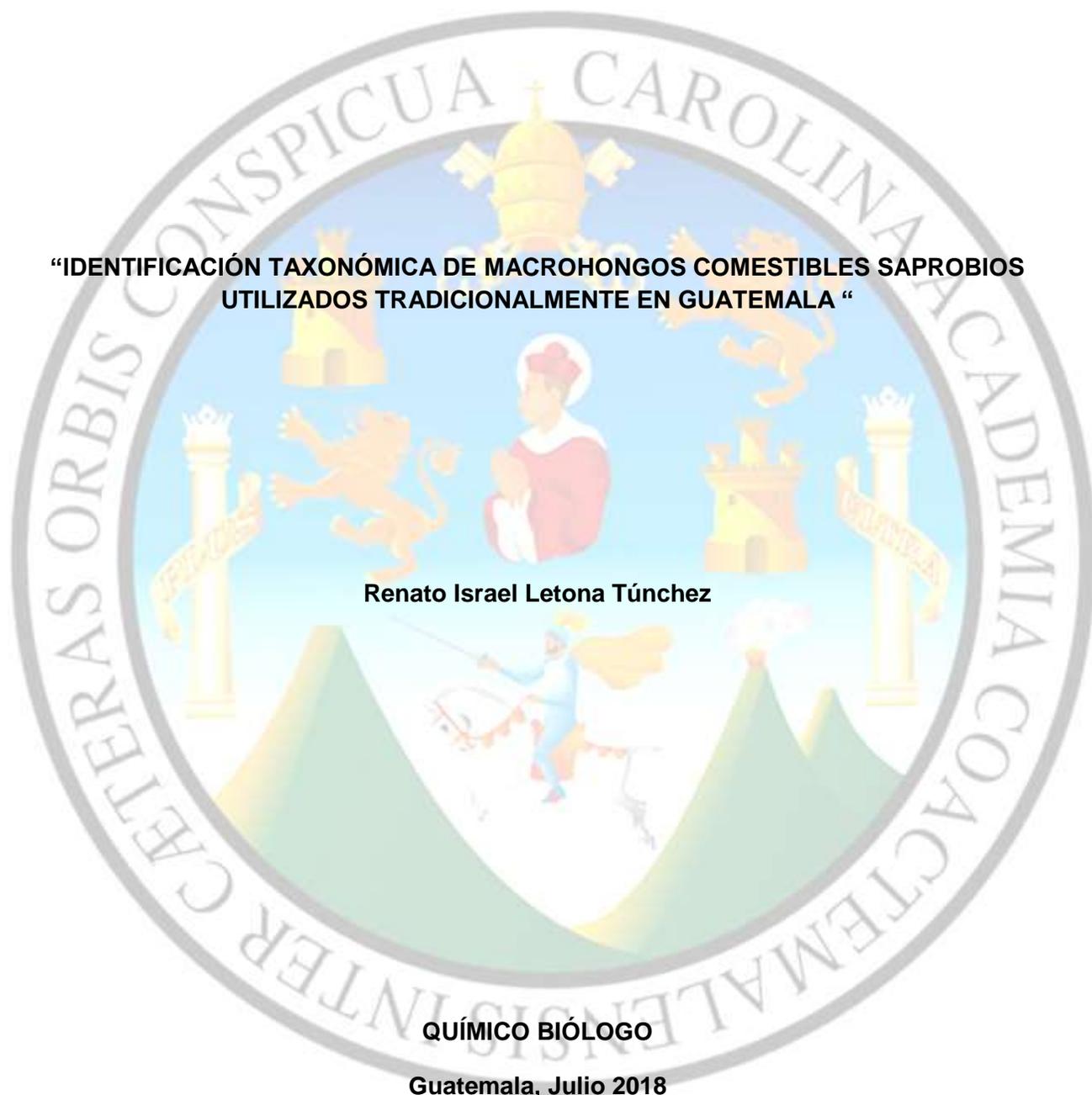
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**

**“IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE MACROHONGOS COMESTIBLES SAPROBIOS  
UTILIZADOS TRADICIONALMENTE EN GUATEMALA “**

**Renato Israel Letona Túnchez**

**QUÍMICO BIÓLOGO**

**Guatemala, Julio 2018**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**“IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE MACROHONGOS COMESTIBLES SAPROBIOS  
UTILIZADOS TRADICIONALMENTE EN GUATEMALA “**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**PRESENTADO POR**

Renato Israel Letona Túnchez

**PARA OBTAR EL TÍTULO DE  
QUÍMICO BIÓLOGO**

**Guatemala, Julio 2018**

## ACTO QUE DEDICO

A <i>Iximulew</i>	Por permitirme ser y estar.
A mis Padres	Luis y Lorena, por ser mi ejemplo y brindarme el apoyo incondicional en este trayecto de mí existencia.
A mis hermanos	Al Enano "Marcel" por el aguante y por su apoyo incondicional. Sara Leonor para fomentar buenos principios y ser un ejemplo en su trayectoria de este aprendizaje de la vida.
A mi hija	Camila Ixchel... Por brindarme nuevamente esas ganas de vivir.
Sandra	Por ser parte y alentarme a seguir adelante en este proyecto.
A mi familia	Primos, primas, tíos, tías, abuelos y abuelas, por permitirme formar parte, por su apoyo y sabios consejos.
A mis amigos	Aquellos que formaron parte y coincidimos en el trayecto de la vida universitaria, aquellos con los que se construyó una bonita amistad y los que dejaron de acompañarnos en este viaje llamado vida.
A los compas	Únicos y especiales, con los que sudamos la camisola de ser estudiante y supimos comprender lo valioso que es el conocimiento adquirido. A los compañeros de lucha, a ellos, a los que no fue un pupitre lo que nos llevó a coincidir, sino la loca idea de querer cambiar y mejorar nuestra alma mater, nuestro país.
A los mártires	Por dejarnos labrado un camino con derechos y obligaciones, por darnos sueños... y hacernos ver que se vale luchar por la construcción de una mejor sociedad.

Vivir la Vida, no morirla.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A mis profesores**

A todos y todas, a ellos a quienes debo mi conocimiento adquirido, muchas gracias por las múltiples enseñanzas.

### **A mis asesores**

Licda. María de Carmen Bran y Lic. Osberth Morales, por sus enseñanzas y apoyo en este proyecto, por su visión en esta última etapa de mi estudio, de la carrera de química biológica, gracias por sus aportes como investigadores de la facultad, de la universidad, del país.

## JUNTA DIRECTIVA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	Decano
M.A. Elsa Julieta Salazar Meléndez de Ariza	Secretaria
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Andreina Delia Irene López Hernández	Vocal IV
Br. Carol Andrea Betancourt Herrera	Vocal V

## ÍNDICE

I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	7
II. RESUMEN	8
III. ANTECEDENTES	9
A. Reino Fungi	9
B. Macrohongos	10
C. Clasificación de los hongos	11
1. Concepto Morfológico	12
2. Concepto Biológico	12
3. Concepto Filogenético	13
D. <i>Phylum Basidiomycota</i>	14
E. <i>Subphylum Agaricomycotina</i>	15
F. Clase <i>Agaricomycetes</i>	15
G. Orden <i>Agaricales</i>	16
H. Orden <i>Boletales</i>	20
I. Estudios realizados en Guatemala	21
IV. JUSTIFICACIÓN	24
V. OBJETIVOS	25
VI. HIPÓTESIS	26
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	27
VIII. RESULTADOS	31
IX. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	40
X. CONCLUSIONES	45
XI. RECOMENDACIONES	46
XII. REFERENCIAS	47
XIII. ANEXOS	54

## I. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

Guatemala cuenta con un gran conocimiento tradicional sobre los hongos comestibles, el cual se ve reflejado en la diversidad de especies que se consumen en distintas comunidades de la región del país. A pesar de esta riqueza cultural, los estudios sobre identificación de hongos comestibles son aún escasos.

Por tal razón, en esta investigación se identificaron taxonómicamente hongos comestibles saprobios de los géneros *Armillaria*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Hygrophoropsis*, *Macrolepiota* y *Lepiota*, que son utilizados tradicionalmente en Guatemala y que se encuentran depositados en la Micoteca "Rubén Mayorga Peralta -MICG-". Además, este estudio forma parte del proyecto macro "Hongos comestibles de Guatemala, diversidad, y nomenclatura vernácula.", que se desarrolla en la Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos, del Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## II. RESUMEN

El presente estudio tuvo la finalidad de contribuir y aportar a la clasificación taxonómica de seis géneros de hongos saprobios comestibles de distintas regiones del país y depositados en colección de hongos de la Micoteca "Rubén Mayorga Peralta -MICG-" de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se analizaron las características microscópicas de 31 especímenes herborizados, recolectados desde los años 1979 a 2013, los cuales eran distribuidos principalmente en mercados locales de las cabeceras departamentales. A través del análisis cualitativo de las características macroscópicas del píleo, himenio y estípite, descritas por el recolector, así como de las características microscópicas observadas y su análisis cuantitativo de esporas, hifas y coeficiente Q de las esporas, se identificaron y describieron taxonómicamente seis especies de distintos géneros: *Armillaria obscura*, *Ampulloclitocybe clavipes*, *Gymnopus dryophilus*, *Hygrophoropsis aurantiaca*, *Lepiota acutesquamosa* y *Macrolepiota procera*.

La identificación de dichas especies constituye el primer estudio taxonómico de especies exclusivamente saprobias que se realiza en Guatemala. Cabe resaltar la importancia que juegan los hongos saprobios, en los distintos nichos ecológicos a donde pertenecen, debido a que estos son los encargados de la degradación de diversos productos. Así mismo, forma parte del acervo cultural de las personas locales que hacen uso de ellos, como comestibles o como una fuente económica.

### III. ANTECEDENTES

#### A. Reino Fungi

El reino Fungi, junto con el reino *Animalia* y *Plantae*, se clasifica dentro del dominio *Eukarya*, de acuerdo con el sistema de clasificación de mayor aceptación en la actualidad. (Montes, Restrepo y McEwen, 2003). Filogenéticamente, este reino está más íntimamente relacionado con los animales que con las plantas (Blackwell, 2011).

La clasificación del reino Fungi ha sido objeto de debate durante muchos años, sin embargo, recientemente las bases en criterios morfológicos, en características de reproducción, así como en estudios filogenéticos de este reino se ha dividido en 10 *phyla*: Chytridiomycota, Monoblepharidiomycota, Blastocladiomycota, Neocallimastigomycota, Microsporida, Zygomycota 1 y 2, Entomophthorales, Glomeromycota, Ascomycota y Basidiomycota (Blackwell, 2011).

Hasta el momento, se han descrito aproximadamente 100,000 especies de hongos, sin embargo, se estima que puede haber incluso entre 3.5 hasta 5.1 millones (Kirk, Cannon, Minter & Stalpers, 2010). Como es notorio, mucha de esta diversidad no ha sido descrita, debido a que muchas especies son muy difíciles de aislar, o en otros casos, porque no en todos los países se pueden aplicar métodos moleculares para identificarlas. No obstante, no existe duda de que los ascomicetes y basidiomicetes comprenden la mayor parte de la diversidad de los hongos (Blackwell, 2011).

Los hongos son organismos que viven en todos los biomas y sobre los más variados sustratos, incluyendo entre éstos a los mismos hongos. Así, se ha registrado la existencia de hongos en áreas desérticas y tropicales, en zonas templadas inclusive en ambientes acuáticos (González, Neptalí y Ruiz, 2005).

Los hongos son fuente de múltiples beneficios ecológicos y de importantes implicaciones para la especie humana. En este aspecto, han dado lugar a diversas industrias, entre las que se pueden mencionar las fermentaciones (bebidas y alimentos), la producción de medicamentos, la producción de sustancias químicas y el cultivo de especies comestibles. Otros hongos pueden ser parásitos tanto de plantas como de animales y llegan a causar enfermedades en seres humanos, tales como el pie de atleta, candidiasis, alergias, entre otras (González et al., 2005).

Por otra parte, otros grupos de hongos contribuyen con la degradación de la materia orgánica, la cual es aprovechada por otros microorganismos y principalmente por plantas superiores para su desarrollo (González et al., 2005).

Como fuente de alimento los hongos poseen minerales como potasio y fósforo, así como, vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> y B<sub>12</sub>, niacina, ácido pantoténico y vitamina C o ácido ascórbico. Además, presentan cantidades sustanciales de tiamina, riboflavina, aminoácidos esenciales leucina y lisina, son bajos en calorías, carbohidratos y grasas, por lo que se recomiendan como dietéticos (Chang & Miles, 2004).

Es importante mencionar que el contenido nutricional se ve afectado por la diversidad de su composición genética, así como por factores ambientales como la naturaleza del sustrato, lo que conduce a diferencias de las cepas (Chang & Miles, 2004).

## **B. Macrohongos**

Los macrohongos o setas, también denominados cuerpos fructíferos (ascomas, basidiomas), se desarrollan en determinados momentos y bajo condiciones adecuadas de luz, temperatura, humedad y sustrato. Su función es la producción de esporas y están formados por largas hifas ramificadas, que son visibles y medibles incluso en centímetros (Alonso, Otero, Lobato, Fernández y Ferreiro, 2014).

Desde el punto de vista de su nutrición, los macrohongos se pueden clasificar en: a) saprobios, que absorben la materia orgánica muerta de los residuos donde crecen; b) parásitos, que se alimentan de otro ser vivo provocándole daño; c) simbióticos que se asocian a otros seres vivos sacando provecho de esta asociación ambas partes. Los hay comestibles y venenosos. Su ciclo de vida es complejo y varía según las clases de hongos (Alonso et al., 2014).

Los macrohongos son una parte integral de todos los sistemas forestales, ya que están íntimamente relacionados con los procesos básicos como el ciclo de nutrientes y su absorción, así como en la descomposición de la materia orgánica. Existe una variedad de árboles incluyendo especies de *Quercus*, *Alnus* y *Pinus*, que forman con ciertos hongos, una relación mutualista altamente especializada, conocida como ectomicorrizas, esta relación es a menudo obligatoria para el crecimiento y sobrevivencia de las dos partes de

esta asociación. Otros hongos son descomponedores primarios de celulosa, hemicelulosa y lignina (Saavedra, 2007).

Las hifas de los macrohongos son estructuras filamentosas y el entramado de estas forman el micelio el cual representa el cuerpo fundamental del hongo. La capa de células fértiles que producen las esporas (himenio) se encuentra en los basidiomas o ascomas en una zona que se denomina himenóforo. Por las esporas que se forman en unas células llamadas basidios, en este tipo de hongos, son conocidos como basidiomicetes. Otros hongos forman las esporas en el interior de células con forma cilíndrica llamadas ascas y se conocen como ascomicetes (Alonso et al., 2014).

### **C. Clasificación de los Hongos**

La clasificación de los hongos ha variado desde el inicio de su estudio y conocimiento. La actual y aún sujeta a discusión, se basa en estudios filogenéticos y características microscópicas, especialmente en la similitud de secuencias de ADN. La secuenciación del ADN a través de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) muy popular en los años '90; provocó grandes avances y una variedad de nuevas especies, lo que resolvió repentinamente los problemas de morfología, caracteres y diferenciación entre especie filogenéticas. El nivel de resolución y la sofisticación de este sistema de estudio, ha sido posibles gracias a los marcadores moleculares (Blackwell, 2011).

En el pasado la clasificación a nivel de especie, se basaba principalmente en el fenotipo y la mayoría de ellas fueron descritas hoy basadas en caracteres morfológicos (Blackwell, 2011).

Un método desarrollado recientemente conocido como el código de barras de la vida, propone clasificar los hongos basándose en métodos moleculares, ya que utiliza diversas regiones del ADN genómico, principalmente secuencias ribosomales y del ADN mitocondrial, y además traza una línea evolutiva de las especies (Tarqui, Narváez y Larralde 2011).

Durante mucho tiempo han existido tres conceptos para clasificar las especies de hongos, los cuales han sido objeto de discusión: el concepto morfológico, el concepto biológico y el concepto filogenético. Las bases genéticas que respaldan algunos de estos conceptos son ampliamente conocidas, como sucede con el concepto biológico (capacidad de cruzarse). Sin embargo, la frecuencia de la reproducción asexual en hongos y la

anastomosis entre hifas puede causar confusión, ya que en su ambiente natural el micelio es visto como unidad fisiológica y ecológica cuando, en realidad, es un mosaico genético (Montes et al., 2003).

## **1. Concepto morfológico**

Se basa principalmente en las estructuras de reproducción sexual y asexual. De esa manera, para la clasificación de grupos mayores como los *phyla*, se usan básicamente algunas características de las esporas sexuales y su proceso de producción; aunque algunas de ellas están sujetas a variaciones según las condiciones ambientales. Para niveles jerárquicos más bajos, como a nivel de especie, se emplea la pigmentación, la forma y la topología de estructuras como conidios, células conidiógenas, conidióforos y cuerpos fructíferos (Montes et al., 2003; Tarqui et al., 2011).

La observación de las características mencionadas anteriormente, constituyen el método clásico de identificación de la mayoría de especies de hongos, sin embargo, se basa en divisiones artificiales que no se evidencian en las relaciones de parentesco evolutivo entre los individuos. Además, poseen un valor limitado ya que involucran subjetividad en la definición de especie, ya que se basa exclusivamente en el grado de diferencia según el observador (Montes et al., 2003).

## **2. Concepto biológico**

Este concepto se desarrolló antes del advenimiento del análisis filogenético y hace énfasis en el intercambio genético. Una especie se considera como población, si existe la capacidad de cruce entre sí, dando progenies fértiles, aisladas por barreras reproductivas de los diversos organismos. En efecto, existen dificultades para realizar las pruebas de apareamiento en el laboratorio, ya que falta distinguir entre el actual flujo de genes y el potencial flujo de genes en la naturaleza. Este concepto no se puede aplicar a los hongos que no sean cultivables en el laboratorio y de aquéllos que no entren en meiosis durante el proceso de reproducción, puesto que solo desarrollan las características de la fase asexual y en muy pocas ocasiones las fases teleomorfas (Montes et al., 2003; Tarqui et al., 2011).

### 3. Concepto filogenético

Los estudios filogenéticos aplicados a diversos grupos taxonómicos, depende de las regiones moleculares y del algoritmo o método estadístico empleado para establecer las relaciones evolutivas. Estos rasgos o atributos pueden ser identificados comúnmente por caracteres morfológicos, pero los caracteres moleculares son particularmente útiles en organismos no cultivables e indistinguibles morfológicamente (Montes et al., 2003; Tarqui et al., 2011).

Existen varios métodos para la reconstrucción de las relaciones filogenéticas entre los organismos. Entre ellos se encuentran la máxima parsimonia y la máxima verosimilitud. En la máxima parsimonia, la hipótesis filogenética escogida es aquella con el menor número de pasos o cambios para el actual estado de los caracteres. En la máxima verosimilitud, la estimación de las relaciones filogenéticas entre los organismos se realiza a través de la computación de las similitudes de distribución de los caracteres con base en modelos predeterminados de evolución. El uso del concepto filogenético de especie ha sido propiciado por los cambios en la sistemática tradicional e introducida, principalmente, por el uso del análisis filogenético y la incorporación de las técnicas de biología molecular (Montes et al., 2003).

El desafío de la taxonomía fúngica moderna es eliminar nombres redundantes (sinónimos) al mismo tiempo que acelera la denominación de las especies recién descubiertas. Esta sistemática es regulada por el “Código Internacional de Nomenclatura Botánica”. El mismo ha sido criticado como arcaico, debido a que incluye un sistema dual de nomenclatura que crea diferentes nombres para estados anamorfos (asexual) y teleomorfos (sexual) de la misma especie, lo que complica los esfuerzos para clasificar los taxones que se descubren a través de estudios moleculares (Hibbett & Taylor, 2013).

Hibbett & Taylor (2013) indicaron que la aplicación de los términos, taxonomía y sistemática, a menudo se superponen, pero tienen una diferencia sutil en el sentido de que: “taxonomía es la teoría y la práctica de clasificación de los organismos, mientras que la sistemática es el estudio científico y la diversidad de los organismos y de cualquier relación entre ellos”... Más sencillamente, la sistemática es la ciencia de la diversidad de los organismos y se ocupa de las poblaciones, especies y taxones superiores.

#### D. *Phylum Basidiomycota*

El *Phylum Basidiomycota* representa aproximadamente el 37% del reino Fungi, con más de 30,000 especies descritas. La mayoría son terrestres, pero algunos habitan en agua dulce o ambientes marinos. Muchos de ellos son saprobios ya que su nutrición se basa en la descomposición de la materia orgánica muerta, incluyendo madera y restos de hojas. Otros hongos como las setas silvestres, crecen en una relación simbiótica con las raíces de los árboles, formando ectomicorrizas. Por otra parte, no todos crecen de forma micelial, algunos son de tipo levadura y otros son dimórficos, es decir, capaces de conmutar del estado micelial al estado de levadura, algunas de estas formas son muy patógenas para el humano, como *Cryptococcus neoformans* (Alonso et al., 2014; Webster & Weber, 2007).

Se caracterizan por la presencia de basidios, células especializadas que tras la cariogamia y la meiosis producen cuatro basidiosporas (en la mayoría de los casos) en su parte exterior. El ciclo de vida de un basidiomicete típico, se caracteriza por generar tres tipos de micelio: primario, secundario y terciario. El micelio primario se desarrolla directamente a partir de la germinación de basidiosporas haploides, las cuales producen hifas uninucleadas, pero luego se tabican formando así el micelio multicelular monocariótico. El micelio secundario se origina por plasmogamia de las hifas compatibles del micelio primario, las cuales se fusionan entre sí formando células binucleadas ( $n + n$ ); o micelio secundario dicariótico. El micelio terciario está representado por los tejidos especializados del cuerpo fructífero del hongo: el basidio, la fíbula y el micelio dicariótico terciario (Saavedra, 2007).

Según la morfología de los basidios se clasifican en *Heterobasidiomicetes* (basidios septados longitudinal o trasversal) y *Holobasidiomicetes* (basidios sin septos). En estudios recientes se demostró que el primer grupo no es monofilético ya que los basidios septados son la única característica ancestral que comparten los basidiomicetes (Saavedra, 2007).

Actualmente el *phylum Basidiomycota* incluye 3 *subphyla* mayores: Pucciniomycotina, Ustilaginomycotina y Agaricomycotina, los cuales, según estudios de secuenciación de ARNr y genes codificantes de proteínas, poseen un mayor grado de convergencia monofilética (Mueller, Bills & Foster, 2004; Hibbett & Taylor, 2013).

## **E. Subphylum Agaricomycotina**

Contiene aproximadamente 20,000 especies descritas (70% de basidiomicetes), y presentan una amplia variedad de estrategias ecológicas que los caracterizan. Hibbett (2006) describe que los géneros pertenecientes a Agaricomycotina son muy variables, tanto por sus características microscópicas como macroscópicas. Uno de los caracteres más importantes en la taxonomía, son las diversas formas de los basidios ya sean, con septos transversales o longitudinales (heterobasidios) o sin septos (holobasidios).

La mayoría de los hongos de este grupo producen cuatro esporas por basidio, pero algunas especies producen de una hasta ocho esporas. Una de las características más importantes es la presencia de “dolíporos”, estructuras que se encuentran en los poros en las células de las hifas septadas. La mayoría de especies conocidas de este subphylum son filamentosas y producen un cuerpo fructífero multicelular. Aunque este no siempre es lo que se consideraría como un “macrohongo” (seta); algunos miembros de este grupo son levaduras y no producen ningún cuerpo fructífero (Hibbett, 2006).

Se han propuesto varias clasificaciones para el subphylum Agaricomycotina, sin embargo, recientes análisis filogenéticos en combinación con ARNr nuclear y diversos genes que codifican proteínas, la han dividido en tres clases: Tremellomycetes, Dacrymycetales y Agaricomycetes (Hibbett, 2006; Hibbett et al., 2007).

## **F. Clase Agaricomycetes**

Los Agaricomycetes contiene aproximadamente 16,000 especies descritas, que representan el 98% del *subphylum* Agaricomycotina. Este grupo comprende los macrohongos (setas) más conocidos y visibles. Se ha informado que algunas especies tienen redes miceliales estimadas en 15 hectáreas de área, con una masa de 10,000 kg y una edad de 1,500 años. Estos hongos tienen un impacto ecológico amplio a través de sus actividades como descomponedores de madera y simbioses ectomicorrízicas de árboles forestales (pinos, robles, *Dipterocarpaceas* y eucaliptos). Habitan en casi todos los ecosistemas terrestres y algunos en hábitats acuáticos (Hibbett, 2006).

En esta clase se encuentran la mayoría de hongos comestibles por el ser humano, pero también hay hongos que producen metabolitos secundarios tóxicos o alucinógenos (Hibbett et al., 2007).

Desde de la década de los ´90 la clasificación filogenética de los Agaricomycetes ha mejorado dramáticamente (Hibbett & Taylor, 2013). En la clasificación actual existen 19 clados que representan la clase de los Agaricomycetes de los cuales únicamente 12 han sido nombrados y aceptados como taxones formales: Agaricomycetidae, Russulales, Polypolares, Thelephorales, Gloeophyllales, Corticiales, Hymenochaetales, Phallomycetidae, Trechisporales, Cantharellales, Sebaciniales y Auriculariales. Dentro del grupo de Agaricomycetidae están incluidos los órdenes Agaricales, Boletales y Atheliales (Hibbett et al., 2007).

### **G. Orden Agaricales**

Los Agaricales comprenden el orden más grande de los hongos formadores de setas. Se han descrito más de 9,000 especies en más de 350 géneros y 26 familias. La mayoría de éstos son terrestres, lignícolas y saprobios y muchos de estos también son micorrizicos, raras veces, se asocian con algas verdes unicelulares o cianobacterias y forman líquenes (Zhao, Desjardin, Soyong & Hyde, 2008). Las especies de Agaricales habitan desde desiertos, pastizales, bosques, tundras y costas en las regiones templadas en el ártico y zonas alpinas (Matheny & Curtis, 2006).

Además, muchas orquídeas y plantas micotróficas se nutren a través de algunos Agaricales, además de otros grupos de Agaricomycetes. Existen varias especies que establecen relaciones simbióticas con hormigas y termitas, algunos otros son depredadores de nemátodos. Especies de *Armillaria*, *Athelia*, *Moniliophthora* y *Mycena* son patógenas de plantas, mientras que especies de los generos *Agaricus*, *Letinula*, *Termitomyces*, *Tricholoma* y *Volvariella* son hongos comestibles sumamente importantes para diversas culturas (Matheny & Curtis, 2006).

Setas psicotrópicas o alucinógenas como *Psilocybe* y otros géneros también se ubican en este orden y otras especies de *Amanita*, producen toxinas letales para los seres humanos (Matheny & Curtis, 2006).

No se conocen rasgos morfológicos, ecológicos o bioquímicos que unifiquen taxonómicamente a todos los Agaricales. A pesar de las diversas evidencias moleculares de los caracteres monofiléticos estudiados recientemente, la sistemática más influyente en la taxonomía de los Agaricales, aún utiliza caracteres anatómicos y macroscópicos en la reorganización de familias y géneros. Sin embargo, molecularmente se han reconocido seis

clados mayores dentro del orden Agaricales: Agaricoide, Tricholomatoide, Marasmioide, Pluteoide, Hygrophoroide y Plicaturopsidoide. Cada uno de estos incluyen diferentes familias y géneros con convergencias y características similares a nivel molecular (Matheny & Curtis, 2006; Zhao et al., 2008).

Cada clado posee una diversidad de familias y géneros que aún siguen estudiándose a nivel de genética molecular y aún existen varios géneros de setas con láminas que no se encuentran en ninguno de los clados mencionados anteriormente. El clado *Pluteoide* por ejemplo, se caracteriza por poseer numerosos cistidios y en él se encuentran familias como *Pluteaceae*, *Amanitaceae*, *Pleurotaceae* y *Limnoperdonaceae*. El clado Hygrophoroide un grupo monofilético, incluye en su mayoría hongos saprobios, liquenizantes y coraloides, y cuenta con familias como *Pterulaceae*, *Hygrophoraceae*, *Typhylaceae*. El clado Marasmiodie está formado por hongos saprobios con láminas, en su mayoría descomponedores de madera y hojarasca. Las familias pertenecientes a este clado son *Omphalotaceae*, *Cyphellaceae*, *Lachnellaceae*, *Marasmiaceae*, *Physalacriaceae* y *Schizophyllaceae*. El clado Tricholomatoide incluye cuatro familias, en donde predominan especies con píleo y estípote, entre ellas, *Mycenaceae*, *Tricholomataceae*, *Entolomataceae* y *Lyophyllaceae* (Zhao et al., 2008).

Finalmente, el clado Agaricoide se caracterizan porque las basidiosporas poseen un poro germinativo, además de ser pigmentadas; entre las familias correspondientes a este clado se encuentran *Agaricaceae*, *Coprinaceae*, *Hydnangiaceae*, *Cortinariaceae*, *Gymnopileae*, *Inocybaceae*, *Bolbitiaceae* y *Nidulariaceae* (Binder & Hibbett, 2002).

#### **a) Género *Armillaria***

Pertenece al clado Marasmioide y a la familia *Marasmiaceae*. Posee esporada blanca, con esporas binucleadas, elipsoides, laminas libres y con margen sinuoso, nunca decurrentes y con un velo bien desarrollado. El estípote se encuentra unido fuertemente al píleo. Generalmente son especies asociadas a la madera viva o muerta. Parasitan robles y pinos. Algunas especies se asemejan mucho a algunas especies de *Amanita* y *Lepiota* (Atkinson, 1961).

En Guatemala se ha informado de la comestibilidad de *Armillaria polymyces*, un hongo muy popular en la región de Alta Verapaz, donde se le conoce como “Silip”. También se ha

comunicado que *Armillaria obscura* se consume en Tactic, Alta Verapaz; San Mateo Ixtatán, Huehuetenango y Uspantán, Quiché (Bran, Morales, Cáceres y Flores, 2003a).

#### **b) Género *Clitocybe***

Este género pertenece a la familia *Tricholomataceae*, del clado Tricholomatoide. La esporada es de color blanco, beige, crema o amarillo claro y las esporas, son elipsoides con uno o hasta tres núcleos. Las láminas se estrechan hacia el estípite y son decurrentes de color blanco, apretadas y muy numerosas, que carecen de cístidios. El estípite es esponjoso en el interior y con el exterior fibroso, fuertemente unido al píleo. Este género contiene 300 especies aproximadamente. Generalmente son saprobios, algunos son considerados comestibles y otros venenosos, puesto que algunos contienen la toxina muscarina (Atkinson, 1961; Singer, 1986).

Cáceres (2011) informó que, en el departamento de Chimaltenango, específicamente en la comunidad de Xenotox de San Juan Comalapa, *Clitocybe* sp se conoce como “*Saqtüb*” en idioma Kaqchikel. Además, Bran y otros (2003a), comunicaron que en el departamento de Totonicapán se consume *Clitocybe clavipes*.

#### **c) Género *Collybia***

Este género pertenece al clado Marasmioide y a la familia *Marasmiaceae*. Una de las características de este género es que poseen esporada de color blanco, crema o rosa, con esporas de forma globosa a elipsoide, algunas veces con paredes cianofílicas y pseudoamiloides. Las láminas no son decurrentes o sinuosas al margen, carecen de cistidios, aunque algunas especies poseen queilocistidios y rara vez presenta anillo y volva. El estípite es bastante carnoso en la parte externa y bastante fibroso por la parte central. El píleo es carnoso convexo y liso, en especímenes jóvenes el margen se encuentra curvado, la trama laminar presenta fíbulas (Atkinson, 1961; Singer, 1986).

En Guatemala, se ha informado que varias especies del género *Collybia* se consumen en Técpan, en San Juan Comalapa, Chimaltenango, Totonicapán, así como en Chichicastenango. Las especies reportadas son *Collybia butyracea*, *C. polyphylla* y *C. dryophila* (Sommerkamp, 1990; Bran et al., 2003a).

#### **d) Género *Lepiota***

Estudios moleculares ubican este género en la familia *Agaricaceae* del clado Agaricoide. La esporada es de color blanco y rara vez tienen un tinte color rosado, con esporas elípticas a ovals, en su mayoría pseudoamiloides, con pared cianófila. Carecen de volva y presentan velo formando un anillo alrededor del estípite. Las láminas son libres (no unidas al estípite), de color blanco a crema. La trama laminar presenta fíbulas y en algunas ocasiones presenta cistidios, aunque en la mayoría de especies se encuentran ausentes. Son organismos saprobios con una preferencia a suelos calcáreos (Atkinson, 1961; Singer, 1986).

Su distribución es cosmopolita. La mayoría se encuentran en regiones tropicales y subtropicales, algunas especies se utilizan como alimento, aunque otras son patógenas para algunas plantas o tóxicas para humanos, ya que producen la toxina muscarina (Singer, 1986).

En Guatemala, *Lepiota* sp se ha reportado como comestible en la región de Totonicapán, aunque aún está pendiente de identificar la especie. (Bran, Morales, Flores, Rodríguez, Salazar, Cáceres y García, 2003b; Morales, Bran y Cáceres, 2010).

#### **e) Género *Macrolepiota***

Pertenece al clado Agaricoide de la familia *Agaricaceae*. Se distingue del género *Lepiota* por el tamaño de los basidiomas. La esporada es de color blanco, rosa pálido, con esporas que presentan un poro germinal liso y bastante voluminoso. El píleo es escamoso y con mamelón central, las láminas son libres y de color blanquecino, el estípite es bulboso con anillos dobles. No presenta cistidios en las láminas. Las hifas de la trama laminar presentan fíbulas (Atkinson, 1961; Singer, 1986). Recientes estudios moleculares separan este género en dos clados, el primero comprende *M. procera*, *M. mastoidea*, *M. clelandii*. El segundo y más diverso comprende *M. rachodes*, *M. globosa*, *Chlorophyllum molybdites*, *C. hortensis* y *Leucoagaricus*. Esta clasificación se apoya en caracteres morfológicos, tales como la estructura de la cubierta del píleo, el estípite, la forma del poro germinal y el ápice de la espora (Vellinga, Kok & Bruns, 2003).

Las setas de este género en su mayoría son comestibles, aunque existen especies altamente tóxicas y se caracterizan por sus grandes tamaños. En supermercados de Asia, África y Europa estos hongos alcanzan los primeros lugares en cuanto a precios (Singer,

1986). De este género, en Guatemala se ha informado de la comestibilidad de *Macrolepiota procera*, en la región de Jacaltenango Huehuetenango (Bran et al., 2003b).

## H. Orden Boletales

El orden Boletales es uno de los principales grupos de hongos ectomicorrícicos formadores de macrohongos presentes en la mayoría de los ecosistemas forestales de todo el mundo. Contiene aproximadamente 1,000 especies descritas (esto podría ser una subestimación si se toma en cuenta que los hongos del neotrópico y el paleotrópico están muy poco estudiados), en vista de la diversidad existente de formas del cuerpo fructífero, ha existido una gran homoplasia en la evolución de los Boletales y no existe un carácter morfológico obvio que unifique al grupo. La reconstrucción evolutiva sugiere que los Boletales provienen de un ancestro resupinado saprobio o Polyporoide. Estudios moleculares basados en análisis filogenéticos utilizando ADNr nuclear y mitocondrial demostraron que los Boletales son un grupo monofilético y otros análisis de datos multigénicos confirmaron que los Boletales son muy cercanos a los Agaricales y Atheliales (Binder & Hibbett, 2006).

Los Boletales incluyen formas conspicuas estípitadas con píleo e himenóforo, el cual a veces presenta formas tubulares o laminares, aunque otras veces, producen formas intermedias que muestran transiciones entre estos dos tipos de himenóforo. En este orden también se incluyen varios Gasteromycetes, los hongos resupinados descomponedores de cortezas, los Meruloides, los Hydroides (dentados), y una especie denominada *Bondarcevomyces taxi* (Binder & Hibbet, 2006).

Sin embargo, en el orden de los Boletales se reconocen actualmente seis clados principales: Tapinellineae, Coniophorineae, Boletineae, Paxillinae, Sclerodermatineae y Suilineae (Binder & Hibbet, 2006).

Los hábitats en los que se desarrollan los Boletales son principalmente formando asociaciones de micorrizas con plantas como *Betulaceae*, *Casuarinaceae*, *Dipterocarpaceae*, *Ericaceae*, *Pinaceae*, *Salicaceas*. Estudios detallan el desarrollo enzimático de descomposición de madera de coníferas como una forma ancestral de nutrición, conocido como podredumbre café, colocando como grupo parafilético en la base de los Boletales a los clados Tapinellineae, Coniophorineae, Serpulaceae, Hygrophoropsidaceae (Binder & Hibbet, 2006).

### a. Género *Hygrophoropsis*

Actualmente se le ha clasificado tanto en el clado de Coniophorineae, como se ha mencionado, o en el clado Higrophoropsidaceae. *Hygrophoropsis* en muchas ocasiones ha sido confundido con *Cantharellus cibarius* debido a su parecido en el color y láminas con este género (Garibay, 2009).

Una de las características que distingue este género es la esporada de color blanco amarillento o crema pálido. Las esporas son elipsoides o cilíndrica, subhialinas, lisas, pseudoamiloides o inamiloides, con pared cianófila, subglobosas. El himenóforo es laminar, con láminas decurrentes, estrechas, arqueadas y en algunos especímenes pueden tener bordes obtusos y fuertes, presentan bifurcaciones y a veces hasta ser anastomosadas. El estípote es carnoso y tenaz, puede ser central, excéntrico o lateral (Atkinson, 1961).

En Guatemala, según estudios realizados se ha informado que se le conoce como “anacate” y se comercia junto con *C. cibarius* (Morales et al., 2010; Sommerkamp, 1990).

### I. Estudios realizados en Guatemala

El primer estudio sobre macrohongos en el país, fue realizado por Sharp en el año 1948, quien informó especies silvestres y que se observaron a la venta en mercados regionales, entre ellas *Amanita caesarea* y *C. cibarius*. Lowy (1974) documentó *A. caesarea* en Sololá y Chimaltenango y además publicó artículos en 1980 y 1972 sobre las denominadas piedras-hongo. En mercados de la ciudad de Guatemala y del municipio de Mixco, en 1983 se reportaron las especies comestibles de *C. cibarius* y *Lactarius indigo*, además, en San Juan Sacatepéquez era común encontrar *A. caesarea* y *L. indigo* (Argueta, 1983).

En el año de 1985 se reportó una nueva especie comestible en el país, *Morchella guatemalensis*, la cual crece en bosques de encino y ciprés del departamento de Chimaltenango (Guzmán, Torres, Logemann, Argueta & Sommerkamp, 1985).

En el año de 1990 se publicó un listado de las especies de hongos depositadas en el herbario de la Universidad De San Carlos de Guatemala, donde se revisaron 260 especímenes y se identificaron 161 especies procedentes de 40 localidades. Dentro de las especies identificadas se encontraron hongos tóxicos, medicinales, alucinógenos y comestibles, estos últimos de venta en los mercados locales y muy populares en la región;

entre ellos, *Helvella lacunosa* y *H. crispae*, *Hypomyces lactifluorum*, los cuales se conocen como “oreja de ratón” y “trompa de coche”, respectivamente. También *Agaricus campestris*, *A. caesarea* y *A. polymyces* conocidos como hongo de mayo, hongo de San Juan o q´tazuy en Kaqchikel y silip respectivamente. Ese mismo año se publicó un estudio de hongos comestibles en los mercados de 22 cabeceras departamentales que conforman la República de Guatemala, en el que se informaron 21 especies, de las cuales 3 fueron Ascomycetes y 18 Basidiomycetes. Los más reconocidos fueron *A. caesarea*, *C. cibarius*, *Craterellus lateritius*, *L. deliciosus* y *L. indigo* (Sommerkamp y Guzman, 1990).

En un estudio etnomicológico realizado en la región de Chipotón, Sumpango, Sacatepéquez se informó sobre el consumo de los hongos *Helvella crispa* y *Russula rosea* (Herrera, 1991). En otro estudio se reportó que en Quetzaltenango se consume *Agrocybe cylindracea* y *A. caesarea*. En Todos Santos Cuchumatán y San Mateo Ixtatán en Huehuetenango, se conocen *L. salmonicolor* y *Cathatelasma ventricosum* (Flores, Bran, Rodríguez, Morales, Berdúo y Montes, 2002). Uno más llevado a cabo en Tecpán, Chimaltenango, documentó más de 30 especies de hongos comestibles, entre las que se pueden mencionar *Laccaria amethystina*, *Pseudohydnum gelatinosum* y *Tremella reticulata* (Morales, Flores, Samayoa y Bran, 2002).

En el año 2001 se realizó un estudio de cuatro fases, que estableció el inventario de especies de hongos comestibles silvestres que se consumen tradicionalmente y principalmente en comunidades del interior del país, el cual concluyó en el año 2004. En este estudio se realizaron recolectas en bosques y mercados del centro, occidente y norte del país y se logró documentar 70 especies comestibles, entre las que destacaron *Auricularia fuscosuccinea*, *Chroogomphus jamaicensis*, *Gyromitra infula*, *Neolentinus ponderosus* y *Pleurotus smithii* (Bran et al., 2001, 2003a-b, 2004).

Finalmente, se realizó una revisión de las especies comestibles informadas en toda la literatura publicada desde el año 1948 a 2010, en la cual se concluyó que los hongos comestibles se utilizan en 48 municipios, perteneciente a 20 departamentos del país, cantidad que corresponde a 14.4% del total de municipios que conforman Guatemala., Además, se registraron 83 especies de hongos incluyendo dos variedades. Las de mayor importancia socioeconómica para la población fueron *A. caesarea*, *L. deliciosus* y *L. indigo*, “shara amarilla” y “shara azul”, respectivamente; dado que cada una de ellas se consume en 19 Municipios del país. *C. cibarius* es una especie popular en el norte, centro, occidente

y oriente del país y se registró en 17 Municipios, donde se le denomina principalmente con el nombre de “anacate” y “q’axul” en idioma Kaqchikel. Durante el período de transición entre la temporada seca y lluviosa (marzo-abril), en el Municipio de San Mateo Ixtatán (Huehuetenango) y lugares cercanos, se recolecta y consume *N. ponderosus* (comercializado en grandes cantidades en el mercado local). En los inicios de la temporada lluviosa, la primera especie en desarrollarse es *A. campestris* (en el mes de mayo), seguida de *A. cylindracea*, el complejo *A. caesarea*, *A. garabitoana* y *Pleurotus* spp. (junio-julio), las cuales se recolectan y se comercializan. Este período es el de mayor movimiento comercial del mercado de hongos comestibles en casi todo el país, dado que tanto el complejo *A. caesarea*, como *A. garabitoana*, gozan de gran aprecio y demanda popular (Morales et al., 2010).

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Actualmente Guatemala padece diversas dificultades económicas, sociales y culturales, que apuntan hacia la pérdida de identidad etno-cultural para el país. En este sentido, los estudios que documentan el saber tradicional de los habitantes del país han sido muy escasos y aún existen dificultades y falta de motivación para documentar el conocimiento y descubrimiento de la riqueza micológica, en especial, sobre macrohongos.

En este país se cuenta con una amplia y ancestral tradición de recolecta y consumo de hongos, conocimiento que se torna gráfico, al recorrer los mercados del país en época lluviosa. Así pues, los hongos macromicetos constituyen un recurso natural sumamente útil que se debe seguir conservando (Sommerkamp, 1994).

Desde que se iniciaron los estudios con macrohongos en el país en el año 1948, solamente se han documentado 83 especies y dos variedades de hongos comestibles y los géneros *Amanita*, *Lactarius*, *Cantharellus* e *Hydnum*, son los que más se conocen. Lo anterior demuestra que los hongos comestibles de naturaleza ectomicorrízica han sido los más estudiados e identificados taxonómicamente. Por el contrario, muchas especies de macrohongos comestibles cuyos hábitats se encuentran en la madera, la hojarasca y la materia vegetal en descomposición, han recibido menos atención. Al respecto, muchos macrohongos saprobios cuya comestibilidad se ha comprobado en diversas localidades indígenas del país y que poseen uno o varios nombres vernáculos, aún no han sido identificados y solamente se encuentran depositados en la Micoteca “Rubén Mayorga Peralta” MICG, del departamento de Microbiología (Morales et al., 2010).

Por tal razón se hace necesario la identificación taxonómica de macrohongos comestibles saprobios de los géneros *Armillaria*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Hygrophoropsis*, *Lepiota* y *Macrolepiota*, cuya comestibilidad y nomenclatura tradicional ha sido documentada en el país y cuyos especímenes se encuentran depositados en la micoteca MICG.

En este proyecto se identificaron especies comestibles saprobias del país, que son utilizados tradicionalmente en distintas comunidades. De este modo, Guatemala reiterará su posición como el segundo país de Latinoamérica con mayor conocimiento tradicional sobre hongos comestibles.

## V. OBJETIVOS

### **General:**

Estudiar taxonómicamente macrohongos comestibles saprobios de uso tradicional en Guatemala.

### **Específico:**

Identificar especies de los géneros *Armillaria*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Hygrophoropsis*, *Lepiota* y *Macrolepiota*, a través de la determinación de caracteres macro y microscópicos.

## **VI. HIPOTESIS**

Esta investigación es un estudio descriptivo, por lo que no se plantean hipótesis.

## VII. MATERIALES Y METODOS

### A. Universo de trabajo

#### 1. Universo

Especímenes de hongos recolectados en Guatemala y depositados en la micoteca "Rubén Mayorga Peralta" MICG de la Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia.

#### 2. Muestra

30 especímenes de hongos de los géneros *Armillaria*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Hygrophoropsis*, *Lepiota*, *Macrolepiota* recolectados en diferentes localidades de Guatemala y depositados en la Micoteca "Rubén Mayorga Peralta" MICG de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, recolectados desde los años 1979 a 2013.

### B. Recursos

#### 1. Recursos humanos

- a. Asesores
  - Lic. Osberth Morales
  - Licda. María del Carmen Bran
- b. Estudiante
  - Br. Renato Letona

#### 2. Recursos institucionales

- a. Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- b. Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos (UBioTAH), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

## **C. Materiales y reactivos**

### **1. Equipo**

- Microscopio *Leica* CME (calibrado en  $\mu\text{m}$ )
- Estereoscopio LW Scientific
- Cámara Digital Sony Cyber Shot 10.1 Mega pixels

### **2. Materiales**

- Láminas portaobjetos
- Láminas cubreobjetos
- Navajillas de afeitar marca Gillette®
- Aguja de disección
- Papel mayordomo
- Papel limpiantes

### **3. Equipo de oficina**

- Papel bond tamaño carta 80 g
- Lapiceros
- Fólder
- Ganchos para fólder
- Cuaderno de trabajo
- Grapas
- Marcadores permanentes
- Cinta adhesiva

### **4. Reactivos**

- Solución de KOH al 5% : Permite clarificar, disuelve elementos celulares de los hongos,
- Reactivo de Melzer : permite determinar el comportamiento a la reacción amilode, dextrinoide o ausencia de reacción.
- Colorante Rojo Congo al 1% : colorante ácido, permite la tinción de estructuras internas de los especímenes.

- Colorante Azul de Lactofenol: Inactiva enzimas líticas de la célula fúngica e impide que se rompa, tiñe la quitina presente en las muestras fúngicas.
- Ácido láctico: preserva estructuras fúngicas, por medio de un cambio de gradiente osmótico.
- Aceite de inmersión para microscopía

## **D. Procedimiento**

### **1. Selección de especímenes**

Se seleccionaron 31 especímenes herborizados depositados en la micoteca "Rubén Mayorga Peralta" - MICG -de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Estos especímenes están clasificados dentro de los géneros de interés, *Armillaria*, *Clitocybe*, *Collybia*, *Hygrophoropsis*, *Lepiota*, *Macrolepiota* y *Pleurotus* de Guatemala, que posean la respectiva descripción macroscópica que se realiza al ingresar a la colección y cuentan con cuerpos fructíferos herborizados completos, otras muestras, solo cuentan con la ficha técnica de recolección.

#### **a. Análisis de estructuras microscópicas**

La obtención de los datos homogéneos se realizó a través de las técnicas sugeridas por Largent (1977), descripciones y mediciones microscópicas de cada una de las partes de los basidiomas. Por medio de cortes transversales de las láminas del himenio de cada espécimen, se realizaron 20 mediciones aleatorias de los cortes en campos microscópicos con objetivo de inmersión (Largent, 1977).

Se analizó la forma, la simetría, tamaño y ornamentación de las esporas, y se calculó el coeficiente Q. Así mismo, se realizó 20 mediciones, de las estructuras que conforman y distinguen cada género: esporas, hifas de la trama laminar, hifas del contexto del píleo, basidios, basidiolos, cistidios (si presentan), pileipelis, fíbulas, entre otras características, para ello se utilizaran los colorantes previamente mencionados (Largent, 1977).

## **b. Análisis de estructuras macroscópicas**

A partir de las descripciones macroscópicas de las características del píleo, himenio, estípote, contexto, se amplió el conocimiento y la variabilidad de los distintos cuerpos fructíferos de las diferentes especies estudiadas, y su importancia para la clasificación taxonómica de cada una de ellas.

## **c. Descripción e identificación de especies**

Se integraron las características y análisis de las mediciones, se documentó la descripción de cada especie y se compararon las descripciones obtenidas con las reportadas en la literatura y se identificaron las especies recolectadas entre 1979 al 2013 en Guatemala.

## **d. Presentación y análisis de resultados**

### **• a. Variables cuantitativas**

Comprendidas por los diferentes parámetros medidos, mínimas y máximas de largo, ancho y coeficiente Q de las estructuras de interés observadas de cada espécimen; analizados por estudios multivariados tipo clúster para ciertas secciones de los géneros estudiados, con el fin de agrupar los especímenes con mayor similitud entre sus variables cuantitativas.

### **• b. Variables cualitativas**

Comprendidas por las descripciones macroscópicas y microscópicas que presentaba cada espécimen estudiado, agrupando los datos obtenidos y reportando una descripción general de su morfología. Lo cual es imprescindible para la identificación taxonómica de dichas especies en Guatemala.

## VIII. RESULTADOS

Se estudiaron 31 especímenes de los géneros *Armillaria*, *Clitocybe*, *Collybia* (*Gymnopus*), *Hygrophoropsis*, *Lepiota* y *Macrolepiota*, de los cuales 11 de las especies no contaban con una descripción completa de sus características macroscópicas (Anexo 1).

Los especímenes estudiados fueron recolectados en bosques y mercados locales de 8 departamentos del país entre los años de 1979 al 2013, y están depositados en la Micoteca "Rubén Mayorga Peralta" - MICG -de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (Anexo 2).

A partir de los datos de las características macroscópicas y microscópicas observadas y analizadas, se realizaron las descripciones correspondientes al orden y género de las especies estudiadas las cuales se indican a continuación:

### **A. Género *Armillaria***

Todos los especímenes fueron clasificados originalmente como *Armillaria aff polymices*, nombre que según la taxonomía actual corresponde a *Armillaria obscura* (Schaeff.) Herink.

Según el análisis de conglomerados, utilizando los valores de los promedios del ancho y largo de las esporas, basidios y basidiolos, el coeficiente Q de las esporas, así como el ancho de los distintos tipos de hifas presentes en las estructuras, no evidenció la separación de dos grupos con elementos significativos, lo cual significa que todos los especímenes analizados corresponden a la misma especie (Figura 1).

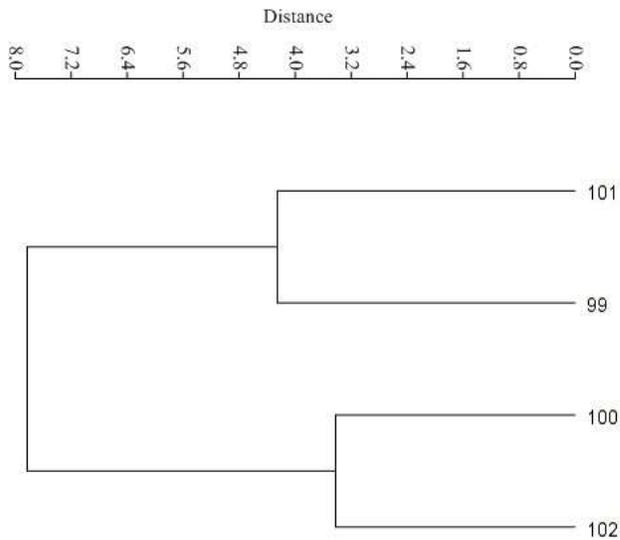


Figura 1. Análisis de conglomerados del género *Armillaria*. El dendograma fue construido con base en distancias Euclidianas.

A continuación se presenta la descripción completa de la especie identificada:

### 1. *Armillaria obscura* (Schaeff.) Herink 1973

Píleo de 2.5-10.0 cm de diámetro, plano convexo hacia el margen, color café naranja,. Láminas adheridas color blanco. Estípote de 2.0 a 6.0 cm, fibroso y estriado longitudinalmente, color amarillo a café. Anillo adherido, sin volva. Esporada blanca. Esporas inamiloides, parcialmente cianófilas, de 5.35-5.85 x 8.5-9.35  $\mu\text{m}$  (Q= 1.4-1.7), elipsoides a ovoides, con apéndice fino y 2-3 gúttulas. Basidios de 6.6-8.25 x 29.5 a 32.7  $\mu\text{m}$ , esterigmas no observados. Basidiolos de 6.5-8.7 x 30.7 a 36.8  $\mu\text{m}$ . Pileipellis con hifas de 3.70-5.05  $\mu\text{m}$  de diámetro, hifas del contexto del píleo de 10.05-11.9  $\mu\text{m}$  de diámetro. Trama laminar de paralela a subparalela, con hifas de 3.30- 4.9  $\mu\text{m}$ .

Hábito: Connado.

Hábitat: Sobre madera.

**Especímenes estudiados:** *Armillariella aff. polymyces* MICG- 99, Purulhá, Baja Verapaz, 19.11.1988, colector Y. Sommerkamp (Notas: Comestible, vendedor o distribuidor en casas. *Armillaria aff. polymyces* MICG- 100, Mercado de San Pedro Carchá, Alta Verapaz, 20.11.1988, Colector Y. Sommerkamp (Nota: Comestible). *Armillaria aff*

polymyces MICG- 101, Mercado de Tactic, Alta Verapaz 20.11.1988, Colector Y. Sommerkamp (Nota: Comestible). *Armillaria aff. polymyces* MICG- 102, Mercado de San Cristobal Verapaz, Alta Verapaz, 15.11.1987, Colector A. M. Sosa (Nota: Comestible).

## B. Género *Clitocybe*

De los especímenes estudiados, se identificaron dos especies: Una que actualmente se clasifica como *Ampulloclitocybe clavipes* (Pers.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys y la otra como *Clitocybe* sp.

El análisis de conglomerados construido a partir del valor promedio de ancho y largo de esporas, basidios y basidiolos, así como, el coeficiente Q de las esporas, el ancho de las hifas del píleo, contexto la trama laminar, evidenció la separación en dos grupos (Figura 2).

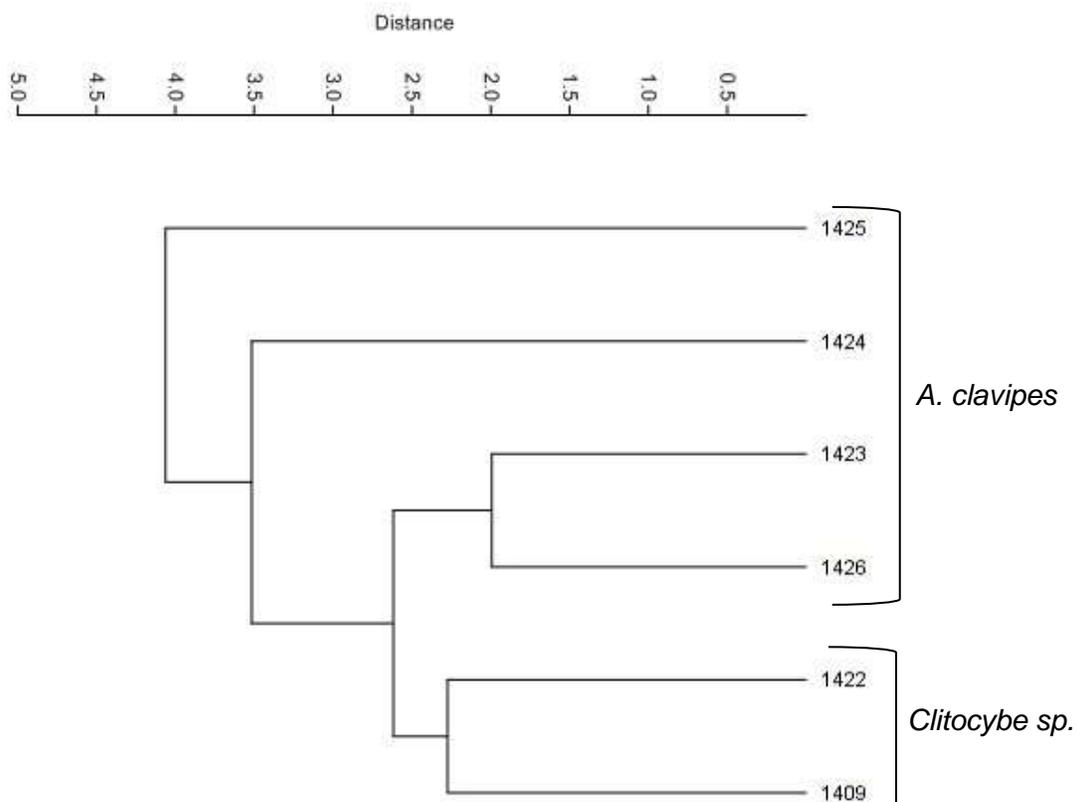


Figura 2. Análisis de conglomerados del género. *Clitocybe*. El dendograma fue construido con base en distancias Euclidianas.

A continuación, se presenta la descripción para las especies identificadas y confirmadas.

### **1. *Ampulloclitocybe clavipes* (Pers.) Redhead, Lutzoni, Moncalvo & Vilgalys**

Píleo de 3.0-10.5 cm de diametro, plano convexo con el centro deprimido en especímenes adultos y umbonado en jóvenes, blanco a café grisáceo en el centro, margen incurvado a recto, borde entero. Cutícula desprendible, húmeda, finamente estriado. Contexto de 0.5-1.3 cm de grosor de consistencia carnosa, color beige blanco. Láminas subdecurrentes a decurrentes, estrechas, onduladas. Lamélulas atenuadas a subtruncadas, borde liso, ceroso, anastomosadas, blanquecinas. Estípite de 5.0-8.5 cm de longitud, 0.5-1.5 cm de diámetro en el ápice y 1.0-1.8 cm en la base, poroso o fibriloso; blanquecino a amarillo.

Esporas de 3.85-4.75 x 5.95-8.05  $\mu\text{m}$ , con 2-3 gúttulas, lisas ovoides a elípticas, inamiloides, cianófilas, con un pequeño apéndice hilar. Basidios de 25.4-36.7 x 5.45-5.8  $\mu\text{m}$ , esterigmas menores a 1  $\mu\text{m}$  de longitud. Basidiolos de 27.85-31.85 x 4.9-5.95  $\mu\text{m}$ , clavados. Hifas del pileipellis de 3.8-6.3  $\mu\text{m}$  en ancho, hifas del contexto del píleo de 5.1-8.1  $\mu\text{m}$  de ancho, con fíbulas. Trama laminar entrelazada con hifas de 3.9-5.7  $\mu\text{m}$  de ancho. Hábit: Esparcido o Gregario.

Hábitat: En bosque diverso de: *Pinus ayachuite*, *Abies guatemalensis*.

**Especímenes estudiados:** *Clitocybe* sp. MICG-1422; Mercado de Totonicapán, 01.08.00, colector Osberth Morales, (Nota: comestible). *A. clavipes*. MICG-1423; Panquix, Totonicapán, 30.06.00. (Nota: hábitat *P. ayachuite*, *A. guatemalensis*, comestible). *A. clavipes* MICG-1424; Aldea Panquix, Totonicapán, 18.09.01, (Nota: comestible). *A. clavipes* MICG-1425; Aldea Panquix, Totonicapán, 04.09.02, Colector Roberto Cacéres, (Nota: comestible). *A. clavipes* MICG-1426; Aldea Panquix, Totonicapán, 22.10.04, colector Osberth Morales, (Nota: comestible).

### **C. Género *Gymnopus***

Se estudiaron 5 especímenes con sus descripciones correspondientes, clasificados originalmente como *Collybia* sp. Todos los especímenes se identificaron como *Gymnopus dryophilus*.

A continuación, se presenta la descripción correspondiente a la especie identificada.

### 1. *Gymnopus dryophilus* (Bull.) Murrill

Píleo de 4.0-9.5 cm de diámetro, plano a plano convexo, margen recto, centro umbonado en especímenes jóvenes, borde liso o finamente estriado, decurvado. Contexto de 0.1-0.3 cm de grosor, higrófano, blanco o beige. Cutícula variable. Láminas subadheridas a libres, borde ondulado a aserrulado, lámelulas atenuadas a truncadas, borde liso a finamente aserrulado, amarillento a beige. Estípites de 6.0-7.0 cm de longitud, 0.5-0.7 cm de diámetro en el ápice y 0.5-1.0 cm en la base, cilíndrico, fibriloso a esponjoso, beige a amarillento.

Esporas de 3.45-3.7 x 5.6-8.8  $\mu\text{m}$ , lisas elipsoides, 2-3 gúttulas, cianófilas e inamiloides,. Basidios de 4.2-6.5 x 12.6-17.8  $\mu\text{m}$ , 2-4 esterigmas. Basidiolos de 9.0 x 23.6  $\mu\text{m}$ , clavados. Hifas del pileipellis de 6.0-7.25  $\mu\text{m}$  de ancho, hifas del contexto del píleo de 9.5-12  $\mu\text{m}$ , con fíbulas. Trama laminar entrelazada a paralela, hifas de 4.8-7.6  $\mu\text{m}$  de ancho. Queilocistidios presentes en algunos especímenes, de 3.9 x 22.9  $\mu\text{m}$ , pleurocistidios de 4.2 x 43.2  $\mu\text{m}$ .

Habito: Gregario.

Hábitat: En bosque diverso de: *P. ayacahuite*, *A. guatemalensis*.

**Especímenes estudiados:** *G. dryophilus* MICG- 1432; Térapan, Chimaltenango, 08.06.02, colector Osberth Morales. *G. dryophilus* MICG- 1433; Térapan, Chimaltenango, 07.06.01, colector Osberth Morales. *G. dryophilus*. MICG- 1439; Mercado de Térapan, 16.06.00, colector Roberto Flores. *G. dryophilus* MICG- 1448; Panquix, Totonicapán, 27.06.02, colector Osberth Morales. *G. dryophilus* MICG- 1062; Térapan, Chimaltenango, 03.11.13, colector Osberth Morales.

### D. Género *Hygrophoropsis*

Se analizaron 10 especímenes clasificados originalmente como *Hygrophoropsis aurantiaca*, confirmando 9 de ellos, una muestra debido al estado de deterioro de la misma, no fue posible observar todas las características microscópicas requeridas para su clasificación.

A continuación se presenta la descripción correspondiente a la única especie confirmada para el género *Hygrophoropsis*:

## 1. *Hygrophoropsis aurantiaca* (Wulfen) Maire

Píleo de 1.4-6.2 cm de diámetro, ligeramente deprimido en adultos, plano convexo en jóvenes, con centro deprimido a infundibuliforme, margen incurvado, superficie seca (no higrófono) de color naranja en jóvenes a amarillo – naranja en adultos. Contexto carnoso de 1 mm de espesor, blanco. Cutícula no desprendible. Láminas decurrentes, delgadas, juntas y adheridas, de borde liso amarillo naranja. Estípites de 2.0-8.0 cm de longitud, 0.7-1.2 cm de diámetro en el ápice y de 0.5-0.6 cm de diámetro en la base, superficie lisa, contexto vacío, blanco que en algunos especímenes se puede tornar naranja.

Esporas de 3.95-6.0 x 6.8-12.4  $\mu\text{m}$ , globosas a elipsoides, inamiloides y pseudoamiloides, lisas, de 1 a 2 gúttulas, cianófilas, con apéndice hilar. Basidios de 5.7-8.75 x 27.6-36.95  $\mu\text{m}$ , con 4 esterigmas. Basidiolos de 5.35 x 23.35  $\mu\text{m}$ . Hifas del pileipellis de 3.6- 6.9  $\mu\text{m}$  de ancho, hifas del contexto del píleo de 5.1- 10.65  $\mu\text{m}$  de ancho, con fíbulas. Hifas de la trama laminar de 2.6 - 5.25  $\mu\text{m}$ , se disponen de manera entrelazada.

Habito: Disperso.

Hábitat: Sobre madera y hojarasca en descomposición.

Especímenes estudiados: *H. aurantiaca* (Wulfen) Maire MICG- 3098; Carretera interamericana km 94, 01.08.13, Térapan, Chimaltenango, colector Osberth Morales. *H. aurantiaca* (Wulfen) Maire MICG- 3096; Astillero Municipal, Térapan Chimaltenango, 17.06.13, colector Osberth Morales. *H. aurantica* MICG- 1704; Aldea Panquix, Totonicapán, 27.06.02, sin datos de colector. *H. aurantica* MICG- 1706; Chichicastenango, El Quiché, 24.05.04, sin datos de colector. *H. aurantiaca* MICG- 373; Finca San Gerónimo, Mixco, Guatemala, 19.06.81, colector J. Argueta. *H. aurantica* MICG- 374; Mercado Colón, Guatemala, 08.07.89, colector Juárez y col. *H. aurantiaca* MICG- 375; Mercado La Palmita, Guatemala, 10.07.89, colector Juárez y col. *H. aurantiaca* MICG- 376; Mercado La Parroquia, Guatemala, 08.07.89, colector Juárez y col. *H. aurantiaca* MICG- 377; Mercado La Terminal, Guatemala, 08.07.89, colector Juárez y col. *H. aurantiaca* MICG- 378; Mercado La Terminal, Guatemala, 01.07.89, colector Juárez y col.

### E. Género *Lepiota*

Se estudiaron 4 especímenes con sus descripciones correspondientes, clasificados originalmente como *Lepiota* spp. identificando a *Macrolepiota procera*, *L. acutesquamosa* y *Lepiota* sp.

La identificación y/o confirmación de las especies se realizó por medio de análisis de conglomerados, utilizando los valores del promedio de las mediciones de ancho y largo de las esporas, basidios y basidiolos, coeficiente Q de las esporas, así como, el ancho de las hifas del píleo y contexto y la trama laminar. Se evidenciaron diferencias significativas entre las características principales como las esporas y basidiolos.

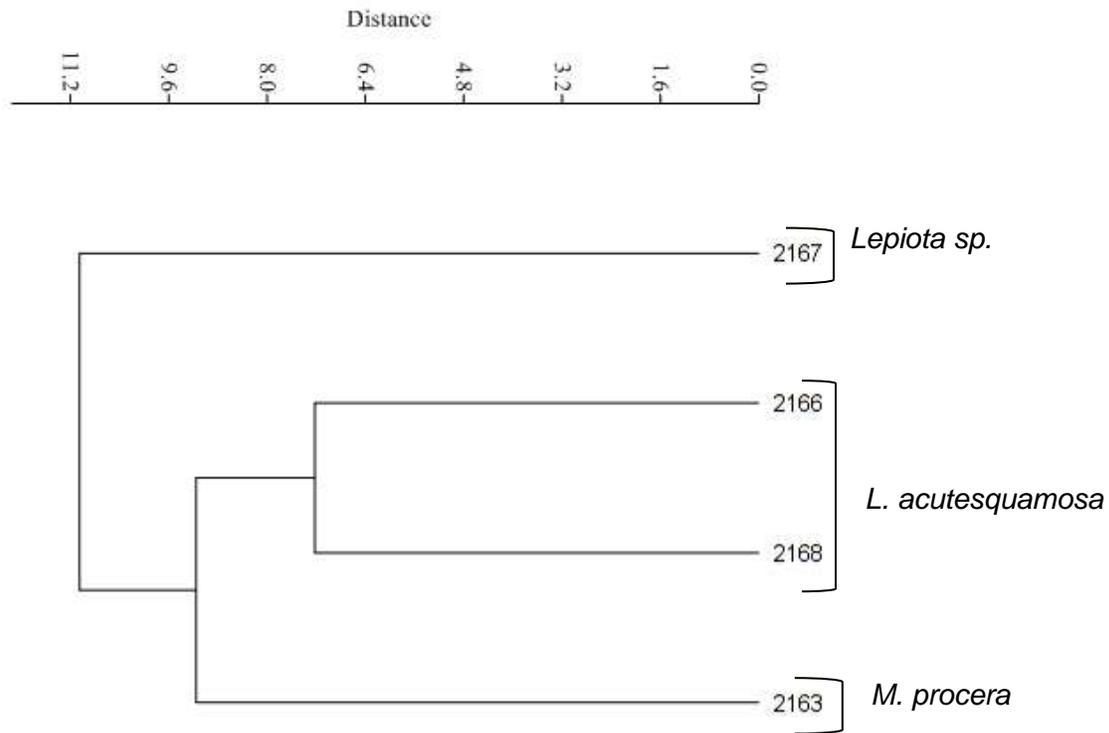


Figura 3. Análisis de conglomerados del género *Lepiota*. Dendrograma construido con base en distancias Euclidianas.

A continuación se presenta la descripción correspondiente a las especies identificadas o confirmadas para el género *Lepiota*:

### **1. *Lepiota acutesquamosa* (Weinmann) Kummer**

Píleo plano convexo de centro umbonado, superficie lisa, fibrilosa con manchas café grisáceo de forma radial con mamelón del mismo color. Margen decurvado de borde fisurado, contexto blanco, cutícula desprendible. Himenio con láminas libres delgadas y estrechas entre sí, color beige rosado. Lamélulas subtruncada de borde color café oscuro. Estípites de 6.0-8.0 cm de longitud, 0.7-0.8 cm de diámetro en el ápice y 0.9-0.11 cm de diámetro en la base; superficie fibrilosa satinada, blanquecino en el ápice y beige en la base, contexto con una línea laxa en el medio, el resto se torna café grisáceo oscuro con el aire. Anillo membranoso colgante blanco con restos de color amarillo tomentoso.

Esporas 3.2 x 5.6 µm, elipsoides a ovoides de doble pared, con ápice pequeño, lisas, de 1 a 2 gúttulas, hialinas e inamiloides y cianófilas. Basidios 8.7 x 18.1 µm, basidiolos 7.5 x 23.8 µm. Hifas del pileipellis 3.85 µm en ancho. Hifas de la trama del píleo 9.45 µm en ancho. Trama laminar entrelazada con hifas de 5.0 µm de ancho.

Hábito: Disperso.

Hábitat: Sobre hojarasca y materia en degradación.

**Especímenes estudiados:** *Lepiota aff acutesquamosa* Mercado de Totoncapán. Colector Osberth Morales. MICG – 2166. *Lepiota aff clypeolaria* Cedros, Totoncapán, año 1997. Sin datos del colector. MICG – 2167. *Lepiota sp.* Aldea Panquix, Totoncapán, 27.06.02. Colector Osberth Morales. MICG – 2168.

### **F. Género *Macrolepiota***

Se estudiaron tres especímenes con sus respectivas descripciones, clasificados originalmente como *Macrolepiota procera* (dos especímenes) y *Lepiota sp.* Se confirmaron los especímenes como *M. procera*

A continuación, las descripciones correspondientes a las especies confirmadas:

### **1. *Macrolepiota procera* (Scop. Ex Fr.) Singer**

Píleo de 6.7-9.6 cm de diámetro en especímenes jóvenes de margen incurvado y borde fibrilado; 7.2-13.8 cm de diámetro en especímenes adultos, convexo a plano, centro

umbonado con escamas radiales de color café opaco, margen recto, contexto carnosos de color blanco. Himenio cubierto con un velo parcial en especímenes jóvenes, laminas libres y anchas de color blanco cremoso, de borde liso y juntas. Lamélulas truncadas a subtruncadas de color blanco a rosado. El velo parcial finamente fibriloso, delgado color rosáceo. Estípite de 1.75 cm en especímenes jóvenes hasta 3.95 cm de longitud en adultos, su diámetro de base en especímenes jóvenes desde 0.7 cm hasta 1.3 cm en adultos y de ápice entre 0.4 cm en jóvenes y hasta 1.0 cm de diámetro en adultos. Ápice central atenuado, superficie finamente fibrilosa color café naranja, cilíndrico, bulbo redondo.

Esporas de 8-10 x 13-14  $\mu\text{m}$ , globosas a subglobosas, lisas, de doble pared, borde apical y poro germinativo, amiloides y cianófilas. Basidios de 11.05 x 26.5 de largo. Basidiolos de 9.1 x 26.5  $\mu\text{m}$ . Hifas del pileipellis de 4.6  $\mu\text{m}$  en ancho. Hifas de la trama del píleo de 10.7  $\mu\text{m}$  en ancho. Hifas en la trama laminar se encuentran entrelazadas a irregulares y en ancho de 3.4  $\mu\text{m}$ .

Hábito: Disperso, esparcido.

Hábitat: Sobre hojarasca y materia en degradación.

**Especímenes estudiados:** *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer. Cantón San Sebastián, Jacaltenango, Huehuetenango. 07-06-2003. Colector Roberto Cacéres. MICG-3488. *Macrolepiota aff procera* (Scop.) Singer. Tecpán, Chimaltenango. Sin datos del colecto. MICG-2195.

## IX. DISCUSIÓN

Se identificaron y clasificaron seis especies, correspondientes a los 31 especímenes de hongos saprobios comestibles estudiados, los cuales son distribuidos en mercados locales, otros, son colectas realizadas y conservadas en la Micoteca “Rubén Mayorga Peralta” MICG de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, desde los años 1979 a 2013.

A continuación, se presentan la discusión que da validez a los resultados obtenidos del análisis e identificación de las especies de cada género estudiado:

La especie identificada en este trabajo como *A. obscura* fue nombrada por muchos años en el país como *Armillariella polymyces* (Pers.) Singer & Cléménçon. La taxonomía de este género ha sido tema de discusión durante varios años ya que inicialmente en el año 1821 fue identificada como *Agaricus polymyces*, fue incluida como una especie dentro del género *Lepiota* en 1825. Posteriormente en el año 1982 se clasificó dentro del género *Armillaria*, recientemente se considera sinónimo de *Armillariella* (Burdsall & Volk, 1993).

Se han incluido más de 250 especies en este género, sin embargo, la clasificación actual solamente abarca 40, algunas de las cuales pueden verse restringidas a su distribución geográfica o bien a sus asociaciones con la vegetación. De este género se ha acumulado gran cantidad de información experimental y observacional, ya que ha tomado importancia debido a que ocasiona pudrición en raíces de árboles y puede ser parásito de algunas especies de *Pinaceae*, *Ericaceae* y *Betulaceae* entre otras (Volk & Burdsall, 1995; Watling, Kile & Burdsall, 2000).

En Guatemala *A. obscura* es un hongo comestible consumido en Alta Verapaz y Baja Verapaz, donde se conoce como “B’alak”; en San Mateo Ixtatán, Huehuetenango y conocido como “Silip” en Uspantán en Quiché (Bran et al., 2003a), donde se recolecta al pie de árboles frutales principalmente de manzano y durazno (Sommerkamp, 1990), aunque su comestibilidad se registra en diversas partes del mundo como Asia, Europa y América (Volk & Burdsall 1995). Estudios realizados demuestran que algunos metabolitos secundarios producidos por esta especie poseen actividad inmunomoduladora (Paz et al., 2011).

Debido a que en la actualidad *A. obscura* es el nombre válido, se recomienda que ya no se utilice *A. polymyces* para citar dicha especie (Burdsall & Volk, 1993).

Con respecto a *A. clavipes* anteriormente existió un debate acerca de su clasificación actual, ya que *C. clavipes* se conoce como *Ampulloclitocybe*, a diferencia de Harmaja (2003) que lo reconoció como *Clavicybe*, considerándolos como sinónimos. Posteriormente, estudios basados en filogenia, demostraron su cercanía con el clado *Hygrophoroide*, y aún no se le separa del clado *Tricholomatoide*, por lo que estudios adicionales de ADN confirmaron la identidad de esta especie como *Ampulloclitocybe*, específicamente por la producción de enzimas como aldehidodeshidrogenasa y tirosinquinasa conocida como clavilactona, lo que lo separa de otras especies del género *Clitocybe spp.* (Lodge et al., 2013).

Esta especie es reconocida en la aldea Panquix en Totonicapán y se comercializa en el mercado principal de este departamento (Bran, et al. 2003a; Caceres, 2010).

La especie se conoce en América del Norte, en el pacífico al Noroeste y en Nueva Escocia, Boertman (2000) la describe del norte de Europa. Se reporta en los suelos de los bosques en la mayor parte del Sur de América hasta las montañas templadas de Carolina del Norte y el este en Oregón (Largent, 1977; Murril, 1915).

La especie identificada como *G. dryophila*, identificada en 1790 por Pierre Buillar nombrada como *Agaricus dryophilus*, 31 años después, fue clasificada como *Collybia dryophila* por Paul Kummer, en el año de 1916 es nombrada como *G. dryophila*, sin embargo, su clasificación ha sido punto de discusión para muchos taxónomos en la actualidad (Vilgalys, 1991).

Estudios recientes de secuenciación de ADN de especímenes de Europa y del Norte de América confirman la especie del género *Gymnopus* como una subsección de *Levipedes* (Halling 1996), lo cual varía con estudios propuestos por Mata et al., (2006), donde ubica esta especie como *G. ocior*. Ambos estudios se basaron en reportes de Vilgalys & Miller (1987) y Vilgalys (1991), los cuales se enfocaron principalmente en características morfológicas como el color del píleo, base del estípite como el bulbo, tamaño de las basidiosporas así como la presencia de queilocistidios (Antoni, Sedlak & Tomsovsky, 2014).

Este género se encuentra distribuido en todo el mundo, se han descrito aproximadamente 300 especies, se reportan especímenes desde el norte de América, México, Guatemala, Costa Rica, y países de Europa. Su crecimiento se da en lugares montañosos templados, sobre hojarascas de *P. ayacahuite*, *Quercus spp* y *A.*

*guatemalensis*. Se comercializa y consume principalmente en Técpan, Guatemala y San Juan Comalapa en Chimaltenango y en el departamento de Totonicapán donde se distribuye en el mercado municipal (Bran et al., 2003b; Halling, 1996; Sommerkamp, 1990).

Se ha reportado diversas especies de *Lepiota spp* alrededor del mundo, algunas especies son conocidas como comestibles en algunos lugares de Latinoamérica, sin embargo, otras son consideradas tóxicas en otras partes del mundo, por lo que su comestibilidad a nivel mundial es discutido (Liang & Yang. 2011).

*Lepiota acutesquamosa* actualmente se reconoce como especie comestible en Latinoamérica y en Guatemala específicamente en Totonicapán, aunque existen reportes desde el Himalaya, Rusia, Iran, Tailandia hasta América del Norte. Estudios basados en secuenciación de ADN sugieren que *L. acutesquamosa* forma parte de un complejo filogenético de *L. aspera* o bien son un sinónimo entre especies. (Bran et al, 2003b; Kuo, 2015; Morales et al., 2010; Razaq, Khalid & Ilyas, 2013).

El género *Macrolepiota* se encuentra distribuido a nivel mundial, en 33 países. La especie *M. procera* mayormente se registra en unos 15 países de todos los continentes, donde es una fuente gastronómica y económica en mercados locales. Se desarrollan de manera saprobia, su crecimiento puede ser solitario o gregario en zonas boscosas y herbosas generalmente de pH ácido. Se caracterizan principalmente por su tamaño, con anillo membranoso, escamoso o imbricado (Ge, Zhu, Yang & Vellinga, 2010; Vellinga et al., 2003). Esta especie es conocida y consumida en Guatemala, en Huehuetenango, específicamente en Jacaltenango (Bran et al, 2003a).

Es importante mencionar que *M. procera* como especie comestible, brinda el mayor aporte proteico en las dietas, su alto contenido en agua, su porcentaje alto de fenoles, su valor calórico bajo, su contenido en minerales y antioxidantes la convierte como una de las setas cuyo alimento es muy valorado a nivel mundial. Se reporta además en actividad antimicrobiana, antitumoral y como inhibidor enzimático. Existen reporte de esta especie donde se le confunden con *L. cristata* o *M. rhacodes* (Vellinga et al., 2013).

Estudios realizados de secuenciación molecular a través de ADNr, con especímenes de Europa, China, Japón y Africa, a través de análisis filogenéticos, identifican dentro de esta especie 13 variedades distintas. Estos datos revelan la separación del género como grupo monofilético, derivado de diversos cambios a nivel genético que le dan sus

características específicas. Sin embargo, las diferencias a nivel filogenético no son suficientes para su clasificación y sus caracteres morfológicos no son discernibles para su separación como especies (Vizzini, Contu, Ghignone, Vellinga, 2011).

La descripción macroscópica resulta de importancia para la confirmación de estas especies; su clasificación según Vellinga et al., (2010) divide a *Macrolepiota* en tres clados o secciones *Macrolepiota*, *Macrospora*, *Volvatae*.

Con respecto a *H. aurantiaca*, fue identificado originalmente como *Agaricus aurantiacus* en 1781 por un sacerdote naturalista Francisco Freiherr y fue hasta 1921 donde se le clasificó como se le conoce actualmente por René Charles Ernest Maire. Otros estudios basados en estructuras anatómicas de esclerotios a nivel de relación de crecimiento en diferentes nutrientes dan un aporte para la clasificación y comprensión taxonómica de este género (Antibus, 1989).

Actualmente la clasificación de este género que a pesar de poseer laminas, se encuentra estrechamente relacionado con el Orden *Boletales*, esto según estudios a través de análisis filogenético molecular, otros estudios sugieren que debido a una relación quimiotáctica con *Boletaceae*, *Coniopraceae* y *Paxilaceae* son considerados miembros de la familia de *Boletales*, esto debido a una serie de pigmentos presentes y otros compuestos (Kibby, 2012; Perez, Herrera y López 2006).

Una de las características biológica muy importante de *H. aurantiaca* según Nelsen, (2010) es que segrega grandes cantidades de ácido oxálico como agente reductor, lo que estimula la lixiviación de la capa de humus del suelo, esto influye en la solubilidad y rotación de los nutrientes (en especial fósforo y nitrógeno), lo que incide en la disponibilidad para el uso de los árboles y demás vegetación presente en el nicho ecológico. Su distribución se ha reportado desde América del Norte, México, Centroamérica, Europa, el Norte de Asia, Australia y Nueva Zelanda. Su hábitat en bosque de pino y encino, la literatura reporta su preferencia por bosques húmedos de hojarasca y especialmente de coníferas, poseen la característica de ser lignícolas (Kibby, 2012).

Es una especie conocida por ser comestible, su venta es tradicional en mercados locales de Guatemala junto a *C. cibarus* (anacate), con el cual se le confunde, debido a su parecido en el color y láminas. Los reportes de esta especie datan en los municipios de Chimaltenango y Tecpán, Ciudad de Guatemala, Uspantan en el Quiche y Totonicapán (Bran et al., 2003a, 2004; Garibay, 2009; Sommekamp 1990).

## X. CONCLUSIONES

1. Se identificaron taxonómicamente cinco géneros de macrohongos comestibles, a través del análisis de sus estructuras microscópicas y descripciones macroscópicas de los colectores.
2. Se registraron las especies comestibles de *Armillaria obscura*, *Clitocybe clavipes*, *Gymnopus dryophila*, *Hygrophoropsis aurantiaca*, *Lepiota Acutesquamosa* y *Macrolepiota procera*.

## **XI. RECOMENDACIONES**

1. Identificar taxonómicamente los especímenes a través de Biología Molecular.
2. Establecer formatos de descripción macroscópica para las muestras colectadas e ingresadas en la micoteca.
3. Realizar estudios en temporadas de colecta con la finalidad de obtener la prevalencia de las especies en los distintos tipos de nichos ecológicos en Guatemala.

## XII. REFERENCIAS

- Alonso J., Otero M., Lobato B., Fernández M. y Ferreiro J. (2014). Conceptos básicos sobre macromicetos, curso de micología. Lugo: Sociedad Micológica Micolocus.
- Antibus, R. (1989). Formation and structure of sclerotia and sclerotium specific proteins in *Higrophoropsis aurantiaca*. *Mycologia*, 81(6), 905-913.
- Antonín, V., Sedlák, P. & Tomsovsky, M., (2014). Taxonomy and phylogeny of European *Gymnopus* subsection Levipedes (Basidiomycota, Omphalotaceae). *Persoonia* 31, 179-187.
- Argueta, J. (1983). *Estudio de los macromicetos de la ciudad de Guatemala, Mixco y San Juan Sacatepéquez*. (Tesis en licenciatura), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Atkinson, G. (1961). *Studies of American fungi: mushrooms, edible, poisonous, etc.* New York: Hafner Publishing Company.
- Binder, M. & Hibbett, D. (2002). Higher-level phylogenetic relationships of Homobasidiomycetes (mushroom-forming fungi) inferred from four rDNA regions. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 22(1), 76-90.
- Binder, M. & Hibbet, D. (2006). Molecular systematics and biological diversification of *Boletales*. Mushroom – forming fungi. *Mycologia*, 98(6), 971 – 981.
- Blackwell M. (2011). The Fungi: 1, 2, 3, ... 5.1 million species?. *America Journal of Botany*. 98(3), 426 – 438.
- Bran, M., Morales, O., Cáceres, R. y Flores, R. (2001). *Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula, fase I*. (Informe técnico final 2002-008). Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Guatemala.

- Bran, M., Morales, O., Cáceres, R. y Flores, R. (2003a). Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de Guatemala. *Revista Científica*, 1(1), 5-24.
- Bran, M., Morales, O., Flores, R., Rodríguez, E., Salazar, J., Cáceres R. y García, L. (2003b). *Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula, fase III*. (Informe técnico final 2002-008). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación.
- Bran, M., Morales, O., Flores, R., Rodríguez, E., Salazar, J., Cáceres, R., Andrade, C., Quezada, A. y Carranza, C. (2004). *Hongos comestibles de Guatemala: diversidad, cultivo y nomenclatura vernácula, fase IV*. (Informe técnico final 2002-008). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación.
- Brizuela M., García L., Pérez L. y Mansur M. (1998). Basidiomicetos: nueva fuente de metabolitos secundarios. *Revista Iberoamericana de Micología*, 15, 69 – 74.
- Burdsall H. & Volk T. (1993). The state of taxonomy of the genus *Armillaria*. *Mcllvainea*, 11, 4 – 11.
- Cáceres R. (2011). *Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de la comunidad de Xenotox, San Juan Comalapa, Chimaltenango*. (Tesis en licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Chang S. & Miles, P. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and enviornmental impact* (2 th Ed). Florida: CRC Press.
- Estrada-Torres A. (1989). *La Etnomicología: avances, problemas y perspectivas*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Flores, R., Bran, M., Rodríguez, E., Morales, O., Berdúo, E. y Montes, L. (2002). *Hongos micorrícicos de bosques de pino y pinabete*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación.
- Garibay, R. (2009). Los nombres zapotecos de los hongos. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 43 – 61.

- Ge, Z., Zhu, L., Yang & Vellinga, E. (2010). The genus *Macrolepiota* (Agaricaceae, Basidiomycota) in China. *Fungal Diversity*, 45, 81-98.
- González, M., Ramirez, N. y Ruiz, L. (2005). *Diversidad biológica en Chiapas*. México, D.F.: Plaza y Valdés S.A. de CV.
- Guzmán, G. (2003). *Fungi in the Maya culture: past, present and future*. New York: Food Products Press.
- Guzmán, G., Torres, M., Logemann, H., Argueta J. & Sommerkamp, Y. (1985). Fungi from Guatemala, a new species of *Morchella*. *Mycologia Helvetica*, 1(6), 451-459.
- Guzmán, G. (1998). Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity Conservation*. 7, 369-384.
- Harmaja, H. (2003). Notes of *Clitocybe s. lato* (Agaricales). *Annales Botanici Fennici*, 40, 213 – 218.
- Halling, R. (1996). Note on *Collybia* V. *Gymnopus* Section *Levipedes* in tropical south America, with comments on *Collybia*. *Brittonia*, 48(4), 487-494.
- Herrera, K. (1991). *Estudio etnomicológico en la región de Chipotón, Sacatepéquez*. (Tesis en licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Hibbett, D. & Taylor, J. (2013). Fungal systematics: is a new age of enlightenment at hand?. *Nature Reviews Microbiology*, 11(2), 129-133.
- Hibbett, D., Binder, M., Bischoff, J., Blackwell, M., Cannon, P., Eriksson, O., Huhndorf, S., et al., (2007). A higher-level phylogenetic classification of the fungi. *Mycological Research*, 111(5), 509-547.
- Hibbett, D. (2006). A phylogenetic overview of the Agaricomycotina. *Mycologia*, 98(6), 917-925.
- Hibbett, D. (2007) *Agaricomycetes*. mushroom – forming Fungi. *Mycologia*, 98(3), 814 – 825.

- Hibbett, D. & Binder, M. (2002). Evolution of complex fruiting body morphologies in homobasidiomycetes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1504), 1963-1969.
- Kibby, G. (2012). The *Hygrophoropsis aurantiaca* complex. *Field Mycology*, 13(2), 43-50.
- Kirk, M., Cannon, F., Minter W. & Stalpers A. (2008). *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. (10 th Ed.). Wallingford: Centre for Agriculture Bioscience International.
- Kuo, M. (2015). *Lepiota cristata*. Retrieved from the *mushroomexpert*. Recuperado de: [http://www.mushroomexpert.com/lepiota\\_cristata.html](http://www.mushroomexpert.com/lepiota_cristata.html). Febrero 2016.
- Largent, D., Johnson, D. & Watling, R. (1977). *How to identify mushrooms to genus III: microscopic features*. California: Eureka Printing Co. Inc.
- Liang, J. & Yang, Z. (2011). Two new taxa close to *Lepiota cristata* from China. *Mycotaxon*, 116(8), 387-394.
- Lodge, J., Padamsee, M., Matheny, B., Aime, C., Cantrell, S., Boertmann, D. & Kovalenko, A. (2013). Molecular phylogeny, morphology, pigment chemistry and ecology in *Hygrophoraceae* (Agaricales). *Fungal Diversity*, 64(1), 1 - 99.
- Lowy, B. (1972) Mushroom symbolism in Maya codices. *Mycologia*, 64(4), 816-821.
- Lowy, B. (1974). *Amanita muscaria* and the thunderbolt legend in Guatemala and Mexico. *Mycologia*, 66(1), 188-191.
- Lowy, B. (1980). Ethnomycological inferences from mushroom stones, Maya codices, and Tzutuhil legend. *Review Interamericana*, 10(1), 94 – 103.
- Mata, L., Hughes, K. & Petersen, H. (2006). An investigation of / *Omphalotaceae* (fungi: eugarics) with emphasis of the genus *Gymnopus*. *Sydowia* 58, 191-289.
- Matheny, P. & Curtis, M. (2006). Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia*, 98(6), 982– 995.
- Moncalvo, JM., Vilgalys, R., Redhead, A., Johnson, Je., James, TY., Aime, MC., Hofstetter, V., Verduin, SJW., Larsson, E., Baroni, TJ., Thorn, RG., Jacobsson, S., Cléménçon, H.

- & Miller, Jr. (2002). One hundred and seventeen clades of Euagarics. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 23(3), 357-400.
- Montes, B., Restrepo, A. y McEwen, J. (2003) Nuevos aspectos sobre la clasificación de los hongos y su posible aplicación médica. *Biomédica*, 23(2), 213 – 224.
- Morales O, Bran M, Cáceres R. (2010). Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala. (pp. 437 - 464) en: D., Martínez-Carrera; N., Curvetto; M., Sobal; P., Morales; V., Mora. (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles y medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI*. Puebla: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales.
- Morales O. (2001). *Estudio Etnomicológico de la cabecera municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Morales, O., Flores, R., Samayoa B. y Bran, M. (2002). Estudio etnomicológico de la cabecera Municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango. *Revista Científica*, 15, 10-20.
- Mueller, G., Bills, G., Foster, M. (2004). *Biodiversity of fungi, inventory and monitoring methods*. Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Murril, W. (1915). The genus *Clitocybe* in North America. *Mycologia* 7(5), 256-283.
- Nelsen, S. (2010). Bluing components and other pigments of *Boletes*. *Fungi*, 3(4), 11-14.
- Paz, M., Cáceres, A., Cobar, O., Álvarez, E., Gaitan, I. y Paredes, E., (2011). *Composición química, actividad inmunomoduladora y biocida de basidiomicetos comestibles de Guatemala*. Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Pérez, E., Herrera, T. y López, A. (2011). Nuevos Registros de macromicetos para el municipio de Temascaltepec, Estado de Mexico. *Revista Mexicana de Micología*, 34, 23-30.
- Razaq, A., Nasir, A. & Ilyas, S. (2013). Molecular Identification of *Lepiota acutesquamosa* and *L- cristata* (Basidiomycota, Agaricales) Based on ITS – rDNA Barcoding from

- Himalaya Moist Temperate Forest of Pakistan. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15(2), 313 – 318.
- Saavedra, M., (2007). *Degradación de alperujo utilizando hongos del género Pleurotus y anélidos de la Especie Eisenia Foetida*. (Tesis de doctorado). Chile: Instituto de Biotecnología, Universidad de Granada.
- Schocha, C., Seifertb, K., Huhndorfc, S., Robertd, V., Spougea, L., Levesqueb, C., Chenb, W. & Fungal Barcoding Consortiuma. (2012). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *National Academy of Sciences*, 109(16), 6241 – 6246.
- Singer, R. (1986). *The Agaricales in Modern Taxonomy* (3th Ed.). Vaduz: J. Cramer.
- Sommerkamp, Y. (1990). *Hongos comestibles en los mercados de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación.
- Sommerkamp, Y. (1994). *Los hongos macromicetos de Guatemala*. (pp. 67-72) In Japón K. Ohi & M. F. Torres (Eds). *Piedras Hongo*, Tokyo: Museo de Tabaco y Sal.
- Sommerkamp, Y., Guzman, G. (1990). Hongos de Guatemala, II. Especies depositadas en el Herbario de la Universidad de San Carlos de Guatemala. *Revista Mexicana de Micología*, 6, 179-197.
- Tarqui, N., Narváez, J. y Larralde, C. (2011). *Implementación de un sistema de código de barras para la sistematización del cepario de hongos del laboratorio de biotecnología industrial*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Centro de Biotecnología Genómica, Tamaulipas, México.
- Vilgalys, R. & Miller, O. (1987). Morphological studies on the *Collybia dryophila* group in Europe. *Transactions of the British Mycological Society* 88(4), 461-472.
- Vilgalys, R. (1991). Speciation and species concepts in the *Collybia dryophila* complex. *Mycologia*, 83(6), 758-773.
- Vellinga, E., Kok, R. & Bruns, T. (2003). Filogenia y taxonomía de *Macrolepiota* (*Agaricaceae*). *Mycologia*, 95(3), 442 – 456.

- Vizzini, A., Contu, M., Ghignone, S. & Vellinga, E. (2011). A new volvate *Macrolepiota* (*Agaricomycetes*, *Agaricales*), from Italy, with observations on the *M. procera* complex. *Mycotaxon*, 117, 149-164.
- Webster, J. & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi* (3th Ed.). New York: Cambridge University Press.
- Watling, R., Kile, GA. & Burdsall H. (2000). Nomenclature, taxonomy and identification. In R. Fox (Ed.). *Armillaria* root disease: *Biology and control of honey fungus*. London: Intercep Press.
- Zhao, R., Desjardin, E., Soyong, K., Hyde, K. (2008) Advances in the phylogeny of *Agaricales* and its higher ranks and strategies for establishing phylogenetic hypotheses. *Journal of Zhejiang University Science*, 9(10), 779 – 786.

## ANEXO 1.

### Especímenes estudiados por género.

Género	<i>Armillaria</i>	<i>Clitocybe</i>	<i>Gymnopus</i>	<i>Hygrophoropsis</i>	<i>Lepiota</i>	<i>Macrolepiota</i>	Total %
Con Descripción	0	6	5	7	4	2	19
Sin Descripción	4	0	0	3	0	0	11
Total	4	6	5	9	4	2	30

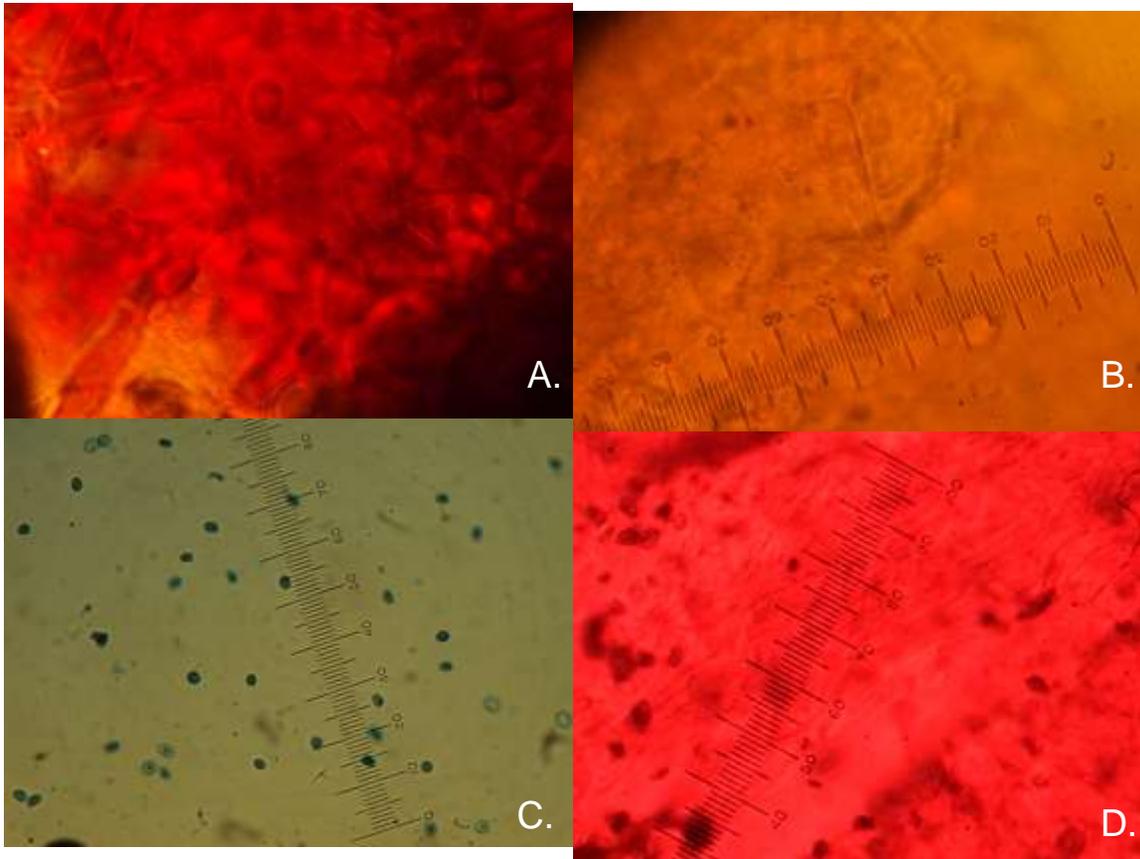
## ANEXO 2.

### Lugar de colecta de los especímenes

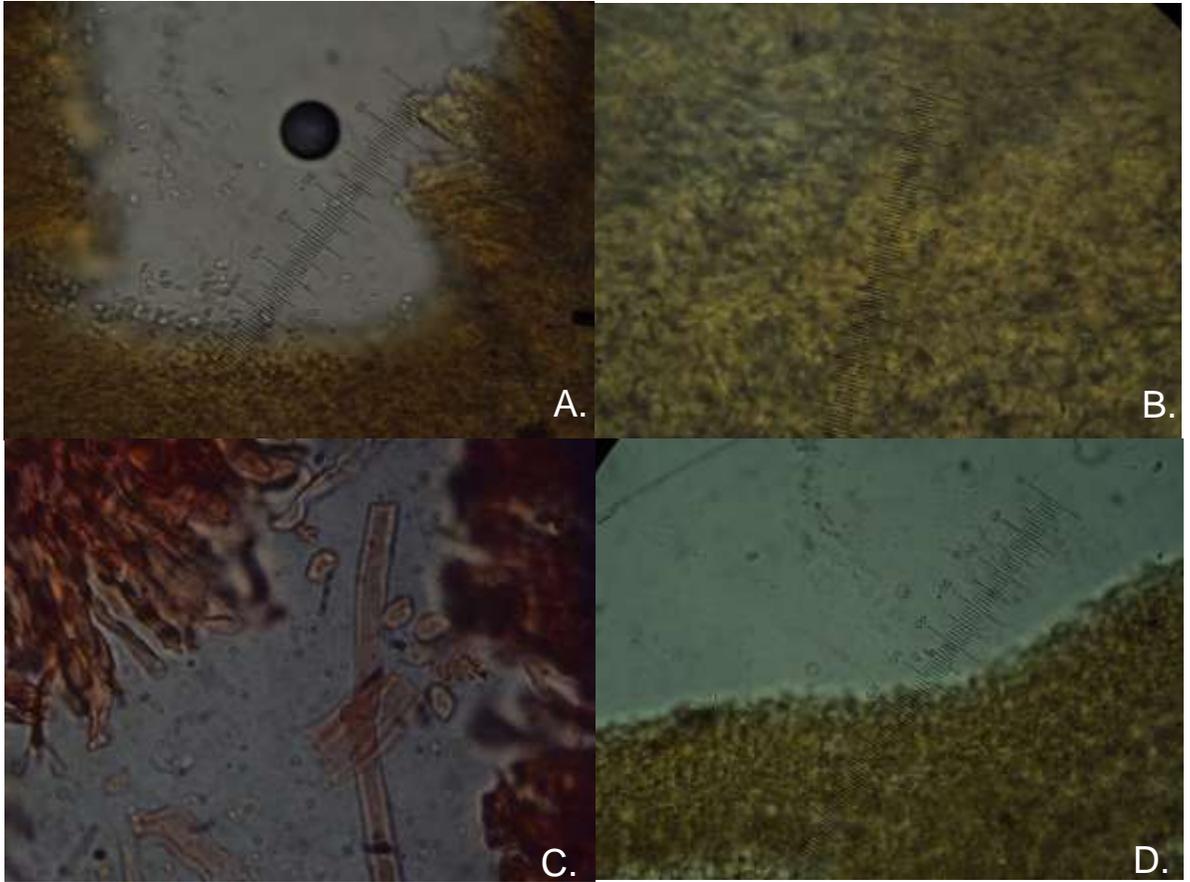
Géneros	<i>Armillaria</i>	<i>Clitocybe</i>	<i>Gymnopus</i>	<i>Hygrophoropsis</i>	<i>Lepiota</i>	<i>Macrolepiota</i>	Total %
Departamento							
Totonicapán	0	6	1	1	3	0	11
Chimaltenango	0	0	4	2	0	1	6
Guatemala	0	0	0	6	0	0	6
Alta Verapaz	3	0	0	0	0	0	3
Huehuetenango	0	0	0	0	1	1	2
Quiche	0	0	0	1	0	0	1
Baja Verapaz	1	0	0	0	0	0	1
Total	4	6	5	10	4	2	30

### ANEXO 3

#### Estructuras microscópicas de los especímenes estudiados.



*Figura 1.* Estructuras de interés *Armillaria obscura*. A. Fíbulas (Tinción rojo congo, x1000). B. Basidio (Tinción KOH, x1000). C. Esporas (Tinción azul de lactofenol, x1000). D. Hifas de la trama laminar (Tinción rojo congo, x1000).



*Figura 2.* Estructuras de interés *Ampuloclitocybe clavipes*. A. Esporas (Tinción mezler, x1000). B. Hifas de la trama laminar (Tinción rojo congo, x1000). C. Fíbula (Tinción rojo congo, x1000).

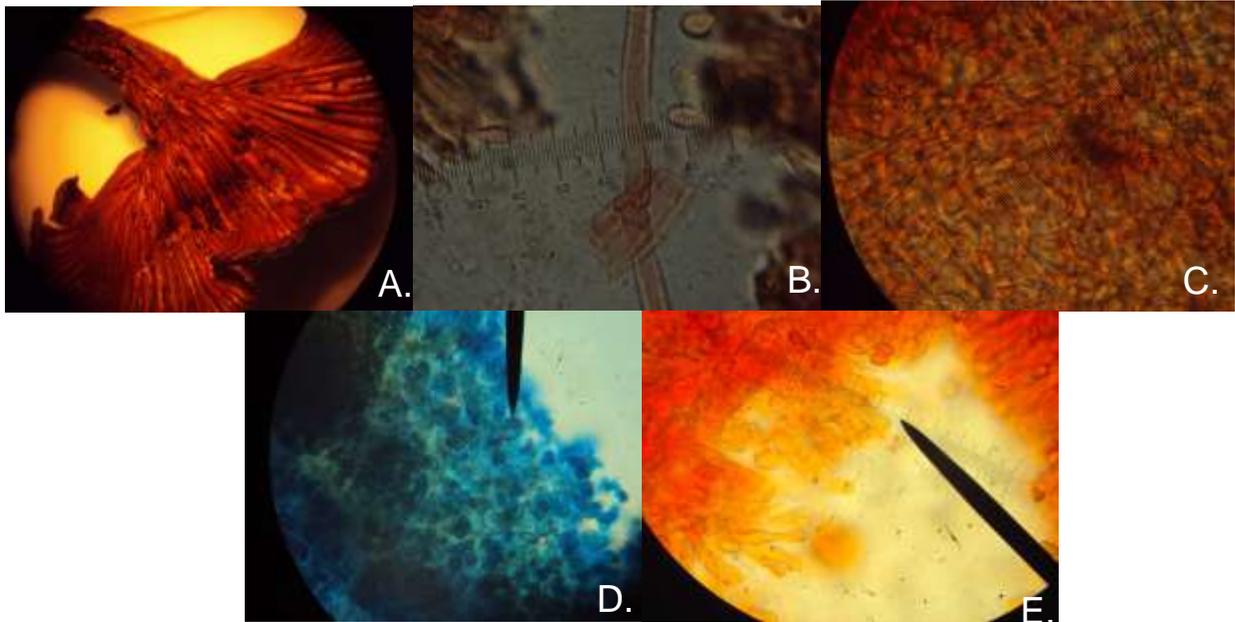
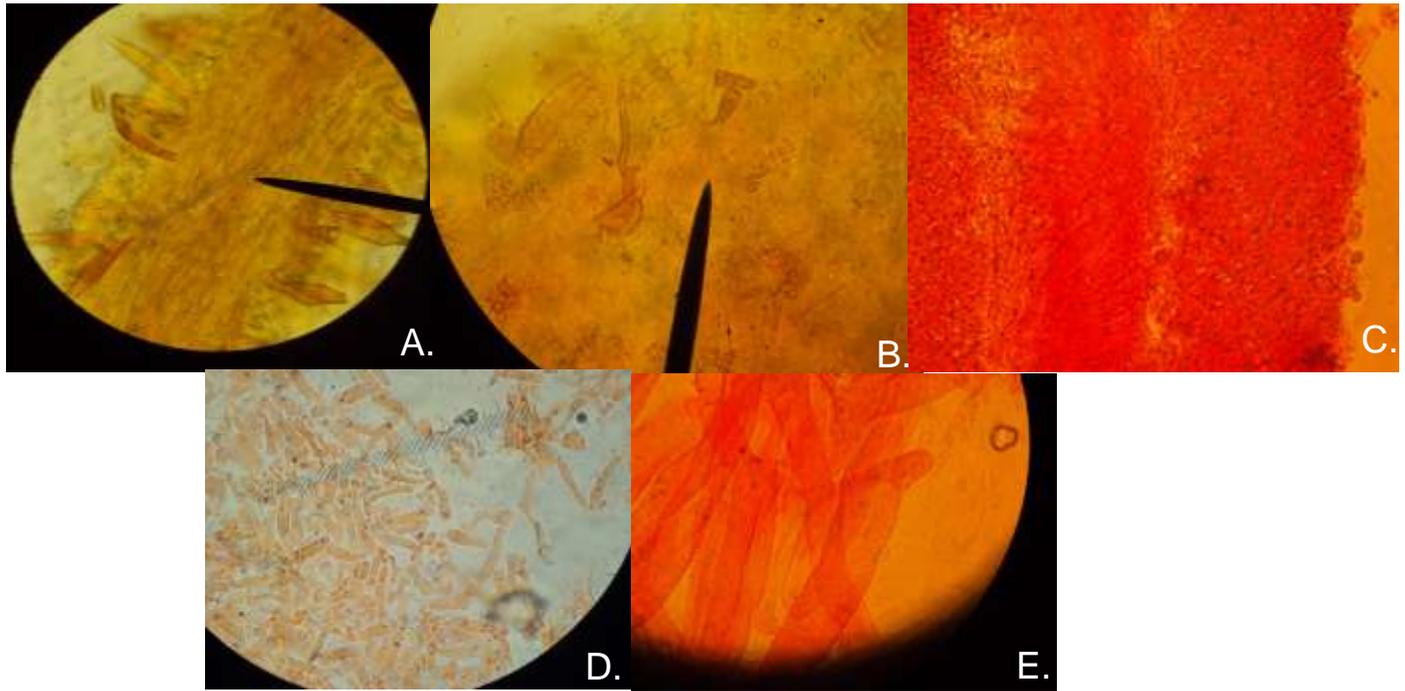


Figura 3. Estructuras de interés *Hygroporopsis aurantiaca*. A. *H. aurantiaca* herborizado (x400). B. Fibulas (Tinción rojo congo, x1000). C. Hifas de la trama laminar (Tinción rojo congo, x1000). D. Esporas (Tinción azul de lactofenol, x1000). E. Basidiolos (Tinción rojo congo, x1000).



*Figura 4.* Estructuras de interés *Gymnopus dryophila*. A. Cistidios (Tinción mezler, x1000). B. Keilocistidio (Tinción mezler, x1000). C. Hifas de la trama laminar (Tinción rojo congo, x1000). D. Basidiolos (Tinción rojo congo. X1000). E. Hifas contexto del píleo (Tinción rojo congo,x1000).

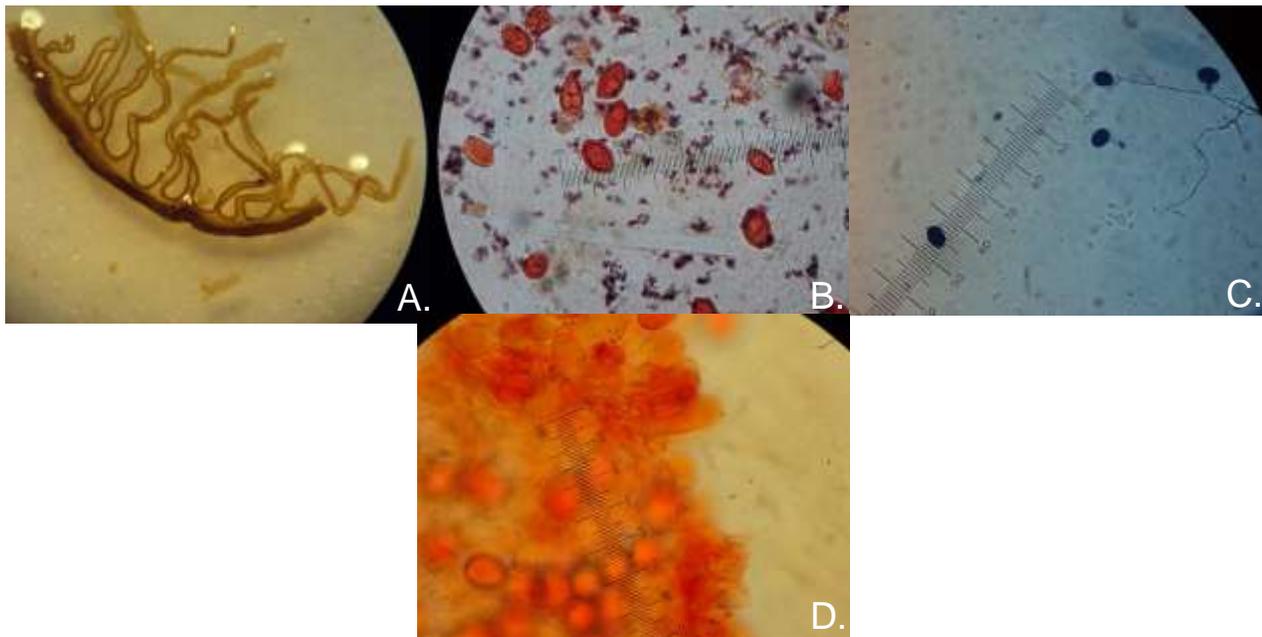
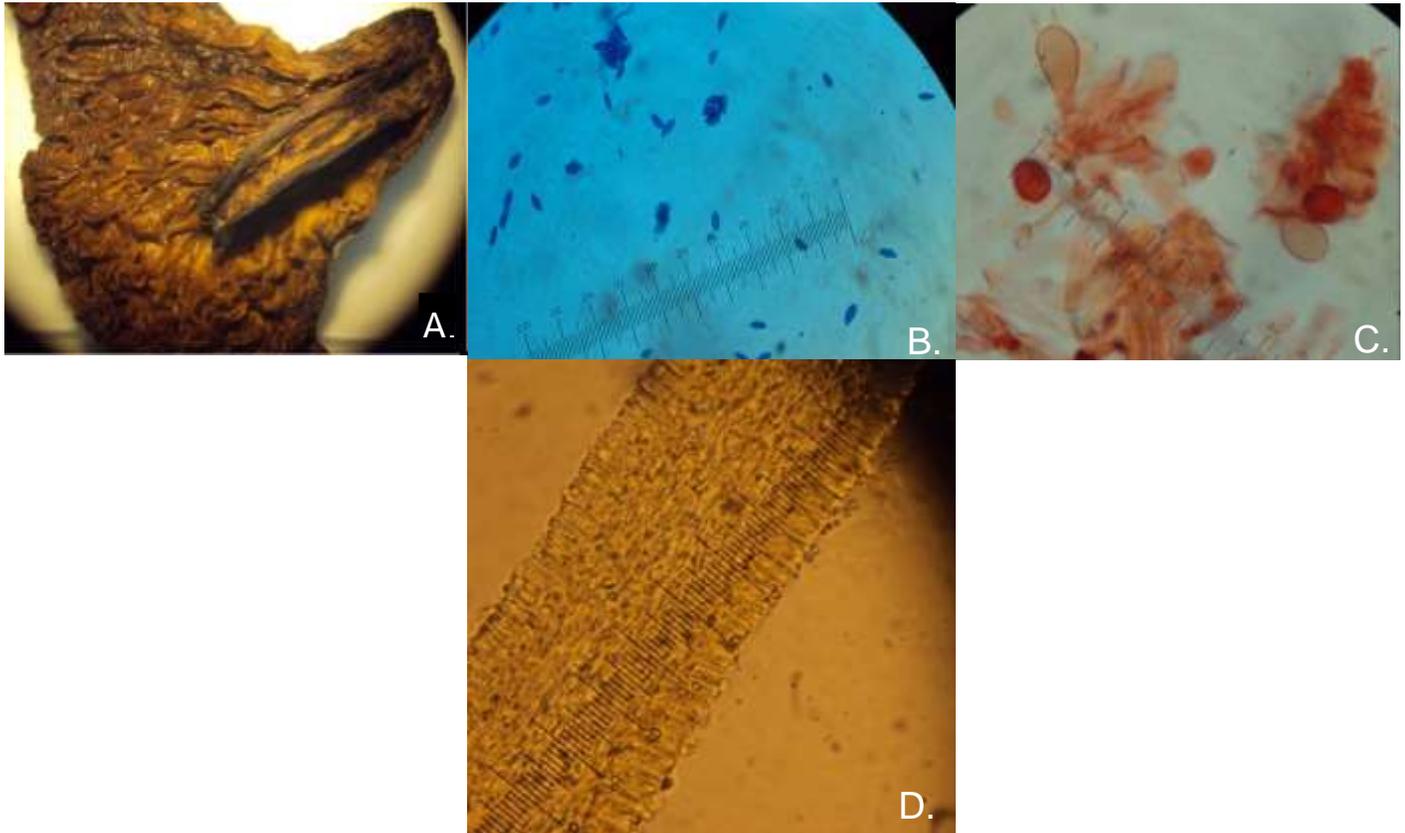


Figura 5. Estructuras de interés *Lepiota acutesquamosa*. A. Corte sagital de píleo (x400). B. Esporas (Tinción rojo congo, x1000). C. Esporas (Tinción rojo congo, x1000). D. Basidiolos (Tinción rojo congo, x1000).



*Figura 6.* Estructuras de interés *Macrolepiota procera*. A. *M. procera* (x400). B. Esporas (Tinción azul de lactofenol, x1000). C. Basidios (Tinción rojo congo, x1000). D. Hifas de la trama laminar (Tinción melzer, x1000).