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



**Azdriel Armando Betancourth** 

QUÍMICO BIÓLOGO

Guatemala, febrero 2019

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

# "ESTUDIO TAXONÓMICO DE MACROHONGOS VENENOSOS EN CINCO DEPARTAMENTOS DE GUATEMALA"

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

Azdriel Armando Betancourth

PARA OPTAR AL TÍTULO DE

QUÍMICO BIÓLOGO

Guatemala, febrero 2019

# JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto	Decano
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
M.Sc. Carolina Guzmán Quilo	Vocal I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	Vocal III
Br. Byron Enrique Pérez Díaz	Vocal IV
Br. Pamela Carolina Ortega Jiménez	Vocal V

### **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por acompañarme y guiarne a lo largo de mi vida, por darme fortaleza y sabiduría en este trayecto y permitirne culminar una etapa más en mi vida.

### A MI MADRE Y ABUELOS

Kattheen Marlenne Betancourth García, Zoila Esperanza García de Betancourt y Victor Roberto Betancourt. Por su inmenso amor y apoyo constante en cada una de las distintas etapas de mi vida, por su esfuerzo y dedicación al proporcionarme una educación y por ser un ejemplo para mi vida.

### **A MI FAMILIA**

Por ser parte importante de mi vida, por su apoyo incondicional, paciencia y cariño.

### A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A la tricentenaria Universidad por ser mi *Alma mater* y abrirme las puertas para mi superación personal, en especial a la centenaria Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia por brindarme la preparación adecuada para mi formación como profesional.

### A MIS ASESORES

Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel y Licda. María del Carmen Bran. Por su tiempo, dedicación y paciencia en la elaboración de esta investigación.

# ÍNDICE

I. RESUMEN	
II. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN	2
III. ANTECEDENTES	3
A. El Reino Fungi	3
B. Phylum Basidiomycota	4
C. Macrohongos	5
1. Morfología	6
2. Hábito y hábitat	6
D. Macrohongos venenosos	6
1. Toxinas	7
E. Estudios realizados en Guatemala	19
IV. JUSTIFICACIÓN	22
V. HIPÓTESIS	23
VI. OBJETIVOS	24
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	25
A. Universo y muestras	
B. Recursos	25
C. Materiales	26
D. Procedimiento	27
VIII. RESULTADOS	31
A. Descripción taxonómica	31
1. Género Amanita	
2. Género Hypholoma	48
3. Género Lepiota	49
4. Género Russula	50
IX. DISCUSIÓN	54
X. CONCLUSIONES	64
XI. RECOMENDACIONES	65
XII. REFERENCIAS	
VIII ANEYOS	92

### I. RESUMEN

En Guatemala se reportan aproximadamente dos casos de micetismos cada año, en los que varias personas resultan hospitalizadas y por lo menos una fallecida. Debido a la importancia que tienen estas intoxicaciones y al vacío de información sobre las especies de macrohongos tóxicos que están presentes en el país, se hace necesario efectuar investigaciones sobre los mismos, con el fin de dar a conocer la peligrosidad de su ingesta y contribuir al reconocimiento temprano de los micetismos. Por tal razón se realizo un estudio taxonómico de macrohongos venenosos por el método de muestreo oportunístico en los departamentos de Baja Verapaz, Chimaltenango, Jalapa, San Marcos y Totonicapán. Se identificaron 14 especies y cuatro variedades consideradas toxicas, de los géneros *Amanita*, *Hypholoma, Lepiota y Russula*, de la cuales 10 son nuevos registros para el país.

Por lo anterior, es de suma importancia dar a conocer al personal de salud y a la población en general de la presencia de las especies de hongos tóxicos para poder prevenir su consumo y, si se presentara un caso de micetismo, se le pueda dar el tratamiento apropiado.

# II. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

Los macrohongos o setas venenosas son aquellas que poseen micotoxinas que al ingerirse, pueden provocar un cuadro de intoxicación conocido como micetismo. El micetismo puede ocasionar trastornos gástricos, somnolencia, fiebre, taquicardia o producir lesiones permanentes en órganos como el hígado, los riñones, el sistema nervioso e inclusive, en algunos casos graves también provoca la muerte. Las diferentes especies de macrohongos (macromicetos) pueden ocasionar diversos tipos de micetismos, como por ejemplo el micetismo faloidiano el cual provoca la mayor parte de los envenenamientos graves o mortales (Herrera y Ulloa, 1998).

En Guatemala el caso mejor documentado fue el investigado por Logemman et al., (1987), quienes comunicaron que una mezcla de posibles hongos comestibles provocó un envenenamiento en dos familias de la aldea Sanyuyo, en el Departamento de Jalapa, donde se intoxicaron 19 personas, de las cuales murieron ocho con síntomas de ataque hepático. Asimismo, de acuerdo con datos recabados en medios de comunicación a nivel popular en el país, en los departamentos de Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala, Jalapa, Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán durante los años 2011 al 2018, se informaron ocho casos de micetismo, de los que resultaron hospitalizadas 36 personas y de las cuales murieron siete (Domínguez, 2013; "Dos personas," 2013; "Familia muere," 2011; "Familia se intoxicó," 2017; "Familia sufre," 2014; "Jóvenes intoxicados," 2017; Morales, 2018; "Niños mueren," 2013). Una causa común de mortalidad por intoxicación por hongos en los casos antes indicados fue la falta de conocimiento de los hongos venenosos que se encuentran en el país, lo que llevó a la confusión con especies comestibles.

Por tales motivos, esta investigación que forma parte del proyecto macro "Diversidad de macrohongos de Guatemala" que se ejecuta en la Unidad de Diversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos, del Departamento de Microbiología, se propone estudiar taxonómicamente macrohongos venenosos en cinco departamentos del país, con el fin de dar a conocer la peligrosidad de su ingesta y contribuir al reconocimiento temprano de los micetismos.

### III. ANTECEDENTES

### A. El Reino Fungi

El Reino Fungi abarca una gran magnitud de taxones y morfologías. Sin embargo, la información disponible es limitada e incompleta para la mayoría de las especies. Los datos actuales que estiman el número de especies que existen en el mundo difieren significativamente, sin embargo, los 1.5 millones de especies indicadas por la hipótesis propuesta por Hawksworth (1991), aún se utilizan como base y si es correcta, se han descrito menos de 5% de los hongos, lo cual los hace los organismos menos estudiados de nuestro planeta (Mueller, Bills, & Foster, 2004). Actualmente, estudios moleculares han indicado que la diversidad puede llegar hasta los 5.1 millones de especies (Blackwell, 2011).

Es muy difícil delimitar el grupo de organismos conocidos como hongos en sentido estricto y los debates sobre la inclusión o exclusión de determinados grupos en el Reino Fungi se han dado durante más de un siglo (Webster, & Weber, 2007). En la actualidad la secuenciación del ADN fúngico proporcionó muchos avances para el análisis e identificación de los hongos y se ha elaborado una clasificación filogenética basada en el análisis de esta molécula (Blackwell, 2011). Esta filogenia sirve como una base sobre la cual se pueden desarrollar las hipótesis de evolución de los hongos (Mueller, Bills et al., 2004).

Según Spatafora et al. (2018), en la actualidad los *Phyla* que integran el Reino Fungi son: Cryptomycota, Microsporida, Blastocladiomycota, Chytridiomycota, Zoopagomycota, Mucoromycota, Ascomycota y Basidiomycota. Estos dos últimos son los más grandes *Phyla* del Reino Fungi y juntos representan más del 95% de todas las especies de hongos conocidas.

Los hongos son organismos heterótrofos y omnipresentes en el medio ambiente. Son inmóviles y pueden reproducirse de forma sexual y asexual por medio de esporas microscópicas. Tienden a formar relaciones simbióticas con plantas y animales, lo que exige el estudio del hospedero, como en el caso de los hongos micorrícicos y endófitos, aunque la

mayoría son saprobios y algunos otros son patógenos de plantas y animales (Mueller, Bills et al., 2004).

Los hongos son organismos complejos que presentan una gran variedad de estructuras macroscópicas y microscópicas que pueden ser somáticas o de reproducción. Algunas de las estructuras microscópicas pueden ser observadas con microscopía de luz o contraste de fases, en cambio otras, como los organelos, solamente se observan con microscopía electrónica de transmisión (Cepero, Restrepo, Franco-Molano, Cárdenas y Vargas, 2012).

Los hongos presentan diferentes estructuras macroscópicas de reproducción sexual, las cuales se conocen con el nombre de cuerpos fructíferos. Algunas de las principales son los ascocarpos o ascomas, en el *Phylum* Ascomycota y los basidiocarpos o basidiomas, en Basidiomycota (Cepero et al., 2012).

### B. Phylum Basidiomycota

Este *Phylum* es el segundo más grande del Reino Fungi con aproximadamente 31,515 especies, que corresponden al 32.27% de hongos descritos. Tienen reproducción sexual y asexual o sólo una de ellas, ocupan hábitats acuáticos o terrestres y poseen morfología tan variable que es imposible encontrar una característica única y constante para el grupo. Se caracteriza por la presencia de basidios que producen esporas sexuales o basidiosporas, la presencia del septo doliporo, la formación de fíbulas (aunque no están presentes en todos los basidiomicetes) y las múltiples capas que poseen las paredes de las hifas. En el basidio, que es la célula donde ocurre la cariogamia y la meiosis y sobre la cual se forman las basidiosporas, se reconocen tres partes: el probasidio donde ocurre la cariogamia, el metabasidio donde ocurre la meiosis y los esterigmas, sobre los cuales se forman las basidiosporas (Cepero et al., 2012; Mueller, Bills et al., 2004).

El ciclo de vida de este grupo se resume de la siguiente forma: las basidiosporas al germinar dan origen al micelio primario monocariótico (las células poseen un núcleo haploide). Posteriormente dos micelios monocarióticos compatibles se fusionan por plasmogamia y originan el micelio secundario dicariótico (con células que poseen núcleos

haploides que se complementan genéticamente). El micelio dicariótico al formar el primordio y el cuerpo fructífero se denomina micelio terciario, en el cual se forman los basidios donde se lleva a cabo la cariogamia y la meiosis, procesos por los cuales se producirán las basidiosporas haploides (Cepero et al., 2012).

El hábitat de la mayoría de los basidiomicetes es terrestre y las esporas se dispersan principalmente por el viento. En algunos casos crecen en agua dulce o hábitats marinos. Muchos de los hongos de este grupo son saprobios y están involucrados en la descomposición de madera y muchos tipos de materia orgánica, por lo tanto, se encuentran en o sobre estiércol, troncos de árboles muertos, hojas o corteza de plantas. Algunos son patógenos de plantas, animales y del hombre, en tanto que otros se asocian en simbiosis mutualistas a las raíces de los árboles y forman las micorrizas ectotróficas o ectomicorrizas (Cepero et al., 2012).

La fructificación de origen sexual de los basidiomicetes se denomina cuerpo fructífero, carpóforo, esporóforo, basidiocarpo, esporocarpo o basidioma (Cepero et al., 2012). Algunos de ellos son visibles a los ojos humanos, los cuales se denominan macrohongos, que pueden ser comestibles, alucinógenos o venenosos (Mata, Halling y Mueller, 2003).

### C. Macrohongos

El término macrohongo o seta se refiere a la estructura reproductiva o cuerpo fructífero de un hongo, el cual puede reconocerse a simple vista. En realidad, dicha estructura está constituida por una serie de hifas de micelio terciario que se desarrollan sobre el sustrato (suelo, madera, etc.) y que fructifican cuando las condiciones ambientales (como temperatura, luz, acidez del sustrato y humedad) son las adecuadas (Mata, 2003).

### 1. Morfología

Los macrohongos pueden ser carnosos, gelatinosos o pulverulentos y tener forma de sombrilla, oreja, repisa, trompeta, coral, entre otros, y poseen basidios, que son estructuras microscópicas especializadas sobre las cuales se producen las basidiosporas (Mata et al., 2003).

El típico cuerpo fructífero posee píleo (sombrero), himenóforo (estructura que sostiene la capa fértil, ya sea láminas, tubos, dientes y otros), contexto y estípite. Existen también cuerpos fructíferos sésiles que no tienen estípite, como en el caso de las llamadas "orejas de palo" que se adhieren lateralmente al sustrato. Otros, denominados "costras" no tienen píleo ni estípite. También poseen otras características como la consistencia (leñosa, gelatinosa, esponjosa o carnosa, entre otras) y la textura de la superficie (desde lisa a fibrilosa, escamosa, velutinosa, tomentosa y otras) que son muy importantes para identificar y describir los cuerpos fructíferos (Mata et al., 2003).

### 2. Hábito v hábitat

El hábito se refiere a la forma de crecimiento de los cuerpos fructíferos y a como están distribuidos, los cuales pueden ser solitarios, dispersos, gregarios, cespitosos o connados. El hábitat se refiere al sustrato donde se desarrolla el cuerpo fructífero, que puede ser terrícola, humícola, lignícola, coprófilo o fungícola (Delgado, Villegas y Cifuentes, 2004; Franco-Molano, Vasco-Palacios, López-Quintero y Boekhout, 2005).

# D. Macrohongos venenosos

Existen macrohongos venenosos que pueden provocar trastornos gástricos (vómitos, diarreas, dolores abdominales) y hepáticos, vértigo, cefalea, somnolencia, fiebre, taquicardia y en algunos casos la muerte si la persona no es atendida rápidamente, ya que poseen toxinas activas, entre las que se encuentran las amatoxinas, cortinarinas, ácido iboténico,

giromitrinas, isoaxoles, muscarina, triptamina, coprina y muscimol (Franco-Molano et al., 2005; Mata, 2003).

Se considera que no hay características o pruebas que indiquen si un hongo es comestible o venenoso, la única forma de saberlo es conocerlos a través del conocimiento tradicional (Franco-Molano et al., 2005).

Los macrohongos que generalmente están involucrados en las intoxicaciones pertenecen al orden de los Agaricales (comúnmente denominados "hongos con sombrero"), que se caracterizan por poseer estructuras macroscópicas, denominadas basidiomas, en las cuales se reconocen el píleo (sombrero), el estípite y las láminas que portan esporas de origen sexual. Además, según la especie, pueden o no tener volva, estructura que cubre todo el basidioma desde el inicio del desarrollo (velo universal) y persiste en la parte inferior del estípite. También pueden o no poseer un anillo, estructura formada a partir del velo que cubre las láminas en formación en los ejemplares inmaduros (Romano et al., 2013).

### 1. Toxinas

Se han encontrado muchas toxinas en hongos venenosos que se han analizado químicamente. La información de la estructura química de varias toxinas mostró que especies de diferentes géneros que no están relacionados, pueden o no contener las mismas toxinas. Por ejemplo, las amatoxinas pueden estar presentes en *Galerina y Amanita*. Por otro lado, dentro de un solo género, por ejemplo, *Amanita* donde ciertas especies contienen un grupo de toxinas, mientras otras especies contienen toxinas no relacionadas. Un solo género, por ejemplo, *Tricholoma* puede contener especies comestibles y venenosas. Sin embargo, muy pocos géneros como *Inocybe*, son homogéneos, con muchas especies toxicas que contienen la misma toxina, en este caso la muscarina (Ammirati, Traquair, & Horgen, 1985).

Según Ammirati et al. (1985), los hongos venenosos se pueden clasificar en siete grupos según sus toxinas, los cuales son: coprina, toxinas irritantes gastrointestinales,

muscarina, toxinas alucinógenas, ácido iboténico y muscimol, monometilhidrazina y toxinas mortales tipo amatoxinas y otras.

# a. Toxinas mortales tipo amatoxinas y otras

Una gran variedad de macrohongos se han reportado como causantes de muertes en humanos, principalmente de los géneros *Amanita, Conocybe, Galerina* y *Lepiota*, ya que contienen altos niveles de amatoxinas para causar un envenenamiento severo (Mencías y Mayero, 2000; Repetto, 1995). La cantidad de amatoxinas que posee un hongo puede variar según el tamaño o la especie, pero un solo ejemplar puede contener aproximadamente 5.0-7.0 mg de amatoxinas (Chen, Kassi, Saeed, & Frenette, 2012; Graeme, 2014; Hu, Zhang, Zeng, & Chen, 2012; Roberts, Hall, Falkland, Strasser, & Buckley, 2013). Existen 10 amatoxinas que tienen en común un ciclopéptido, que está dividido por un puente que contienen azufre; entre las que se encuentran las alfa, beta y gamma-amanitinas (Karlson-Stiber, & Persson, 2003; Magdalan et al., 2010; Roberts et al., 2013; Seeger, & Stijve, 1980).

La alfa-amanitina es la principal amatoxina, la cual es octapéptido bicíclico y termoestable. Esta daña la mucosa intestinal, el hígado y el riñón al unirse irreversiblemente a la ARN polimerasa II en los núcleos de las células de estos órganos. En consecuencia, disminuye la producción de ARNm, la producción de proteínas y finalmente produce muerte celular (Karlson-Stiber, & Persson, 2003; Magdalan et al., 2010; Roberts et al., 2013; Seeger, & Stijve, 1980). La alfa-amanitina también se puede transformar en intermediarios de radicales libres que aumentan la producción de especies de oxígeno reactivo tales como peróxido de hidrógeno, superóxido y radicales hidroxilo. Esto contribuye al daño de la membrana celular. Y también puede actuar de forma sinérgica con citocinas endógenas, como factores de necrosis tumoral, para producir daño celular e inducir apoptosis (Karlson-Stiber, & Persson, 2003; Mengs, Pohl, & Mitchell, 2012; Santi et al., 2012; Wieland, 1980).

Cuando se sospecha de una intoxicación por amatoxinas es importante conocer el tiempo entre la ingestión del hongo y la hospitalización de la persona, ya que la progresión clínica de esta intoxicación se puede dividir en cuatro etapas: (1) fase de latencia o

inactividad, (2) fase gastrointestinal, (3) remisión clínica (daño orgánico progresivo a pesar de una mejoría clínica aparente) y (4) insuficiencia hepática aguda o falla multiorgánica (Mengs et al., 2012; Santi et al., 2012; Yardan et al., 2010; Wu, & Wang, 2004).

Normalmente, una latencia asintomática de 6-24 h produce una gastroenteritis grave, sin embargo, se han reportado latencias más cortas o más largas (Mengs et al., 2012; Rumack, 1980; Santi et al., 2012; Yardan et al., 2010; Wu, & Wang, 2004). La gastroenteritis incluye vómitos, diarrea acuosa y dolor abdominal y típicamente dura 1-2 días. Si no se trata adecuadamente, el paciente puede sufrir una deshidratación grave e hipovolémica, acompañada de inestabilidad circulatoria y oliguria. Aunque también pueden desarrollarse trastornos metabólicos como hipoglucemia, taquicardia, hipotensión, alteraciones electrolíticas, en particular hipocalemia y acidosis metabólica. La gastroenteritis puede ir seguida de una breve remisión clínica. Las enzimas hepáticas comienzan a aumentar dentro de las 16-48 h de ingestión y pueden aumentar a pesar de la aparente mejoría clínica (Karlson-Stiber, & Persson, 2003; Rumack, 1980; Santi et al., 2012; Trabulus, & Altiparmak, 2011; Tu, 1992). La etapa final es la falla hepatorrenal o multiorgánica dentro de los 2-7 días de la ingestión del hongo. La patología hepática se caracteriza por degeneración grasa y necrosis centrolobulillar (Gok et al., 2015; Graeme, 2014; Santi et al., 2012). También se puede observar necrosis tubular aguda, con daño en los túbulos proximales (Mengs et al., 2012; Nici, & Kim, 2011; Santi et al., 2012).

La muerte puede ocurrir, generalmente entre los 4 a 16 días, aunque puede pasar más tarde. Los pacientes menos gravemente intoxicados pueden recuperarse en lugar de progresar a insuficiencia hepática fulminante (Giannini et al., 2007; Santi et al., 2012; Yardan et al., 2010). Aproximadamente el 20% de los supervivientes desarrollan hepatitis crónica mediada por complejos inmunitarios con autoanticuerpos antimúsculo liso. La trombocitopenia puede ocurrir y generalmente se nota 3 días después de la ingestión (Berger, & Guss, 2005; Beuchat, 1987; Mitchel, & Rumack, 1978; Trabulus, & Altiparmak, 2011).

Como no existen antídotos universalmente aceptados o tratamientos estandarizados para la intoxicación con amatoxinas, es indispensable mantener hidratada a las personas

acompañado con un buen balance electrolítico, brindar un apoyo intensivo en los trastornos de la coagulación e hipoglucemia. Se deben utilizar tratamientos estándar para la insuficiencia hepática aguda (IHA) (Enjalbert et al., 2002; Graeme, 2014; Trabulus, & Altiparmak, 2011). Algunos recomiendan carbón activado en dosis múltiples (20-40 g cada 3-4 h durante 24 h o 50 g cada 6 h) y aspiración nasoduodenal para limitar la recirculación enterohepática de amatoxina, porque aproximadamente el 60% de la alfa-amanitina absorbida se excreta en la bilis y luego regresa al hígado a través de la recirculación (Aygul, Duzenli, Ozdemir, & Altunkeser, 2010; Berger, & Guss, 2005; Mengs et al., 2012; Santi et al., 2012; Trabulus, & Altiparmak, 2011).

Se utilizan como antídotos la bencilpenicilina, ceftazidima, N-acetil-cisteína (NAC), rifamicina y silibinina. De estos, la silibinina y el NAC son los más eficientes y si están disponibles, su administración es segura y recomendable (Ahishali et al., 2012; Chen et al., 2012; Diaz, 2005; Magdalan et al., 2009; Magdalan et al., 2011; Poucheret, Fons, Doré, Michelot, & Rapior, 2010; Roberts et al., 2013). El trasplante de hígado aumenta drásticamente la tasa de supervivencia de los pacientes, aunque es importante tener en cuenta los criterios de trasplante comúnmente aceptados para una IHA para poder realizarse (Garcia, McLin, Rimensberger, & Wildhaber, 2011; Graeme, 2014).

Las especies que se presentan a continuación contienen o se sospecha que pueden tener amatoxinas. De la familia Amanitaceae, en el género Amanita se encuentran las especies A. bisporigera, A. hygroscopica, A. ocreata, A. phalloides, A. suballiacea, A. tenuifolia, A. verna y A. virosa. De la familia Bolbitiaceae, en el género Conocybe se encuentra C. filaris. En la familia Cortinariaceae, en el género Cortinarius están las especies C. gentilis, C. orellanus y C. speciosissimus; en el género Galerina están G. autumnalis, G. marginata, G. sulciceps y G. venenata. Y por último en la familia Lepiotaceae, en el género Lepiota se encuentras las especies L. brunneoincarnata, L. brunneolilacea, L. castanea, L. clyopelariodes, L. felina, L. fuscovinacea, L. griseovirens, L. heimii, L. helveola sensu Huijsman, L. helveola sensu Josserand, L. locanensis, L. ochraceofulva, L. pseudohelveola, L. rufescens y L. subincarnata (Ammirati et al., 1985).

### b. Monometilhidrazina

La toxina que se encuentra en los hongos es la giromitrina. Sin embargo, este compuesto es muy inestable y se hidroliza fácilmente a monometilhidrazina en temperaturas moderadas de cocción (Gutiérrez, 2000). Esta toxina se encuentra en los macrohongos conocidos como Morillas y falsas Morillas (Discomycetes y Ascomycota), específicamente en *Gyromitra esculenta* (Sánchez, 2012).

La monometilhidrazina actúa directamente en el sistema nervioso central por interferencia en la utilización y función de la vitamina B<sub>6</sub>. Esta vitamina está asociada con muchas enzimas celulares claves que intervienen en el metabolismo de aminoácidos (Ammirati et al., 1985).

Los primeros síntomas del envenenamiento por monometilhidrazina son náuseas y vómitos, los cuales comienzan de siete a 10 horas después de haber consumido el hongo. Las personas a menudo presentan diarrea acuosa o sanguinolenta, calambres musculares y dolor abdominal. En casos severos existe daño al hígado, ictericia, fiebre alta, mareos, perdida de la coordinación y convulsiones. En casos muy severos, la muerte puede ocurrir entre dos a cuatro días después de la ingestión (Mitchel, & Rumack, 1978).

El clorhidrato de piridoxina, es un preparado de la forma de la vitamina B<sub>6</sub>, que se ha utilizado como tratamiento para los envenenamientos por *Gyromitra* (Hui, Smith, & Spoerke, 2001).

Todas las especies que se listan a continuación poseen giromitrina. De la familia *Morchellaceae*, en el género *Disciotis* se encuentra *D. venosa*. De la familia *Helvellaceae*, en el género *Gyromitra* se encuentran *G. ambigua*, *G. californica*, *G. caroliniana*, *G. esculenta*, *G. fastigiata*, *G. gigas*, *G. infula*, *G. korfii* y *G. sphaerospora*. En la familia *Pezizaceae*, en el género *Sarcosphaera* se encuentra *S. crassa* (Ammirati et al., 1985).

### c. Coprina

Algunos hongos principalmente de los géneros *Coprinus* y *Clitocybe* cuando se consumen con alcohol causan una reacción muy similar a la producida por el medicamento Antabuse (disulfiram), que se da a los alcohólicos. La reacción se atribuye a la toxina coprina. La coprina es un aminoácido derivado de la glutamina, el cual es uno de los más comúnmente encontrados en las proteínas celulares (Ammirati et al., 1985).

Los síntomas de envenenamiento por coprina son similares a la intoxicación por acetaldehído y dan como resultado la obstrucción de la actividad de la enzima aldehído deshidrogenasa. La coprina por sí misma probablemente no pueda afectar la enzima, pero en el organismo humano se hidroliza a 1-aminociclopropanol que actúa directamente sobre dicha enzima (Ammirati et al., 1985).

Mitchel y Rumack (1978), informaron que los síntomas del envenenamiento por coprina comienzan con un ligero aumento en la presión arterial acompañado de un marcado enrojecimiento, especialmente en la parte superior del cuerpo, cara y ojos. El ritmo cardíaco se puede elevar hasta 140 latidos por minuto y se puede experimentar un fuerte dolor de cabeza. Además, también se puede experimentar dolor pericárdico y respiración rápida. Después de aproximadamente 15 minutos de los síntomas anteriores, se da una caída de la presión arterial y aparece debilidad, mareos y náuseas. Generalmente hay vómitos y, en ocasiones, la persona puede llegar a desmayarse (Ammirati et al., 1985).

La reacción al envenenamiento por coprina depende del nivel de alcohol en la sangre. Tomar una bebida varias horas antes de ingerir los hongos que contienen la toxina probablemente no causaría los síntomas anteriores, mientras que tres o cuatro bebidas tomadas varias horas después de ingerir los hongos desencadenaría los síntomas (Wiseman, & Abeles, 1979).

La reacción por coprina y alcohol generalmente no requiere tratamiento médico. En casos severos, sin embargo, levantar los pies, la administración de oxígeno y posiblemente un antihipotensivo pueden resultar eficaces (Sánchez, 2012).

Los hongosque producen una reacción tipo antabus en humanos cuando se ingieren con bebidas alcohólicas están en la familia *Coprinaceae*, en el género *Coprinus* se encuentran las especies *C. atramentarius*, *C. insignis* y *C. variegatus*. En la familia *Tricholomataceae*, en el género *Clitocybe* está *C. clavipes* (Ammirati et al., 1985).

#### d. Muscarina

La muscarina es una toxina que se encontró en varias familias de hongos y afecta las terminaciones nerviosas parasimpáticas del sistema nervioso autónomo. La muscarina fue la primera toxina aislada de un hongo venenoso. Notablemente, *Amanita muscaria*, que recibió dicho nombre en alusión a la toxina, contiene muy poca muscarina. De hecho, ahora se sabe que *A. muscaria* no contiene suficiente muscarina para causar un envenenamiento severo en humanos. Muchas especies de *Inocybe* y algunas especies de *Clitocybe* son ricas en muscarina (Chilton, 1978).

Biológicamente, la muscarina se une con los sitios receptores de acetilcolina, comúnmente llamados receptores colinérgicos, en las células específicas del sistema nervioso autónomo. Las células en su mayoría están asociadas a la división parasimpática del sistema nervioso autónomo. Esta parte del sistema nervioso ejerce control sobre los músculos involuntarios y las secreciones glandulares, sobre el cual no se tiene ningún control consciente (Pérez-Silva, Esqueda y Herrera, 2008).

Los síntomas de la intoxicación por muscarina comienzan entre 15-20 minutos después de ingerir los hongos. Se presentan náuseas y vómitos que a menudo van acompañados de diarrea. Vomitar el tejido del hongo no digerido desde el estómago a menudo elimina gran parte del veneno. Algunas personas creen incorrectamente que al cocinar el hongo se destruye la muscarina. De hecho, la muscarina permanece estable incluso

después de la cocción prolongada. Además, suele presentarse estrechamiento de la región muscular en la parte posterior de la boca, disuria, sudoración profusa y salivación, constricción de la pupila asociada con secreción excesiva de lágrimas, visión borrosa, dificultad para respirar debido a una constricción de la región bronquial o a obstrucción de vías aéreas por la abundante secreción de moco, disminución de la presión arterial y en ocasiones edema pulmonar, disminución de la frecuencia cardíaca e insuficiencia cardíaca. La combinación de la transpiración, salivación y la excesiva secreción de lágrimas no se produce en ningún otro tipo de envenenamiento por hongos (Ammirati et al., 1985). No hay efectos directos sobre el sistema nervioso central, como delirio, confusión, convulsión, que estén asociados con la intoxicación por muscarina. En casos de envenenamientos graves durante las etapas posteriores, la persona puede pasar a un coma debido a la falta de oxígeno en el cerebro, como resultado de los efectos cardíacos (Chilton, 1978).

La atropina bloquea completamente todos los efectos de la muscarina sobre el sistema nervioso autónomo. Es el antídoto de elección cuando se administra cuidadosamente según el tamaño y condición de la persona (Spoerke, & Rumack, 1994).

Todos los géneros mencionados a continuación poseen especies que contienen o se sospecha que contienen suficiente muscarina para causar intoxicaciones. De la familia Amanitaceae, en el género Amanita se encuentran las especies A. gemmata, A. muscaria, A. pantherina y A. parcivolvata. De la familia Boletaceae, en el género Boletus están las especies B. calopus, B. luridus, B. pulcherrimus y B. satanas. De la familia Cortinariaceae, en el género Hebeloma esta la especie H. crustuliniforme; en el género Inocybe es donde se encuentra la mayor cantidad de especies: I. fastigiata, I. geophylla, I. lacera, I. mixtilis, I. napipes, I. patouillardi, I. pudica, I. sororia e I. subdestricta. De la familia Tricholomataceae, en el género Clitocybe se encuentran las especies C. dealbata, C. dilatata, C. morbifera, C. nebularis, C. rivulosa y C. truncicola; en el género Hygrophoropsis está la especie H. aurantiaca; en el género Mycena está M. pura y en el género Omphalotus están las especies O. illudens, O. olearius, O. olivascens y O. subilludens. En la familia Russulaceae, en el género Russula tenemos la especie R. emetica (Ammirati et al., 1985).

# e. Ácido iboténico y muscimol

Las concentraciones de ácido iboténico y muscimol son variables, lo cual depende de la muestra, el entorno, la ubicación y la época del año (Stebelska, 2013). El ácido iboténico es relativamente inestable y fácilmente se convierte en muscimol. Se ha reportado que el muscimol comprende entre el 0.03-0.1% del peso fresco del tejido del hongo. Aunque esta cantidad puede parecer pequeña, se convierte en una cantidad muy importante si se tiene en cuenta que el 75-80% del peso fresco de un hongo es agua (Stríbrný, Sokol, Merová, & Ondra, 2012).

El ácido iboténico y el muscimol son respectivamente derivados del ácido glutámico y del ácido gamma-aminobutírico (GABA) (Michelot, & Melendez-Howell, 2003; Stormer, Koller, & Janak, 2004). Ambos compuestos cruzan la barrera hematoencefálica muy probablemente por transporte activo, falsificando neurotransmisores endógenos y causando trastornos cerebrales (Karimi, & Razavi, 2015; Michelot, & Melendez-Howell, 2003). En consecuencia, actúan como pseudoneurotransmisores implicados en el control de la actividad neuronal en el sistema nervioso central (Karimi, & Razavi, 2015; Michelot, & Melendez-Howell, 2003; Stormer et al., 2004). Esta intoxicación produce el síndrome conocido como panterínico, delirante o micoatropínico, debido a la similitud de los síntomas producidos por la atropina (Arrillaga y Laskibar, 2006; Michelot, & Melendez-Howell, 2003).

Los síntomas de estas toxinas aparecen dentro de 20-90 minutos, lo cual depende de la cantidad ingerida. Este síndrome se caracteriza principalmente por un estado de confusión, mareo, cansancio, distorsión del espacio y desconocimiento del tiempo. También se han mencionado síntomas como nausea, dolores abdominales (no suele haber diarrea), sequedad de la piel y mucosas, midriasis, alucinaciones, percepción vívida del color, agitación, delirio, incoordinación motora, taquicardia, posibles estados de euforia y agresividad (Ammirati et al., 1985; Arrillaga y Laskibar, 2006; Karimi, & Razavi, 2015; Michelot, & Melendez-Howell, 2003). La intoxicación termina con un estado de depresión, somnolencia y un sueño profundo que generalmente dura 8 h (Arrillaga y Laskibar, 2006; Michelot, & Melendez-Howell, 2003). La muerte causada por estas toxinas es rara, aunque se tienen reportes de

muertes en Estados Unidos y Chile (Arrillaga y Laskibar, 2006; Buck, 1978; Chilton, 1978; Ginterová et al., 2014; Singer, 1978).

La dosis en humanos necesaria para observar alteraciones en el sistema nervioso central es aproximadamente 6 mg de muscimol y entre 30 a 60 mg de ácido iboténico. En los exámenes de laboratorio se encuentran alteraciones electrolíticas, elevación de las enzimas hepáticas y aumento de BUN y creatinina. El diagnóstico diferencial es el siguiente: fármacos simpaticomiméticos como las anfetaminas, efectos adversos de los antihistamínicos, cocaína, éter, fármacos parasimpaticolíticos e infección por *Clostridium botulinum*, que es la mayor confusión debido a la semejanza de los síntomas con el botulismo (Rumack, 1980).

El tratamiento apropiado es principalmente sintomático y de apoyo (Karimi, & Razavi, 2015; Michelot, & Melendez-Howell, 2003). Comenzando por eliminar las toxinas del tracto gastrointestinal mediante vómitos provocados, lavados gástricos o administración de carbón activado (Arrillaga y Laskibar, 2006; Karimi, & Razavi, 2015; Michelot, & Melendez-Howell, 2003). La atropina está fuertemente contraindicada (Karimi, & Razavi, 2015; Michelot, & Melendez-Howell, 2003). Si los signos anticolinérgicos son muy severos se recomienda el uso de fisostigmina que es un inhibidor de la colinesterasa, que contrarresta los efectos de la atropina. Se sugiere la administración clonazepam o fenobarbital en caso de convulsiones (Arrillaga y Laskibar, 2006; Michelot, & Melendez-Howell, 2003).

En este grupo solo pertenecen especies de la familia *Amanitaceae*, del género *Amanita* entre las cuales se encuentran *A. crenulata*, *A. frostiana*, *A. gemmata*, *A. muscaria* y *A. pantherina* (Ammirati et al., 1985).

### f. Toxinas alucinógenas

Muchos géneros de hongos tienen especies que son alucinógenas. Las toxinas implicadas son la psilocibina y la psilocina, así como los compuestos relacionados como baeocistina y norbaeocistina (De Diego, 2011). Muchas especies alucinógenas están en los

géneros *Psilocybe* y *Panaeolus*, pero ciertas especies de *Conocybe*, *Gymnopilus*, *Pluteus* y tal vez *Stropharia* también contienen estos compuestos (Martínez y Rubio, 2002).

La psilocibina que está presente en los hongos alucinógenos, se hidroliza rápidamente a psilocina, cuandose ingieren los hongos. Las toxinas alucinógenas logran sus efectos porque son químicamente similares a los neurotransmisores que interactúan con el cerebro. La psilocina se asemeja a la serotonina por su efecto en la transmisión nerviosa (De Diego, 2011).

Los síntomas del envenenamiento por psilocina varían según el tiempo desde la ingestión del hongo. Entre la ingesta hasta 30 minutos después, la persona siente mareos, vértigo, náusea, malestar abdominal, debilidad, dolor muscular y espasmos, temblor, ansiedad y entumecimiento de los labios. De 30 a 60 minutos los síntomas incluyen efectos visuales (desenfoque, colores más brillantes, contornos más agudos, aumento de los reflejos, patrones visuales con ojos cerrados), incremento de la audición, bostezos, lagrimeo, sudoración, enrojecimiento facial, disminución de concentración y atención, pensamientos lentos, sentimiento de irrealidad, despersonalización, somnolencia, falta de coordinación y voz temblorosa (Ammirati et al., 1985).

De 60 a 120 minutos después de la ingestión, se experimenta un aumento de efectos visuales (patrones de color y formas, mayormente con los ojos cerrados), movimientos ondulatorios de las superficies, percepción alterada de la distancia, euforia, incremento de la percepción y disminución del paso del tiempo (Ammirati et al., 1985).

A los 120 a 140 minutos, hay una disminución y casi completa resolución de los efectos anteriores. La persona generalmente vuelve a la normalidad entre cuatro a 12 horas después de la ingestión de estos hongos. Los efectos posteriores pueden incluir dolor de cabeza, fatiga y un estado contemplativo, o menos comúnmente, risa incontrolable, una sensación de hormigueo en la piel, sinestesia, dificultad para respirar, disminución del apetito y sentimientos sexuales transitorios (Ammirati et al., 1985).

Muchas personas tienen efectos secundarios graves después de comer estos hongos. Se han reportado síntomas como disforia severa o descontento, vómitos, postración y ocasionalmente se reporta parálisis. Estos hongos pueden ser muy peligrosos cuando son ingeridos por niños. No hay ningún tratamiento específico que puede ser recomendado para el envenenamiento por psilocibina (Mitchel, & Rumack, 1978).

La lista que se presenta a continuación contiene especies que se saben contienen psilocibina, psilocina o compuestos relacionados. De la familia *Bolbitiaceae*, en el género *Conocybe* se encuentran las especies *C. cyanopus* y *C. smithii*. En la familia *Coprinaceae*, en el género *Panaeolus* están las especies *P. campanulatus*, *P. castaneifolius*, *P. cyanescens*, *P. fimicola*, *P. foenisecii*, *P. sphinctrinus* y *P. stubbalteatus*. De la familia *Cortinariaceae*, en el género *Gymnopilus* se encuentran las especies *G. aeruginosus*, *G. luteus*, *G. spectabilis*, *G. validipes* y *G. viridans*. En la familia *Plutaeceae*, en el género *Pluteus* está la especie *P. salicinus*y de la familia *Strophariaceae*, en el género *Psilocybe* se encuentran las especies *P. baeocystis*, *P. caerulescens*, *P. caerulipes*, *P. cubensis*, *P. cyanoscens*, *P. cyanofibrillosa*, *P. pelliculosa*, *P. semilanceata*, *P. strictipesy P. stuntzii* (Ammirati et al., 1985).

### g. Toxinas irritantes gastrointestinales

Muchos hongos causan irritación y alteraciones gastrointestinales. Algunos hongos son venenosos cuando se comen crudos o mal preparados. Otros causan problemas cuando se consumen en grandes cantidades. Tiempos prolongados de cocción, cocinar parcialmente o métodos especiales de conservación como la utilización de sal, aparentemente destruyen o inactivan algunas toxinas o irritantes. Sin embargo, algunos hongos son venenosos, independientemente de la forma de preparación (Ruiz, Tay, Sánchez y Martínez, 1999).

Probablemente las alteraciones gastrointestinales e hipersensibilidad son las respuestas más comunes a los efectos adversos por la ingestión de estos hongos. Los síntomas normalmente incluyen náusea con vómitos o diarrea o ambos, acompañados a menudo de dolor abdominal (Spoerke, & Rumack, 1994).

Los síntomas usualmente aparecen dentro de 15 minutos a cuatro horas. Algunos síntomas son típicamente transitorios y a menudo terminan espontáneamente o poco después de que el material ingerido es removido del tracto intestinal (Edelstein, Gerald, Crutchley, & Gundersen, 2009).

Existen aproximadamente 100 especies que se han implicado en alteraciones gastrointestinales. Este grupo abarca los *Phylum* Basidiomycota y Ascomycota. Los principales géneros que se pueden mencionar son los siguientes: *Agaricus, Amanita, Boletus, Hebeloma, Pholiota, Lepiota, Entoloma, Lactarius, Russula, Clitocybe, Omphalotus, Tricholoma, Ramaria* y *Morchella* (Ammirati et al., 1985).

#### E. Estudios realizados en Guatemala

En Guatemala son muy pocos los estudios que se han realizado con respecto a los hongos venenosos o alucinógenos.

Uno de los primeros estudios fue el realizado por Lowy (1972), quien presentó un trabajo en el cual indicó la importancia de los hongos en la simbología Maya. También comentó que *A. muscaria* es un hongo comúnmente encontrado a lo largo de Guatemala, en lugares como los bosques de coníferas del Rancho de Lemoa, ubicado entre Chichicastenango y El Quiché, donde crece en abundancia. Localmente lo llaman "shtantilok" o "shtantalok" y es muy conocido y evitado debido a sus propiedades tóxicas.

Lowy (1974), informó sobre la relación entre el trueno y el hongo *A. muscaria*. Lo anterior fue deducido debido a que el nombre en K'iche' "kaqulja" significa en español "rayo". Los vendedores de hongos de Chichicastenango expresaron que desde hace mucho tiempo se conoce este hongo por sus propiedades alucinógenas. También se refieren a él con el nombre de "*Itzel ocox*" que significa hongo malo o diabólico.

Lowy (1977), comunicó que en Cobán los pobladores se refirieron a *A. muscaria* como "*rocox aj tza*", el hongo del diablo. En el mismo año, se registró por primera vez en

Guatemala *P. mexicana* en un prado cerca de Santa Elena Barillas, a 25 km. al sur de ciudad de Guatemala. La identificación de *P. mexicana* en Guatemala representó la posibilidad de descubrir otros hongos alucinógenos que aún no se sabía de su existencia en el país.

Logemann et al. (1987), investigaron una mezcla de hongos que provocaron un envenenamiento en dos familias de Sanyuyo, en el departamento de Jalapa. Se intoxicaron 19 personas, de las cuales murieron ocho con síntomas de ataque hepático. Los hongos que se identificaron fueron *A. caesarea* que es comestible de excelente calidad, *A. gemmata* que provoca únicamente molestias gastrointestinales y *A. magnivelaris* que puede producir la muerte por su contenido en alcaloides altamente venenosos. Este fue el primer registro de *A. magnivelaris* en Guatemala.

Sommerkamp y Guzmán (1990), documentaron una lista de 161 especies de hongos que se han identificado en el Herbario de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde hasta ese momento las especies venenosas conocidas eran las mismas que estaban registradas en México.

Sommerkamp (1992), presentó un listado de 21 especies venenosas de Guatemala que están identificadas en el Herbario de la Universidad de San Carlos de Guatemala (actualmente Micoteca –MIGG-) e hizo énfasis en la baja cantidad de especies toxicas identificadas en el país, lo cual es razón para que se deba continuar con las investigaciones sobre los hongos venenosos. En este trabajo se identificaron A. brunnescens, A. cokeri, A. gemmata, A. magnivelaris, A. muscaria var. flavivolvata, A. muscaria var. muscaria, A. verna, A. xanthodermus, Cholorophyllum molybdites, Leucoagaricus naucinus, P. sphinctrinus var. sphinctrinus, P. cubensis, P. mexicana, P. zapotecorum, I. asterospora, I. fastigiata var. umbrinella, I. geophylla var. lilacina, R. emetica, R. foetens, Scleroderma texense y S. verrucosum. En la actualidad, el listado anterior constituye la principal referencia para el estudio de hongos venenosos en el país.

Torres (1994), indicó que los principales hongos alucinógenos utilizados por los mayas son: A. muscaria y Psilobybe spp. A. muscaria se considera un hongo psicotónico

(causa excitación mental) y psicodisléptico (causa "iluminación"). Los "hongos sagrados", que causan verdadera iluminación, son las especies del género *Psilocybe*.

Sommerkamp (1994), publicó un estudio en el cual hizo referencia a la escasa información estadística nacional sobre las intoxicaciones que suceden y los pocos especímenes de especies toxicas que se tenían depositadas en el herbario micológico. También indicó que en Guatemala se han registrado macromicetos con efectos psicotónicos y psicodislépticos, los que han desempeñado un papel importante en la vida de la cultura maya en sus rituales.

En una revisión realizada en internet, en la cual se buscaron noticias de intoxicaciones por hongos publicadas entre los años 2011 al 2018, se encontraron ocho casos en los que 36 personas resultaron intoxicadas, de las cuales siete murieron. Los casos procedían de los departamentos de Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala, Jalapa, Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán (Domínguez, 2013; "Dos personas," 2013; "Familia muere," 2011; "Familia se intoxicó," 2017; "Familia sufre," 2014; "Jóvenes intoxicados," 2017; Morales, 2018; "Niños mueren," 2013).

# IV. JUSTIFICACIÓN

Los macrohongos o setas venenosas son aquellas que poseen toxinas que al ingerirse pueden provocar un cuadro de intoxicación conocido como micetismo. Las diferentes especies de macrohongos (macromicetos) pueden ocasionar diversos tipos de micetismos (Herrera y Ulloa, 1990).

En muchos países donde existe tradición del consumo de setas, año con año se presentan intoxicaciones muchas de ellas mortales. En Guatemala, el caso mejor documentado fue el investigado por Logemann et al. (1987), quien comunicó que una mezcla de posibles hongos comestibles, provocó un envenenamiento en dos familias de Sanyuyo, en el Departamento de Jalapa, donde se intoxicaron 19 personas, de las cuales murieron ocho con síntomas de ataque hepático.

De acuerdo con datos recabados en medios de comunicación a nivel popular en el país, en los departamentos de Chimaltenango, Chiquimula, Guatemala, Jalapa, Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán, durante los años 2011 al 2018, se informaron ocho casos de micetismo, de los que resultaron hospitalizadas 36 personas y de las cuales murieron siete (Domínguez, 2013; "Dos personas," 2013; "Familia muere," 2011; "Familia se intoxicó," 2017; "Familia sufre," 2014; "Jóvenes intoxicados," 2017; Morales, 2018; "Niños mueren," 2013). Una causa común de mortalidad por intoxicación por hongos en los casos antes indicados lo constituyó la falta de conocimiento de los hongos venenosos que se encuentran en el país, lo que llevó a la confusión con especies comestibles.

Por tal razón, se hace necesario efectuar investigaciones sobre la diversidad de macrohongos venenosos en el país, por lo que este proyecto se propone estudiar taxonómicamente dichos hongos en cinco departamentos, con el fin de dar a conocer la peligrosidad de su ingesta y contribuir al reconocimiento temprano de los micetismos.

# V. HIPÓTESIS

Esta investigación es un estudio descriptivo por lo que no se plantea una hipótesis.

# VI. OBJETIVOS

# A. General:

Estudiar taxonómicamente los macrohongos venenosos que se desarrollan en los bosques de cinco departamentos de Guatemala.

# B. Específico

Documentar especies de macrohongos venenosos recolectados en los bosques de cinco departamentos, a través de la descripción de las características macro y microscópicas para su identificación taxonómica.

# VII. MATERIALES Y MÉTODOS

# A. Universo y muestras

### 1. Universo

Los macrohongos venenosos que crecen en los bosques de Guatemala.

### 2. Muestra

Los macrohongos venenosos que crecen en los bosques de los departamentos de Baja Verapaz, Chimaltenango, Jalapa, San Marcos y Totonicapán.

### **B.** Recursos

### 1. Humanos

#### a. Asesores

Lic. Osberth Morales

Lida. María del Carmen Bran

### b. Investigador

Br. Armando Betancourth

### 2. Institucionales

Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de Hongos (BioTAH), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### C. Materiales

# 1. Equipo de campo y de laboratorio

- Agujas de disección
- Bolsas con cierre hermético
- Cámara de aislamiento térmico (hielera)
- Canastas plásticas
- Guantes de látex
- Hoja de bisturí No. 11
- Agujas de disección
- Láminas cubreobjetos
- Láminas portaobjetos
- Libreta de anotaciones de campo y laboratorio
- Lupa
- Navaja
- Papel encerado
- Papel limpialentes
- Papel mayordomo

# 2. Equipo de oficina

- Bitácora de trabajo
- Folder
- Ganchos para folder
- Grapas
- Lapiceros
- Marcador permanente punto fino
- Masking tape
- Papel bond tamaño carta
- Regla flexible de 30 cm

# 3. Equipo

- Cámara digital
- Congelador a -4°C
- Deshidratadora con temperatura de 60°C
- Estereoscopio marca Motic<sup>®</sup> con aumento desde 4x hasta 40x
- Fuente de luz de halógeno para estereoscopio
- Microscopio marca Zeiss<sup>®</sup> calibrado en micrómetros (μm)

### 4. Reactivos

- Aceite de inmersión
- Etanol al 95%
- KOH al 5%
- Reactivo de Melzer
- Rojo Congo al 1%

### **D.** Procedimiento

# 1. Recolecta de macrohongos por muestreo oportunístico

La recolección se realizó de acuerdo con lo establecido por Halling y Mueller (2005) y Mueller, Schmit et al. (2004).

- Los sitios de recolecta fueron georeferenciados con un GPS Garmin<sup>®</sup> (Anexo 1).
- La recolecta consistió en ir caminando a través del sitio de estudio y tomar los macrohongos venenosos que se encontraran. Se tomaron especímenes en todos los estadios de crecimiento.
- Se tomaron fotografías de cada espécimen para crear un registro macroscópico de los macrohongos venenosos *in situ*.

- Se recolectaron los especímenes en los departamentos de Baja Verapaz, Chimaltenango,
   Jalapa, San Marcos y Totonicapán. Se realizó por lo menos un muestreo en cada sitio de estudio.
- En la libreta se anotó el sustrato en el cual fueron encontrados los macrohongos (suelo, hoja, hojarasca, rama, tronco). En los casos que se encontró sobre madera se cortó parte del sustrato conjuntamente con el hongo. De igual forma, si se encontró sobre suelo u hojarasca, con el cuchillo se cavó alrededor del espécimen con el objetivo de obtener el cuerpo fructífero intacto. Finalmente, en los casos donde se encontró en hojas o ramas, se tomó el espécimen directamente sobre su sustrato.
- A cada espécimen recolectado se le asignó un código específico y se anotó el lugar de muestreo, fecha y otros datos que se consideraron relevantes.
- Cada espécimen recolectado se envolvió en papel encerado.
- Todos los especímenes fueron almacenados en una hielera hasta ser descritos, en las próximas 24 horas.

### 2. Descripción macroscópica

La descripción macroscópica se realizó según lo propuesto por Delgado et al. (2004) y por Halling y Mueller (2005).

- Se describió el hábito de crecimiento del hongo, el cual puede ser solitario, disperso, gregario, cespitoso o connado.
- Se anotó las características del píleo: tamaño, forma, color, contexto, disco, margen, borde, tipo de superficie del margen, grado de humedad de la superficie, brillo, ornamentación y unión del contexto.
- Las láminas se describieron con las siguientes características: color, densidad laminar, unión con el estípite, forma, anchura laminar, borde y lamélulas.
- Se anotaron las características del estípite: tamaño, forma, color, unión con el píleo, tipo de bulbo, contexto.

 También se describió si el cuerpo fructífero posee velo parcial o anillo (posición, permanencia, estructura, unión con el estípite y textura), velo universal o volva (libre o adherida).

### 3. Descripción microscópica e identificación

La descripción microscópica se realizó de conformidad con lo recomendado por Largent, Johnson y Watling (1977).

- Con ayuda de un microscopio estereóscopo a cada espécimen se le realizó un corte triangular, en el píleo con una hoja de afeitar.
- A cada fragmento obtenido se le realizaron cortes transversales con respecto a las láminas.
- En caso de un fragmento quebradizo o reseco, se le añadió una gota de etanol al 95% para humedecerlo previo a realizar los cortes.
- Se tomaron tres cortes y se colocaron en tres preparaciones distintas; una con reactivo de Melzer, otra con KOH al 5% y otra con rojo congo al 1% + KOH al 5%.
- Cada preparación se observó en el microscopio óptico y se describieron las características microscópicas.
- Para la identificación taxonómica se utilizó literatura especializada para cada género, así como las claves dicotómicas y descripciones de Franco-Molano, Aldana-Gómez y Halling (2000), Franco-Molano et al. (2005), Halling y Mueller (2005), Jenkins (1977) y Singer (1986).

# 4. Tratamiento y almacenamiento de los especímenes

El tratamiento de los especímenes se realizó de acuerdo con lo recomendado por Mueller, Bills et al. (2004).

- Cada espécimen se colocó en una bandeja de papel previamente elaborada y se acompañó de una ficha de datos que incluyó: el código del espécimen, el número correlativo de recolecta, la fecha de recolección y el colector.
- Las bandejas se colocaron en desecadoras a 60°C durante 24 horas.
- Los especímenes se empacaron en una bolsa de plástico individual y se colocaron en el congelador durante 48 horas.
- Posteriormente se extrajeron los especímenes de las bolsas y se colocaron en las bandejas para desecarlos a 60°C una vez más, durante 24 horas.
- Cada espécimen se colocó dentro de una bolsa de polipropileno junto con la ficha de datos correspondiente y se selló para su almacenamiento.

### 5. Análisis de los datos

Las características macroscópicas que se midieron a los especímenes encontrados fueron: diámetro del píleo, grosor del contexto del píleo, longitud del estípite y diámetro del ápice y base del estípite.

Las características microscópicas que se midieron a los especímenes encontrados fueron: diámetro de las hifas del pileipelis y trama laminar, diámetro y longitud de los basidios, basidiolos y esporas, longitud de los esterigmas y apéndice hilar.

Adicionalmente se presentaron descripciones y fotografías de estructuras macroscópicas de cada una de las especies identificadas.

### VIII. RESULTADOS

# A. Descripción taxonómica

En este estudio se describieron e identificaron 14 especies y cuatro variedades consideradas toxicas, adscritas a los géneros *Amanita*, *Hypholoma*, *Lepiota* y *Russula*, de la cuales 10 son nuevos registros para el país (Tabla 1). La distribución geográfica de las mismas se presenta en la Tabla 2, donde en los departamentos de Jalapa y San Marcos se encontró la mayor cantidad de especies de macrohongos tóxicos (cinco en cada uno).

Tabla 1. Especies de macrohongos tóxicos identificados

Orden	Familia	Género y Especie
Agaricales	Agaricaceae	Lepiota clypeolaria (Bull.) P. Kumm. <sup>a</sup>
	Amanitaceae	Amanita augusta Bojantchev & R.M. Davis <sup>a</sup> A. bisporigera G.F. Atk. <sup>a</sup> A. flavoconia var. flavoconia G.F. Atk. <sup>a</sup> A. flavoconia var. inquinata Tulloss, Ovrebo & Halling <sup>a</sup> A. gemmata (Fr.) Bertill. A. morrisii Peck <sup>a</sup> A. multisquamosa Peck <sup>a</sup> A. muscaria var. flavivolvata (Singer) D.T. Jenkins A. muscaria var. muscaria (L.) Lam. A. velatipes G.F. Atk. <sup>a</sup> A. verna (Bull.) Lam A. xylinivolva Tulloss, Ovrebo & Halling <sup>a</sup>
	Strophariaceae	Hypholoma fasciculare (Huds.) P. Kumm.
Russulales	Russulaceae	Russula emetica (Schaeff.) Pers. R. fragilis Fr. <sup>a</sup>

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>Nuevo registro para el país.

Tabla 2. Distribución de especies de macrohongos tóxicos identificados

Especie -	Departamentos				
	Baja Verapaz	Chimaltenango	Jalapa	San Marcos	Totonicapán
Agaricales					
A. augusta				X	
A. bisporigera	X				
A. flavoconia var. flavoconia			X		
A. flavoconia var. inquinata					X
A. gemmata	X				
A. morrisii			X		
A. multisquamosa			X		
A. muscaria var. flavivolvata				X	
A. muscaria var. muscaria	X				
A. velatipes			X		
A. verna	X				
A. xylinivolva				X	
H. fasciculare		X		X	
L. clypeolaria		X		X	
3Russulales					
R. emetica		X	X		
R. fragilis					X

A continuación, se describen cada una de las especies encontradas.

## 1. Género Amanita

Las especies de este género se reconocen fácilmente por tener esporada blanca, láminas libres o casi libres y volva. El estípite siempre es central, cilíndrico y puede o no tener anillo. La trama laminar es divergente y no poseen pleurocistidios (Singer, 1986). Se presentan descripciones de 10 especies y cuatro variedades del este género, para las cuales se elaboró una clave taxonómica para contribuir con la identificación de futuras recolectas de dichas especies en el país.

#### Clave taxonómica para las especies de *Amanita* tratadas en este estudio

Píleo con coloración roja o naranja.
 Esporas amiloides.
 3

3. Láminas no marginadas, blancas, volva circuncisa, esporas ampliamente elipsoides
de 6.0-8.0 x 6.0-7.0 μm, Q=1.09
3. Láminas marginadas, blancas con borde amarillo, volva fugaz, esporas subglobosas
de 7.0-8.0 x 6.0-7.0 μm, Q=1.24
2. Esporas inamiloides
4. Píleo con verrugas de color amarillo, anillo apendiculado amarillo, volva zonada y
amarilla, esporas ampliamente elipsoides a elipsoides de 7.0-11.0 x 6.0-8.0 μm,
Q=1.28-1.41
4. Píleo con verrugas de color blanco, anillo colgante blanco, volva zonada
blanquecina, esporas elipsoides de 9.0-11.0 x 6.0-8.0 μm,
Q=1.37
1. Píleo con coloraciones distintas, nunca completamente rojo o naranja
5. Píleo color gris, café, beige o amarillo
6. Esporas amiloides
7. Píleo color café, café-mostaza, mostaza a amarillo-naranja, sin o con verrugas
color amarillo, estípite amarillo en el ápice que se decolora a blanco hacia la base,
volva fugaz amarilla en el borde y el resto blanca, esporas de 6.0-8.0 x 5.0-6.0
μm, Q=1.31
7. Píleo color café grisáceo, con verrugas color blanquecino grisáceo, estípite
bilobulado en la base, volva fugaz, esporas de 7.0-8.0 x 5.0-6.0 μm,
Q=1.40
6. Esporas inamiloides
8. Esporas con $Q \le 1.05$ , píleo café-amarillento, amarillo o amarillo-blanquecino,
anillo bien diferenciado, membranoso, persistente, blanco, esporas de 8.0-10.0 x
8.0-10.0 μm
8. Esporas con Q > 1.05
9. Anillo fugaz, píleo color ocre amarillento, amarillo o amarillo pálido, con
verrugas irregulares de color gris blanquecino, esporas de 8.0-10.0 x 6.0-8.0
μm, Q=1.29
9. Anillo persistente

- - 11. Anillo persistente, basidios biesterigmados, esporas subglobosas de 7.0-10.0 x 7.0-9.0 μm, Q=1.10. El píleo cambia rápidamente a amarillo al agregarle solución de KOH.

La clasificación taxonómica de las especies del género *Amanita* incluyen subgéneros y secciones, de manera que las especies encontradas en este estudio se ordenan de acuerdo con lo anterior:

#### Amanita subgénero Amanita

Sección Amanita: A. gemmata, A. multisquamosa, A. muscaria var. flavivolvata, A. muscaria var. muscaria, A. velatipes y A. xylinivolva.

#### Amanita subgénero Lepidella

Sección Phalloideae: A. bisporigera y A. verna.

Sección Validae: A. augusta, A. flavoconia var. flavoconia, A. flavoconia var. inquinata y A. morrisii

Subgénero Amanita

Sección Amanita

Amanita gemmata (Fr.) Bertill. (Figura 1, A)

Píleo de 6.5-8.5 cm de diámetro, convexo a plano, margen recto, superficie del margen

estriado, borde crenulado; superficie viscosa cuando está húmeda, color ocre amarillento en

el disco, amarillo en el margen, amarillo claro en el borde, con verrugas irregulares color gris

blanquecino. Contexto de 0.4-0.5 cm de grosor, esponjoso, color blanco, homogéneo.

Láminas juntas, anchas, subadheridas, borde liso, lamélulas truncadas, color blanco, no

marginadas. Estípite de 8.0-12.0 cm de longitud, 0.5-1.2 cm de diámetro en el ápice y 2.8-

3.3 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso, contexto lleno, color blanco; superficie

fibrilosa, color blanco. Anillo subapical, membranoso, colgante, fugaz, color blanco, la

mayoría de especímenes se encuentran sin anillo. Volva circuncisa, color blanco.

Pileipelis tricodérmico, con hifas de 3.0-5.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar

divergente, con hifas de 1.0 µm de diámetro, hialinas, sin fíbulas. Basidios de 36.0-48.0 x

10.0-12.0 μm, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-4.0 μm de longitud. Basidiolos de 25.0-

30.0 x 9.0 µm, clavados. Basidiosporas de 8.0-10.0 x 6.0-8.0 µm (Q=1.29), con apéndice

hilar de 1.0-2.0 µm de longitud, ampliamente elipsoides, hialinas, de paredes delgadas, con

una gútula prominente, inamiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

Habito: Gregario.

Localidad: Departamento de Baja Verapaz, municipio de San Jerónimo, reserva ecológica

Río Escondido, 1 de junio de 2014, A. Betancourth 01.

Amanita multisquamosa Peck (Figura 1, B)

Píleo de 6.5-8.0 cm de diámetro, plano-convexo, margen recto, borde crenulado, superficie

del margen tuberculado-estriado; superficie subviscosa, brillante, color café amarillento

pálido en el disco, amarillento en el margen y blanquecino en el borde, verrugas irregulares

de color amarillo blanquecino. Contexto de 0.4-0.5 cm de grosor, esponjoso, color blanco,

homogéneo. Láminas juntas, anchas, libres, lamélulas truncadas, color blanco, no marginadas. Estípite de 9.0-12 cm de longitud, 0.9-1.1 cm de diámetro en el ápice y 0.6-3.2 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso; superficie fibrilosa, color blanquecino, contexto lleno. Anillo subapical, membranoso, peronado a colgante, color blanco. Volva circuncisa, color blanco.

Peleipelis tricodérmico, con hifas de 3.0- $4.0~\mu m$  de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 4.0- $5.0~\mu m$  de diámetro, hialinas. Basidios de 34.0-42.0~x 9.0- $11.0~\mu m$ , clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0- $4.0~\mu m$  de longitud. Basidiolos de 24.0-33.0~x 7.0- $11.0~\mu m$ , clavados. Basidiosporas de 8.0-11.0~x 7.0- $9.0~\mu m$  (Q=1.17), con apéndice hilar de  $1.0~\mu m$  de longitud, subglobosas, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas, inamiloides.

**Hábitat:** Terrícola, sobre suelo.

**Habito:** Solitario.

**Localidad:** Departamento de Jalapa, municipio de Jalapa, aldea Arloroma, caserío el Chapetón, 12 de junio de 2014, A. Betancourth 11.

# Amanita muscaria var. flavivolvata (Singer) D.T. Jenkins (Figura 2, A-B)

Píleo de 7.9-20.0 cm de diámetro, plano-convexo, margen recto a levemente levantado, estriado a sulcado, borde crenulado a crenado; superficie brillante, color rojo intenso en el disco, color rojo en adultas y color rojo-naranja en jóvenes en el margen, color anaranjado-amarillento en adultas y amarillo en jóvenes en el borde, con verrugas irregulares o piramidales de color amarillas o blancas que se pueden perder por condiciones ambientales. Contexto de 0.5-0.7 cm de grosor, esponjoso, color blanco a amarillento hacia el píleo, homogéneo. Láminas juntas, libres, anchas, borde aserrulado, lamélulas truncadas, color blanco, no marginadas. Estípite de 14.0-27.0 cm de longitud, 1.2-4.1 cm de diámetro en el ápice y 0.8-1.1 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso, contexto lleno, esponjoso, color blanco; superficie escuamulosa-aplanada, color amarillo-blanquecino. Anillo subapical, colgante, membranoso en la parte exterior y algodonoso en la parte interior, borde apendiculado, color blanco y amarillo en el borde. Volva zonada, bandas color blanco y amarillas en el borde.

Peleipelis tricodérmico, con hifas de 4.0-7.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 4.0-7.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 33.0-40.0 x 9.0-12.0 μm, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-6.0 μm de longitud. Basidiolos de 25.0-39.0 x 8.0-12.0 µm, clavados, pueden o no tener gútula basal. Basidiosporas de 7.0-11.0 x 6.0-8.0 µm (Q=1.28-1.41), con apéndice hilar de 1.0 µm de longitud, ampliamente elipsoides a elipsoides, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas, inamiloides.

**Hábitat:** Terrícola, sobre suelo.

**Habito:** Solitario a disperso.

Localidad: Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, parque regional municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 20 de junio de 2014, A. Betancourth 16. Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, parque regional municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, 20 de junio de 2014, 21 de junio de 2014, A. Betancourth 23.

## Amanita muscaria var. muscaria (L.) Lam. (Figura 2, C-D)

Píleo de 8.5-8.6 cm de diámetro, plano-convexo a plano, disco levemente deprimido, margen recto, borde crenulado; superficie con verrugas irregulares de color amarillo en el disco y borde y parches purinosos color amarillo en el margen, color rojo en el disco, rojo-naranja en el margen y amarillo-naranja en el borde. Contexto de 0.6 cm de grosor, color blanco y amarillento hacia la cutícula, esponjoso. Laminas muy juntas, subadheridas, anchas, borde aserrulado, lamélulas truncadas, color blanco, no marginadas. Estípite de 9.5-11.0 cm de longitud, 0.6-1.2 cm de diámetro en el ápice y 2.6-3.0 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso; superficie fibrilosa principalmente hacia la parte media, contexto lleno, color blanco. Anillo subapical, membranoso, color blanco. Volva adherida, escamosa, zonada, color blanco grisáceo.

Pileipelis tricodérmico, con hifas de 1.0-2.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 40.0-46.0 x 10.0-12.0 μm, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-4.0 μm de longitud. Basidiolos de 35.0-41.0 x 7.0-10.0 μm, clavados. Basidiosporas de 9.0-11.0 x 6.0-8.0 μm (Q=1.37), con apéndice hilar de 1.0 µm de longitud, elipsoides, hialinas, de paredes delgadas, con una gútula prominente,

inamiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

**Habito:** Solitario.

Localidad: Departamento de Baja Verapaz, municipio de San Jerónimo, reserva ecológica

Río Escondido, 1 de junio de 2014, A. Betancourth 02.

Amanita velatipes G.F. Atk. (Figura 2, E-F)

Píleo de 7.0 cm de diámetro, convexo, margen recto, superficie del margen estriado, borde

entero; superficie brillante, color beige en el disco que palidece hacia el borde, borde color

café, con parches color blanco. Contexto de 0.4 cm de grosor, esponjoso, color blanco,

homogéneo. Láminas juntas, estrechas, libres, borde aserrulado, algunas bifurcadas,

lamélulas atenuadas y redondeadas. Estípite de 8.7 cm de longitud, 0.6 cm de diámetro en el

ápice y 0.5 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso; superficie fribrilosa, color blanco,

contexto lleno de color blanco, esponjoso. Anillo en forma de embudo con un borde

levemente apendiculado, subapical, colgante, membranoso, doble, color blanco. Volva

circuncisa, color blanco.

Pileipelis tricodérmico, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar

divergente, con hifas de 2.0-3.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 40.0-48.0 x 10.0-11.0

μm, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-5.0 μm de longitud. Basidiolos de 40.0-50.0 x 11.0

μm, clavados. Basidiosporas de 10.0 x 8.0-9.0 μm (Q=1.15), con apéndice hilar de 1.0 μm

de longitud, ampliamente elipsoides, con una gútula prominente, hialinas, de paredes

delgadas, inamiloides.

**Hábitat:** Terrícola, sobre suelo.

Habito: Solitaria.

Localidad: Departamento de Jalapa, municipio de Jalapa, aldea Potrero Carrillo, 5 de octubre

de 2014, A. Betancourth 35.

# Amanita xylinivolva Tulloss, Ovrebo & Halling (Figura 3, A-B)

Píleo de 3.9-5.9 cm de diámetro, plano-convexo en adultos y convexo en jóvenes, margen recto en adultos y decurvado en jóvenes, borde crenulado en adultos y crenulado-apendiculado con trozos membranosos de velo parcial en jóvenes, superficie del margen sulcado en adultos y estriado en jóvenes; superficie húmeda, brillante, color café-amarillo pálido en el disco, amarillo en el margen y amarillo cremoso en el borde, con parches, color blanco. Contexto de 0.2-0.5 cm de grosor, esponjoso, color blanco y amarillo hacia el píleo, homogéneo. Láminas juntas, estrechas, libres, borde fimbriado, lamélulas truncadas, de diferentes longitudes, color blanco, no marginadas. Estípite de 8.5-13.5 cm de longitud, 0.6-1.1 cm de diámetro en el ápice y 1.1-1.5 cm en la base, central, cilíndrico; superficie fibrilosa y flocoso hacia la base, color blanco convirtiéndose en un amarillo pálido hacia el píleo, contexto lleno. Bulbo abrupto a emarginado. Anillo subapical, simple, membranoso, persistente, color blanco. Volva circuncisa, color blanco.

Peleipelis ixoenterocutis, con hifas de 2.0- $3.0~\mu m$  de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 2.0- $3.0~\mu m$  de diámetro, hialinas. Basidios de 41.0-50.0~x 11.0- $13.0~\mu m$ , clavados, con 2-4 esterigmas de 3.0- $5.0~\mu m$  de longitud. Basidiolos de 28.0-43.0~x 10.0- $13.0~\mu m$ , clavados. Basidiosporas de 8.0-10.0~x 8.0- $10.0~\mu m$  (Q=1.00), con apéndice hilar de 1.0- $2.0~\mu m$  de longitud, globosas, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas, inamiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

**Habito:** Disperso a gregario.

**Localidad:** Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, parque regional municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. 20 de junio de 2014, A. Betancourth 18. Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, parque regional municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. 21 de junio de 2014, A. Betancourth 25.

Subgénero Lepidella

Sección Phalloideae

Amanita bisporigera G.F. Atk. (Figura 3, C-D)

Píleo de 9.0 cm de diámetro, plano-convexo, margen recto, borde entero; superficie lisa,

brillante, satinada. Contexto de 0.3 cm de ancho, color blanco, esponjoso. Laminas libres,

juntas, anchas, borde liso, lamélulas subtruncadas, color blanco. Estípite de 18.0 cm de

longitud, 1.5 cm de diámetro en el ápice y en la base, central, cilíndrico, curvado, subbulboso,

superficie lisa, opaca, color blanco. Anillo superior colgante, membranoso, color blanco.

Volva circuncisa, membranosa, color blanco.

Peleipelis tricodérmico, con hifas de 5.0-8.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar

divergente, con hifas de 3.0-5.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 35.0-43.0 x 9.0-10.0

um, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-4.0 µm de longitud (predomino de basidios

biesterigmados). Basidiolos de 32.0-36.0 x 10.0 µm, clavados. Basidiosporas de 7.0-10.0 x

7.0-9.0 µm (Q=1.10), con apéndice hilar de 1.0 µm de longitud, subglobosas, hialinas, de

paredes delgadas, amiloides.

**Hábitat:** Sobre suelo.

Habito: Solitario.

Localidad: Departamento de Baja Verapaz, municipio de San Jerónimo, reserva ecológica

Río Escondido, 1 de junio de 2014, A. Betancourth 06.

Amanita verna (Bull.) Lam (Figura 3, E-F)

Píleo de 7.5-11.5 cm de diámetro, convexo a plano-convexo, margen recto a levantado, borde

apendiculado; superficie lisa, brillante, ligeramente viscosa cuando esta húmeda, color

blanco a café-grisáceo. Contexto de 0.6-1.0 cm de grosor, color blanco, esponjoso. Láminas

muy juntas, subadheridas, anchas, borde aserrulado, color blanco, lamélulas subtruncadas a

truncadas, no marginadas. Estípite de 7.0-14.0 cm de longitud, 1.0-2.0 cm de diámetro en el

ápice y 2.0-2.8 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso; superficie a veces rota en

escamas, color blanco, contexto lleno, esponjoso, color blanco. Anillo fugaz, apical, membranoso, color blanco. Volva peronada, bilobulada, membranosa, color blanco.

Peleipelis enterocutis, con hifas de 1.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 5.0-8.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 34.0-40.0 x 9.0-10.0 µm, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-4.0 µm de longitud (predominio de basidios tetraesterigmados). Basidiolos de 27.0-33.0 x 8.0-9.0 µm, clavados. Basidiosporas de 8.0-10.0 x 6.0-7.0 µm (Q=1.45), con apéndice hilar de 1.0 μm de longitud, elipsoides, hialinas, de paredes delgadas, con una gútula prominente, amiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

**Habito:** Disperso a Gregario.

Localidad: Departamento de Baja Verapaz, municipio de San Jerónimo, reserva ecológica

Río Escondido, 1 de junio de 2014, A. Betancourth 04.

Sección Validae

Amanita augusta Bojantchev & R.M. Davis (Figura 4, A-B)

Píleo de 5.5-9.8 cm de diámetro, convexo a plano-convexo, margen recto, borde crenuladoapendiculado; superficie húmeda, brillosa, a veces con verrugas irregulares, color amarillas, y otras veces glabras, color café en el disco, color café-mostaza en el margen y color mostaza en el borde. Contexto de 0.4-0.7 cm de grosor, esponjoso, color blanco, homogéneo. Láminas juntas, subadheridas, estrechas, borde aserrulado, lamélulas de varios tamaños, truncadas, color blanco, no marginadas. Estípite de 9.6-14.0 cm de longitud, 1.2-2.1 cm de diámetro en el ápice y 1.0-1.1 cm en la base, central, cilíndrico, a veces curvado hacia la base, subbulboso, contexto lleno; superficie amarilla en el ápice que se va decolorando a blanco hacia la base. Anillo subapical, colgante, membranoso, estriado en la parte exterior y liso en el interior, borde apendiculado, color amarillo pálido y amarillo fuerte en el borde. Volva fugaz, color amarillo en el borde y el resto color blanco, con restos de velo universal en forma de parches amarillos.

Peleipelis tricodérmico, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 33.0-45.0 x 9.0-12.0

 $\mu$ m, clavados, con 2-4 esterigmas de 3.0-4.0  $\mu$ m de longitud, punteados. Basidiolos de 20.0-32.0 x 6.0-9.0  $\mu$ m, clavados. Basidiosporas de 6.0-8.0 x 5.0-6.0  $\mu$ m (Q=1.31), con apéndice hilar de 1.0  $\mu$ m de longitud, ampliamente elipsoides a elipsoides, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas, amiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

Habito: Solitario, gregario y cespitoso.

**Localidad:** Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, parque regional municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. 21 de junio de 2014, A. Betancourth 22.

#### Amanita flavoconia var. flavoconia G.F. Atk. (Figura 4, C)

Píleo de 6.0-6.5 cm de diámetro, convexo en adultos y campanulado en jóvenes, margen recto en adultos e incurvado en jóvenes; superficie del margen estriado en adultos y lisa en jóvenes, borde crenulado; superficie glabra, húmeda, brillante, en jóvenes color naranja fuerte en el disco, naranja en el margen y amarillo en el borde y en adultos color naranja en el disco, amarillo en el margen y amarillo pálido en el borde. Contexto de 0.2-0.3 cm de grosor, esponjoso, color blanco, homogéneo. Láminas juntas, estrechas, libres, borde liso, lamélulas atenuadas, color blanco, no marginadas. Estípite de 7.5-9.5 cm de longitud, 0.7-0.9 cm de diámetro en el ápice y 0.2-0.3 cm en la base, central, cilíndrico, color amarillo pálido que se hace blanco hacia la base en adultos y jóvenes completamente amarillo, subbulboso, contexto lleno, color blanco, esponjoso, ornamentación fibrilosa en el ápice, color blanco y pequeños remanentes del velo universal en forma de parches o verrugas de color amarillo distribuidos de forma irregular. Anillo subapical, doble, colgante, membranoso, velo interno color amarillo y velo externo color blanco. Volva circuncisa, color blanco y amarillo hacia el borde. Pileipelis enterocutis, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 30.0-42.0 x 10.0-11.0 μm, clavados, con 2-4 esterigmas de 1.0-4.0 μm de longitud. Basidiolos de 24.0-33.0 x 7.0-12.0 μm, clavados. Basidiosporas de 7.0-8.0 x 6.0-7.0 μm (Q=1.24), con apéndice hilar de 1.0 µm de longitud, ampliamente elipsoides, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas, amiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

Habito: Dispersa.

Localidad: Guatemala, departamento de Jalapa, municipio de Jalapa, aldea Potrero Carrillo,

5 de octubre de 2014, A. Betancourth 34.

Amanita flavoconia var. inquinata Tulloss, Ovrebo & Halling (Figura 4, D)

Píleo de 6.0 cm de diámetro, convexo, margen recto, superficie del margen estriado, borde

crenulado; superficie glabra, húmeda, brillante, color café-naranja en el disco, naranja en el

margen y naranja amarillento en el borde. Contexto de 0.4 cm de grosor, esponjoso, color

blanco, homogéneo. Láminas juntas, estrechas, libres, borde liso, marginadas, color blanco

con borde amarillo, lamélulas truncadas. Estípite de 11.4 cm de longitud, 0.8 cm de diámetro

en el ápice y 0.8 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso, fibriloso, color amarillo

pálido, con parches amarillo obscuro, contexto lleno. Anillo subapical, doble, membranoso,

velo interno estriado color naranja y velo externo liso color amarillo, peronado. Volva fugaz,

con pequeños parches amarillos que se pierden fácilmente.

Peleipelis enterocutis, con hifas de 3.0-4.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar

divergente, con hifas de 4.0-5.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 30.0-38.0 x 9.0-11.0

μm, clavados, con 2-4 esterigmas de 1.0-5.0 μm de longitud. Basidiolos de 29.0-34.0 x 8.0-

10.0 μm, clavados. Basidiosporas de 6.0-8.0 x 6.0-7.0 μm (Q=1.09), con apéndice hilar de

1.0 µm de longitud, subglobosas, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas,

amiloides.

**Hábitat:** Terrícola, sobre suelo.

Habito: Solitario.

Localidad: Departamento de Totonicapán, municipio de Totonicapán, aldea Chuipachec,

Sendero Ecológico El Aprisco, 1 de octubre de 2014, A. Betancourth 31.

#### Amanita morrisii Peck (Figura 4, E-F)

Píleo de 10.0 cm de diámetro, plano, margen recto, borde entero; superficie virgada, satinada, brillosa, sedosa, color gris pardusco más obscura en el disco, verrugas irregulares color gris blanquecino. Contexto de 0.6 cm de grosor, esponjoso, color blanco, homogéneo. Láminas juntas, subadheridas, estrechas, borde liso, color blanco, lamélulas atenuadas, no marginadas. Estípite de 13.0 cm de longitud, 1.7 cm de diámetro en el ápice y 0.9 cm en la base, central, cilíndrico, subbulboso, contexto lleno, esponjoso, bilobulado en la base, color blanco; superficie fibrilosa, color blanco y grisáceo hacia la base. Anillo subapical, persistente, membranoso, color blanco. Volva adherida, friable, color blanco.

Peleipelis enterocutis, con hifas de  $2.0~\mu m$  de diámetro, hialinas. Trama laminar divergente, con hifas de  $7.0\text{-}10.0~\mu m$  de diámetro, hialinas. Basidios de  $24.0\text{-}31.0~x~10.0\text{-}11.0~\mu m$ , clavados, con 2-4 esterigmas de  $3.0\text{-}5.0~\mu m$  de longitud. Basidiolos de  $19.0\text{-}24.0~x~5.0\text{-}9.0~\mu m$ , clavados. Basidiosporas de  $7.0\text{-}8.0~x~5.0\text{-}6.0~\mu m$  (Q=1.40), con apéndice hilar de  $1.0~\mu m$  de longitud, elipsoides, con una gútula prominente, hialinas, de paredes delgadas, amiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo húmedo.

**Habito:** Solitario.

**Localidad:** Departamento de Jalapa, municipio de Jalapa, aldea Arloroma, caserío el Chapetón, 12 de junio de 2014, A. Betancourth 08.



Figura 1. Especies del género Amanita. A. A. gemmata (A. Betancourth 01). B. A. multisquamosa (A. Betancourth 11).



Figura 2. Especies del género Amanita. A. A. muscaria var. flavivolvata (A. Betancourth 23). B. A. muscaria var. flavivolvata (A. Betancourth 16). C-D. A. muscaria var. muscaria (A. Betancourth 31). E-F. A. velatipes (A. Betancourth 35).



Figura 3. Especies del género Amanita. A. A. xylinivolva (A. Betancourth 25). B. A. xylinivolva (A. Betancourth 18). C-D. A. bisporigera (A. Betancourth 06). E-F. A. verna (A. Betancourth 04).



Figura 4. Especies del género Amanita. A-B. A. augusta (A. Betancourth 22). C. A. flavoconia var. flavoconia (A. Betancourth 34). D. A. flavoconia var. inquinata (A. Betancourth 31). E-F. A. morrisii (A. Betancourth 08).

2. Género Hypholoma

Las especies de este género tienen esporas de color café ocráceas, con pared gruesa y

algunas presentan poro germinal. Poseen crisocistidios, hialinos, clavados o mucronados

(Singer, 1986).

De este género solamente se recolecto e identificó una especie, la que se describe a

continuación.

*Hypholoma fasciculare* (Huds.) P. Kumm. (Figura 5, A-B)

Píleo de 1.1-10.5 cm de diámetro, convexo, plano-convexo a plano, disco levemente

umbonado a umbonado, margen recto, borde creando a dentado; superficie glabra, opaca,

color café-naranja en el disco, naranja-amarillo en el margen y verde grisáceo a blanquecino

en el borde. Contexto de 0.1-0.6 cm de grosor, esponjoso, color amarillo-grisáceo,

heterogéneo. Láminas juntas, estrechas, adheridas, borde liso, lamélulas largas y cortas,

atenuadas a subtruncadas, color verde grisáceo que al madurar se tornan color café, no

marginadas. Estípite de 2.3-13.8 cm de longitud, 0.2-1.0 cm de diámetro en el ápice y 0.1-

0.3 cm en la base, central, cilíndrico, curvado hacia el ápice o en la parte media; superficie

fibrilosa, color verde grisáceo en el ápice y café-naranja hacia la base, contexto hueco.

Peleipelis en empalizada o tricodérmico, con hifas de 2.0-3.0 µm de diámetro, hialinas.

Trama laminar paralela, con hifas de 1.0 µm de diámetro, hialinas. Pleurocistidios

(crisocistidios) de 22.0-40.0 x 6.0-8.0 µm, cilíndricos, mucronados. Basidios de 15.0-23.0 x

5.0-6.0 µm, clavados, con 2-4 esterigmas de 1.0-3.0 µm de longitud. Basidiolos de 19.0-23.0

x 5.0-6.0 μm, clavados. Basidiosporas de 6.0-8.0 x 4.0 μm (Q=1.75-1.80), elongadas, con

una gútula pequeña, hialinas, de paredes gruesas, con base truncada (poro), inamiloides.

**Hábitat:** Lignícola, sobre troncos podridos de >10 cm.

Hábito: Gregario a cespitoso.

Localidad: Departamento de Chimaltenango, municipio de Tecpán, Bosque del Restaurante

Rincón Suizo, Km 94 carretera Interamericana (CA-1), 14 de junio de 2014, A. Betancourth

13. Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, Parque regional

municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. 20 de junio de 2014, A. Betancourth 19.

3. Género Lepiota

Los miembros de este género se caracterizan por la presencia de anillo, la superficie

del píleo es escamosa, escamosa-fribrilosa o escuamulosa y generalmente el centro es entero

y liso. Las esporas son dextrinoides o raramente inamiloides, sin poro germinal (Singer,

1986).

Se recolecto e identificó una especie de este género, que se describe a continuación.

Lepiota clypeolaria (Bull.) P. Kumm. (Figura 6, A-B)

Píleo de 4.4-10.5 cm de diámetro, cilíndrico a campanulado a plano-convexo, disco

umbonado, margen recto en adultos y decurvado en jóvenes, superficie del margen lacerada,

borde apendiculado; superficie escamosa, escamas de color café o café blanquecino en el

disco, margen y borde sobre un fondo blanco. Contexto de 0.2-0.4 cm de grosor, esponjoso,

color blanco, homogéneo. Láminas juntas, libres, estrechas, borde liso, lamélulas atenuadas

a subtruncadas, color blanco, con manchas color café al madurar, no marginadas. Estípite de

9.6-15.0 cm de longitud, 0.6-0.9 cm de diámetro en el ápice y 0.3-1.2 cm en la base, central,

cilíndrico, a veces curvado, subbulboso, contexto hueco; superficie fibrilar-membranosa,

color blanco con fondo blanco en el ápice y café hacia la base. Anillo colgante, subapical,

membranoso, que se pierde al madurar, color blanco.

Peleipelis palisado, con hifas de 6.0-7.0 µm de diámetro, hialinas. Trama laminar subparalela,

con hifas de 3.0-6.0 µm de diámetro, hialinas. Basidios de 33.0-49.0 x 9.0-11.0 µm, clavados,

con 2-4 esterigmas de 2.0-5.0 µm de longitud. Basidiolos de 30.0-42.0 x 8.0-11.0 µm,

clavados. Basidiosporas de 13.0-15.0 x 5.0-6.0 µm (Q=2.78-2.84), con apéndice hilar de 1.0

um de longitud, fusiformes, hialinas, de paredes gruesas, dextrinoides.

**Hábitat:** Humícola, sobre hojarasca o sobre suelo.

**Habito:** Disperso a gregario.

Localidad: Departamento de Chimaltenango, municipio de Tecpán, Bosque del Restaurante

Rincón Suizo, Km 94 carretera Interamericana (CA-1), 14 de junio de 2014, A. Betancourth

14. Departamento de San Marcos, municipio de San Pedro Sacatepéquez, parque regional

municipal de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. 20 de junio de 2014, A. Betancourth 17.

4. Género Russula

Las especies de este género tienen esporas ornamentadas con pequeñas espinas y

amiloides (Singer, 1986).

Se presenta a continuación la descripción de dos especies de este género que se

recolectaron e identificaron.

Russula emetica (Schaeff.) Pers. (Figura 7, A)

Píleo de 4.9-11.0 cm de diámetro, plano, disco deprimido, margen recto a arqueado, borde

crenado; superficie lisa, glutinosa cuando húmeda luego seca, opaca, glabra, cutícula

desprendible, color rojo-corinto en el margen y rojo pálido en el disco y en el borde. Contexto

de 0.6 cm de grosor, esponjoso, color blanco, homogéneo. Láminas juntas, subdecurrentes,

anchas, borde liso, bifurcadas, anastomosada, color crema, sin lamélulas. Estípite de 5.9-9.5

cm de longitud, 1.3-3.2 cm de diámetro en el ápice y 1.0-2.0 cm en la base, central, cilíndrico

a veces curvado hacia la base, contexto cavernoso a lleno, color blanco; superficie fibrilosa,

opaca, color blanco.

Peleipelis enterocutis. Trama laminar entrelazada o irregular. Pileocistidios de 65.0-71.0 x

11.0-12.0 µm, lanceolados. Pleurocistidios de 65.0-75.0 x 11.0-12.0 µm, lanceolados.

Basidios de 40.0-50.0 x 11.0-14.0 µm, clavados, con 2-4 esterigmas de 4.0-6.0 µm de

longitud. Basidiolos de 25.0-32.0 x 10.0-12.0 µm, clavados. Basidiosporas de 7.0-8.0 x 8.0

μm (Q=1.09), con apéndice hilar de 2.0 μm de longitud, subglobosas, equinuladas, hialinas,

de paredes delgadas, amiloides.

Hábitat: Terrícola, sobre suelo.

**Habito:** Solitario a gregario.

Localidad: Departamento de Jalapa, municipio de Jalapa, aldea Urlanta, 13 de junio de 2014,

A. Betancourth 12. Departamento de Chimaltenango, municipio de Tecpán, Bosque del

Restaurante Rincón Suizo, Km 94 carretera Interamericana (CA-1), 14 de junio de 2014, A.

Betancourth 15.

Russula fragilis Fr. (Figura 7, B)

Píleo de 6.1-7.9 cm de diámetro, plano, disco deprimido, margen recto con superficie

estriada, borde crenulado; superficie lisa, glutinosa cuando húmeda luego seca, opaca, glabra,

cutícula desprendible, color vináceo en el disco, corinto-verdoso en el margen, rojizo hacia

el borde y borde corinto. Contexto de 0.7 cm de groso, esponjoso, color blanco, homogéneo.

Láminas juntas, adheridas, anchas, borde liso, anastomosada, color blanco, sin lamélulas.

Estípite de 9-11.8 cm de longitud, 1.1-1.3 cm de diámetro en el ápice y 1.0-1.8 cm de

diámetro en la base, central, cilíndrico a veces curvado hacia el ápice, contexto cavernoso,

color blanco; superficie fibrilosa, opaca, color blanco.

Peleipelis enterocutis. Trama laminar irregular. Pileocistidios de 68.0-76.0 x 11.0 µm,

lanceolados. Pleurocistidios de 65.0-83.0 x 11.0 µm, lanceolados. Basidios de 45.0-55.0 x

12.0-13.0 µm, clavados, con 2-4 esterigmas de 2.0-6.0 µm de longitud. Basidiolos de 34.0-

40.0 x 10.0-12.0 μm, clavados. Basidiosporas de 7.0-9.0 x 7.0-9.0 μm (Q=1.09), con

apéndice hilar de 2.0 µm de longitud, subglobosas, equinuladas, hialinas, de paredes

delgadas, amiloides.

**Hábitat:** Terrícola, sobre suelo.

Habito: Solitario a Disperso.

Localidad: Departamento de Totonicapán, municipio de Totonicapán, aldea Chuipachec,

Sendero Ecológico El Aprisco, 1 de octubre de 2014, A. Betancourth 29.



Figura 5. Géneros Hypholoma, Lepiota y Russula. A. H. fasciculare (A. Betancourth 13). B. H. fasciculare (A. Betancourth 19). C-D. L. clypeolaria (A. Betancourth 17). E. R. emetica (A. Betancourth 15). F. R. fragilis (A. Betancourth 29).

En conclusión, las 14 especies identificadas en este estudio se asocian a los micetismos faloidiano, gastrointestinal y muscarínico (Tabla 3).

Tabla 3. Micetismos asociados a las especies identificadas en este estudio

Tipo de micetismo	Especies
Faloidiano	A. bisporigera A. flavoconia var. flavoconia
	A. flavoconia var. inquinata
	A. morrisii
	A. verna
	L. clypeolaria <sup>a</sup>
Muscarínico	A. gemmata
	A. multisquamosa
	A. muscaria var. flavivolvata
	A. muscaria var. muscaria
	A. velatipes A. xylinivolva
Gastrointestinal	A. augusta
	H. fasciculare
	R. emetica
	R. fragilis

<sup>&</sup>lt;sup>a</sup>Especie de toxicidad controversial.

# IX. DISCUSIÓN

En el mundo se conocen aproximadamente 5 000 especies de macrohongos, de las cuales aproximadamente 100 se reconocen como venenosas para los humanos. Sin embargo, continuamente se identifican nuevas especies tóxicas debido a que inclusive algunos hongos inicialmente clasificados como comestibles ahora se reconocen como tóxicos (Berger, & Guss, 2005; Chen et al., 2012; Graeme, 2014; Yardan et al., 2010).

La ingestión de macrohongos tóxicos casi siempre es accidental, con excepción de aquellos que intencionalmente se consumen por su contenido de sustancias psicoactivas o los que se utilizan con fines suicidas u homicidas (Karlson-Stiber, & Persson, 2003). La toxicidad de dichos hongos puede variar en función de la cantidad ingerida, el estadio de madurez del hongo, la ubicación geográfica y la forma de preparación para su consumo como alimento. Por otra parte, también las personas varían en su respuesta a la ingesta de hongos, de modo que algunas pueden mostrar síntomas de intoxicación, mientras que otras pueden ser asintomáticas al ingerir el mismo hongo (Yardan et al., 2010).

La información sobre envenenamientos por hongos o micetismos en Guatemala es muy limitada, ya que la mayoría de los casos ocurren generalmente en las áreas rurales con difícil acceso a hospitales y, por la misma razón, las personas no acuden a ellos por lo que en muy pocas ocasiones reciben ayuda hospitalaria. En contraste a lo que ocurre en el país, el envenenamiento por hongos es más frecuente en Europa, ya que los reportes indican tasas de mortalidad de 50-100/año, en tanto que en Estados Unidos se informan aproximadamente 20 muertes por año (Yardan et al., 2010).

La presencia de los hongos causantes de micetismos en el país ha sido documentado en la literatura científica desde las publicaciones del Dr. Bernard Lowy, quien indicó la importancia de los hongos en la simbología Maya y comentó que *A. muscaria* es un hongo común en Guatemala y los indígenas lo llaman "shtantilok" o "shtantalok" debido a sus propiedades tóxicas (Lowy, 1972). También informó sobre la relación entre el trueno y el hongo *A. muscaria*, debido a que el nombre en idioma K'iche' que recibe dicha especie es

"kaqulja", el cual significa en español "rayo". Adicionalmente se indicó que los vendedores de hongos de Chichicastenango expresaron que desde hace mucho tiempo se conoce este hongo por sus propiedades alucinógenas y se refieren a él con el nombre de "Itzel ocox" que significa hongo malo o diabólico (Lowy, 1974). De igual forma, se comunicó que en Cobán los pobladores se refirieron a *A. muscaria* como "rocox aj tza" o el hongo del diablo (Lowy, 1977).

En esta misma línea de documentación de los hongos tóxicos que se desarrollan en el país, en este estudio se recolectaron y describieron taxonómicamente 14 especies y cuatro variedades de hongos tóxicos encontradas en cinco departamentos del país.

Del género *Amanita* se encontraron 10 especies y cuatro variedades, todas ellas consideradas como tóxicas en la literatura. La toxicidad de diferentes especies dentro de este género puede variar. Por ejemplo, de las siete secciones que contiene dicho género, cinco poseen todas o algunas especies consideradas tóxicas que producen distintos tipos de micetismos. Las especies de este género se encuentran comúnmente en todo el mundo (Chen et al., 2012; Graeme, 2014, Li, & Oberlies, 2005).

En la sección *Amanita* las especies encontradas fueron *A. gemmata, A. multisquamosa, A. muscaria* var. *flavivolvata, A. muscaria* var. *muscaria, A. velatipes* y *A. xylinivolva.* Las toxinas conocidas para esta sección son el muscimol, el ácido iboténico y la muscarina que son derivados isoxazólicos naturales biológicamente activos. La cantidad de muscarina que contienen es fisiológicamente insignificante para causar cualquier efecto tóxico, por lo que en caso de micetismo los compuestos responsables son el ácido iboténico y el muscimol, los cuales ocasionan el "síndrome panterínico" en humanos y algunos otros mamíferos (Ammirati et al., 1985; Arrillaga y Laskibar, 2006; Bessette, Bessette, & Fischer, 1997; Bessette, Bessette, & Hopping, 2018; Chilton, 1978; Tulloss, & Rodríguez-Caycedo, 2011).

A. gemmata ha sido reportada mayormente en Canadá y los Estados Unidos, aunque su distribución es en bosques de coníferas en América (Ammirati et al., 1985). Se caracteriza

principalmente por poseer un píleo viscoso cuando esta húmedo y con color amarillo claro a amarillo dorado generalmente más oscuro en el centro, con verrugas de color gris blanquecino que son fácil de quitar, además de presentar un anillo que se pierde con facilidad (Ammirati et al., 1985; Kuo, 2013b).

A. multisquamosa también se le conoce por los nombres de A. cothurnata o A. pantherina var. multisquamosa. Esta especie crece en bosques mixtos de coníferas en Norteamérica y bosques de eucaliptos y pinos en Brasil (Bessette, Miller, Bessette, & Miller, 1995; Giachini, Oliveira, Castellano, & Trappe, 2000; Tulloss, & Rodríguez-Caycedo, 2016). Esta especie se caracteriza por presentar píleo blanquecino con un disco de color amarillento o bronceado, con restos del velo universal en forma de verrugas blanquecinas dispuestas aleatoriamente y fáciles de quitar y con margen marcadamente estriado, en tanto que el estípite posee anillo peronado, con volva circuncisa (Ammirati et al., 1985; Kuo, 2013c; Tulloss, & Rodríguez-Caycedo, 2016).

A. muscaria es comúnmente llamada "hongo atrapa moscas", "agárico de las moscas" o "matamoscas". Sus variedades crecen asociadas a coníferas, robles y eucaliptos. Las características que las definen son la presencia de verrugas en el píleo y estípite con anillo y con zonas concéntricas ascendentes en la parte inferior (Ammirati et al., 1985; Geml, Laursen, O´Neill, Nusbaum, & Taylor, 2006; Kuo, 2013d; Michelot, & Melendez-Howell 2003). El píleo posee además varias tonalidades de color, aunque al parecer, son de poca importancia al igual que el color de la volva, ya que estas características pueden estar influenciado por las condiciones climáticas (Geml, Tulloss, Laursen, Sazanova, & Taylor, 2008).

Con respecto a las variedades encontradas en Guatemala se indica que *A. muscaria* var. *muscaria* se distribuye en Europa y Asia y en América se distribuye desde Alaska hasta Argentina. *A. muscaria* var. *flavivolvata* se encuentra solamente en América desde Alaska hasta Argentina y se distingue por poseer píleo rojo brillante, velo universal y verrugas amarillas, aunque a veces el píleo puede tornarse color naranja pálido o amarillo con la edad o por los rayos del sol, al igual que las verrugas que cambian a un color blanco (Kuo, 2013d;

Sommerkamp, 1992; Tulloss, Ovrebo, & Halling, 1992; Tulloss, Halling, & Mueller, 2011; Tulloss, & Geml, 2016; Wartchow, Maia, & Cavalcanti, 2013). Las características más importantes para diferenciar *A. muscaria* var. *muscaria* de *A. muscaria* var. *flavivolvata* son la profundidad del subhimenio, el tamaño de las basidiosporas y la distribución geográfica (Wartchow et al., 2013).

A. velatipes, anteriormente conocida como A. pantherina var. velatipes es una de las especies más comunes del noreste de los Estados Unidos y del sudeste de Canadá, asociada principalmente con robles y coníferas. Se caracteriza por tener grandes verrugas algodonosas de color blanco en el píleo, que están dispuestas más o menos concéntricamente, un anillo membranoso con un borde levemente apendiculado en forma de embudo y esporas ampliamente elipsoides e inamiloides (Tulloss, 2018c). Esta especie puede confundirse con A. gemmata, A. multisquamosa y A. xylinivolva, los cuales también se encuentran en Guatemala; (Kuo, 2013e; Roody, 2003).

A. xylinivolva es una especie común con un rango de distribución que se extiende desde Estados Unidos hasta Colombia y se asocia frecuentemente con robles o pinos (Tulloss, 2018d; Tulloss et al., 1992). Esta especie se caracteriza principalmente por tener el píleo amarillo pálido con restos de velo parcial, anillo membranoso delgado, volva circuncisa y esporas globosas a subglobosas e inamiloides (Tulloss et al., 1992; Tulloss, 2018d; Vargas et al., 2017).

En la sección *Phalloideae* las especies identificadas fueron *A. bisporigera* y *A. verna*. Esta sección incluye las especies que son las responsables del 90-95 % de todas las muertes por micetismos en el mundo, debido a que contienen compuestos químicos conocidos como amatoxinas, los cuales producen el micetismo faloidiano, ya que tan solo 0.1 mg de amatoxina/kg de peso corporal puede ser letal en adultos (Ammirati et al., 1985; Karlson-Stiber, & Persson, 2003; Magdalan et al., 2011; Tulloss, & Rodríguez-Caycedo, 2011). Particularmente *A. bisporigera* presenta un alto contenido de alfa-amanitina, por lo tanto, esta puede ser la especie más venenosa del género *Amanita* en América del Norte (Karlson-Stiber & Persson, 2003; Magdalan et al., 2010; Roberts et al., 2013; Seeger, & Stijve, 1980).

A. bisporigera es una especie que únicamente ha sido reportada para América y se distribuye desde Canadá hasta el sur de Colombia, en bosques de robles, pino-encino o mixtos (Ammirati et al., 1985; Nici, & Kim, 2011; Tulloss, 2018a). A. verna se distribuye tanto en Europa como en América (desde Canadá hasta Guatemala) en bosques de Quercus y mixtos (Ammirati et al., 1985; Benedict, Brandy, Stuntz, & Spurr, 1970; Sommerkamp y Guzmán, 1990; Tulloss, Rodríguez-Caycedo, & Possiel, 2018).

Tanto *A. bisporigera* como *A. verna* son conocidas con varios nombres comunes como ángel destructor, ángel de la muerte y hongo blanco de la muerte. Las dos especies anteriores, así como *A. magnivelaris* citada del departamento de Jalapa por Logemann et al. (1987), son de color blanco, por lo que es muy difícil su identificación y es necesario basarse características macro y microscópicas, así como en la reacción del píleo al agregársele KOH al 5% (Ammirati et al., 1985; Tulloss et al., 2018; Tulloss, 2018a; Tulloss, 2018b).

Macroscópicamente es muy difícil distinguirlas, aunque *A. magnivelaris* es la única que presenta un basidioma más pequeño y posee un anillo persistente que puede ser de color amarillo crema. Microscópicamente las características claves para la identificación de *A. bisporigera* es que posee basidios biesterigmados con esporas globosas a subglobosas, en comparación con las otras dos especies, que en su mayoría presentan basidios tetraesterigmados y esporas ampliamente elipsoides a elipsoides. Con respecto a la reacción del píleo con KOH al 5% en *A. magnivelaris* es negativa, en tanto que *A. bisporigera* produce una reacción positiva, ya que el color cambia de blanco a amarillo brillante, mientras que en *A. verna* no hay reacción definida, ya que puede variar de positiva a levemente positiva o negativa (Ammirati et al., 1985; Tulloss et al., 2018; Tulloss, 2018a; Tulloss, 2018b).

Para la sección *Validae* las especies que se encontraron fueron *A. augusta A. flavoconia* var. *flavoconia*, *A. flavoconia* var. *inquinata* y *A. moriisi*. Dentro de las toxinas que se han informado para las especies de esta sección son hemolíticas, termolábiles y se asocian con síntomas gastrointestinales leves. Varias de las especies de la sección *Validae* se venden en los mercados de Europa, África y América y se consumen después de ser

cocinadas (Arrillaga y Laskibar, 2006; Bojantchev, & Davis, 2013; Fischer, 1918; Ford, & Clark, 1914; Tulloss, & Rodríguez-Caycedo, 2011). Adicionalmente se ha informado que *A. flavoconia* y *A. morrisii* también contienen amatoxinas por lo que se pueden asociar con micetismo faloidiano (Ammirati et al., 1985; Fischer, 1918; Ford, & Clark, 1914; Vargas, Bernal, Sarria, Franco-Molano y Restrepo, 2011).

A. augusta ha sido reportada en los bosques mixtos o de coníferas desde Alaska hasta California (Bojantchev, & Davis, 2013; Kuo, 2013a). Se caracteriza por poseer un píleo café a amarillo con verrugas amarillas, anillo membranoso amarillo pálido con margen amarillo intenso, volva con verrugas amarillas y estípite amarillo que se va decolorando a blanco (Bojantchev, & Davis, 2013; Kuo, 2013a; Tulloss, & Goldman, 2018a). Dicha especie, durante mucho tiempo se ha confundido con A. franchetii debido a que sus características macroscópicas son muy similares. Sin embargo, análisis filogenéticos evidenciaron que A. augusta se encuentra en un clado distinto que A. franchetii y esta última está restringida a Europa (Bojantchev, & Davis, 2013).

A. flavoconia var. flavoconia crece en los bosques de coníferas, robles o mixtos a altitudes entre 780-1,760 m sobre el nivel del mar. En Norteamérica es una de las especies más comunes del género Amanita y también se ha identificado en la India (Atkinson, 1902; Singh, & Kaur, 2016; Tulloss, & Goldman, 2018b). La distribución de A. flavoconia var. inquinata es desde el centro de México hasta los bosques de los Andes colombianos a altitudes entre 1,675-3,000 m s. n. m. en bosques mixtos, de coníferas o robles (Singh, & Kaur, 2016; Tulloss, & Possiel, 2018; Tulloss et al., 2011). En este estudio A. flavoconia var. flavoconia se recolectó en bosques mixtos en el departamento de Jalapa a una altitud aproximada de 1,362 m, en tanto que A. flavoconia var. inquinata se encontró en bosques de coníferas en el departamento de Totonicapán que se encuentra a una altitud aproximada de 2,505 m.

Las principales diferencias entre las variedades de *A. flavoconia* son que la var. *flavoconia* posee píleo de color naranja-amarillo a amarillo, volva circuncisa y basidiosporas ampliamente elipsoides a elipsoides, mientras que la var. *inquinata* se caracteriza por tener

el píleo color café-naranja a naranja-amarillento, parches amarillos en el estípite que son remanentes de una volva fugaz y basidiosporas globosas a subglobosas (Singh, & Kaur, 2016; Tulloss, & Possiel, 2018; Tulloss, & Goldman, 2018b).

A. morrisii se encuentra reportada únicamente para Canadá y Estados Unidos en zonas húmedas, cerca de estanques y al borde de pantanos donde se encuentran pinos o robles (Tulloss, & Possiel, 2016). Esta especie se distingue claramente por el píleo color grisáceo marrón a negruzco marrón que se convierte a gris pardusco con la edad, verrugas color grisáceas a gris pardusco y esporas ampliamente elipsoides a elipsoides y amiloides (Tulloss, 1991; Tulloss, & Possiel, 2016).

Con respecto al género *Hypholoma* (familia *Strophariaceae*), se caracteriza por la presencia de un píleo bien pigmentado, velo variablemente desarrollado que al romperse del estípite puede dejar fibrillas similares a cabellos, una membrana flóculo-fibrosa o una franja colgante desde el margen, pero nunca forma un anillo membranoso. Las láminas suelen ser adnadas o sinuadas y el estípite puede ser fibroso o carnoso. La esporadas es de color púrpuramarrón, las basidiosporas presentan una pared gruesa con poro germinativo y el himenio presenta crisocistidios (Cortez, & Borges, 2007; Parker, 1933). Comprende alrededor de 30 especies en todo el mundo, distribuidas desde zonas templadas a tropicales, que crecen en troncos en descomposición, árboles, musgos o suelo. Todas las especies no son comestibles y algunas se consideran tóxicas (Cortez, & Borges, 2007). La intoxicación por estas especies puede causar problemas gastrointestinales, vómitos y parálisis nerviosa, acompañado de actividades fibrinolíticas y hemolíticas (Badalyan et al., 1995; Jo, Hossain, & Park, 2014).

En este estudio se identificó una sola especie, *H. fasciculare*, la cual es conocida como hongo de azufre, el cual posee una distribución mundial (Ammirati et al., 1985; Badalyan et al., 1995; Smith, 1951). Tiene un hábito gregario y cespitoso, crece en troncos en descomposición de maderas duras y más comúnmente de coníferas (Ammirati et al., 1985; Parker, 1933; Smith, 1951). Sus principales características son el píleo de color naranjamarrón a amarillo y las láminas color verde en la madurez, las cuales distinguen a esta especie

de *H. lateritium* y de *H. capnoides* (Smith, 1951). *H. fasciculare* también se caracteriza por un sabor amargo como de azufre y es considera tóxica (Badalyan et al., 1995; Smith, 1951).

Por otra parte, el género *Lepiota* es muy diverso en especies. Las características que lo identifican incluyen velo universal persistente, superficie del píleo escamosa en la mayoría de las especies, láminas libres de color blanco a crema, presenta anillo o zona anular con restos del velo parcial y, por último, esporada de color blanca a crema (Sysouphanthong, Hyde, Chukeatirote, & Vellinga, 2011). Así mismo, presenta basidiosporas hialinas, dextrinoides, elipsoides o fusiformes que pueden poseer un apéndice hilar prominente (Akers, & Sundberg, 2000; Sysouphanthong et al., 2011). Los queilocistidios están presentes en la mayoría de las especies a diferencia de los pleurocistidios que rara vez se encuentran (Sysouphanthong et al., 2011).

Varios autores presumen que hay 24 especies de *Lepiota* productoras de amatoxinas, dentro las cuales se encuentra *L. clypeolaria* (Enjalbert et al., 2002; Garcia et al., 2015; Pond et al., 1986), la cual fue identificada en este estudio. Sin embargo, según Sgambelluri et al. (2014), *L. clypeolaria* no produce amatoxinas e incluso se ha citado como comestible (Sysouphanthong et al., 2011), por lo que su toxicidad o comestibilidad es controversial dependiendo de la región. Por lo anterior, no está claro si se trata de la misma especie o si su identificación ha sido errónea en algunos casos o si dicha especie puede producir las toxinas dependiendo del sitio donde crece. Adicionalmente se debe indicar las especies de *Lepiota* pueden ser difíciles de identificar sin herramientas moleculares (Sgambelluri et al., 2014; Sysouphanthong et al., 2011).

L. clypeolaria es una especie ampliamente distribuida en los bosques de robles. Se distingue por su espora fusiforme, velo parcial de flocoso-fibriloso (Akers, & Sundberg, 2000). Debido a la posible confusión con otras especies tóxicas de este género, el consumo de cualquier especie de Lepiota generalmente no se recomienda (Sysouphanthong et al., 2011).

Con respecto al género *Russula*, las especies que lo integran se caracterizan por tener una variada coloración del basidioma y esporas amiloides con ornamentación (Li, Zhang, Zhao, & Lin, 2018; Miller, & Buyck, 2002). Existen varias especies que se recolectan en todo el mundo como alimento y como medicina, aunque algunas otras son toxicas y pueden causar trastornos gastrointestinales leves o graves, por lo cual no es recomendable su consumo (Ford, 1909; Köppel, 1993; Li et al., 2018; Miller, & Buyck, 2002).

En este estudio se identificaron dos especies del género *Russula*, *R. emetica* y *R. fragilis*, las cuales son especies que están ampliamente distribuidas y crecen con hábito solitario a disperso en bosques de coníferas y caducifolios (Ammirati et al., 1985). Estas dos especies son muy parecidas, aunque *R. emetica* se diferencia por tener basidioma y esporas más grandes, sabor fuertemente a acre, píleo de color rojo intenso a moderado que palidece con la edad, así como esporada blanca a amarillo pálido. Por lo contrario *R. fragilis* se caracteriza por poseer un píleo pequeño de tonalidades moradas o rojizas con el centro siempre más oscuro y con margen estriado y un estípite largo (Ammirati et al., 1985; Groves, 2011). Tanto *R. emetica* como *R. fragilis* se consideran tóxicas (Beaman, 1917; Murrill, 1910).

Finalmente, se indica que actualmente el número de especies tóxicas infomadas para Guatemala es de 30, ya que este trabajo aporta 10 nuevos registros, los cuales se adicionan al listado de 20 especies presentado por Sommerkamp en el año 1992 (Anexo 2).

Otro aspecto importante de considerar es que, debido a que en el país la mayor parte de la población indígena conoce los hongos comestibles e identifica más de 83 especies mediante conocimiento tradicional (Morales, Bran y Cáceres, 2010; Sommerkamp, 1991), puede haber confusiones entre especies comestibles y toxicas que comparten características macroscópicas similares, lo cual puede dar lugar a que se produzcan intoxicaciones accidentales. Por ejemplo, en Guatemala las especies de *Amanita* de la sección *Amanita* y *A. flavoconia* pueden confundirse con especies del complejo *A. caesarea* que es uno de los grupos de hongos que más se consumen tradicionalmente, las cuales pueden tener un píleo color naranja rojizo a amarillo, parches color blancos en el píleo y láminas color amarillo

(Guzmán, & Ramírez-Guillén, 2001). De igual forma *A. bisporigera* puede llegar a confundirse con *L. leucothites* que es comestible, así mismo, puede recolectarse con otras especies comestibles que crecen en el mismo hábitat como *A. rubescens* y *Cantharellus cibarius*, que también se consumen en Guatemala (Sommerkamp y Guzmán, 1990)

Otro tipo de intoxicaciones que pueden ocurrir en el país, son las que se conocen como intencionales, las cuales se dan por el uso hongos alucinógenos con fines recreativos, especialmente por los jóvenes que experimentan con drogas. Lamentablemente el abuso de hongos alucinógenos se está incrementando sobre todo porque son de fácil acceso y muchas veces gratis (Arrillaga y Laskibar, 2006; Ginterová et al., 2014; Hallen, & Adams, 2002).

En conclusión, de acuerdo con la literatura guatemalteca y la información que aporta este estudio, en el país existen especies que pueden ocasionar los micetismos alucinógeno, faloidiano, gastrointestinal y muscarinico, por lo que no es de extrañar que todos los años se presenten intoxicaciones por hongos en el país.

Por lo anterior se recomienda que se realice un estudio sistemático de identificación de los hongos tóxicos que crecen en todo el país para elaborar un mapa de las especies lo cual a su vez permitirá conocer que tipos de micetimos se pueden dar en cada uno de los departamentos de Guatemala. También es de suma importancia dar a conocer al personal de salud y a la población en general de la presencia de las especies de hongos tóxicos para poder prevenir su consumo y si se presentara un caso de micetismo se le pueda dar el tratamiento apropiado.

## X. CONCLUSIONES

- Se documentaron 14 especies y cuatro variedades consideradas toxicas de los géneros Amanita, Hypholoma, Lepiota y Russula, de la cuales 10 son nuevos registros para el país.
- Las 14 especies identificadas en este estudio están asociadas a los micetismos faloidiano, gastrointestinal y muscarínico.

#### XI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio taxonómico en todos los departamentos de Guatemala y en diferentes épocas del año para poder reconocer las especies de hongos tóxicos que crecen en el país.
- Elaborar una guía de reconocimiento rápido de las especies de hongos toxicos que se encuentran en el país y sobre los posibles micetismos que puedan causar.
- Implementar biología molecular como técnica de identificación para las especies.
- Confirmar la presencia de toxinas en los hongos identificados como tóxicos mediante técnicas de cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC).

#### XII. REFERENCIAS

- Akers, B., & Sundberg, W. (2000). *Lepiotaceae* of Florida, III. *Lepiota* s. str., section *Lepiota*. *Mycotaxon*, 75, 137-145.
- Ahishali, E., Boynuegri, B., Ozpolat, E., Surmeli, H., Dolapcioglu, C., Dabak, R., ... Bayramicli, O. (2012). Approach to mushroom intoxication and treatment: Can we decrease mortality? *Clinics and Research in Hepatology and Gastroenterology*, 36(2), 139-145.
- Ammirati, J., Traquair, J., & Horgen, P. (1985). *Poisonous mushrooms of the northern United States and Canada*. Minneapolis, MN: Fitzhenry & Whiteside Limited.
- Arrillaga, P. y Laskibar, X. (2006). *Setas tóxicas e intoxicaciones*. País Vasco, España: Aranzadi Zientzia Elkartea.
- Atkinson, G. (1902). Preliminary notes on some new species of fungi. *Journal of Mycology*, 8(3), 110-119.
- Aygul, N., Duzenli, M., Ozdemir, K., & Altunkeser, B. (2010). A case report of an unusual complication of *Amanita phalloides* poisoning: Development of cardiogenic shock and its successful treatment with intra-aortic balloon counterpulsation. *Toxicon*, 55(2), 630-632.
- Badalyan, S., Rapior, S., Le Quang, J., Doko, L., Jacob, M., Andary, C., & Serrano, J. (1995). Investigation of fungal metabolites and acute toxicity studies from fruit-bodies of *Hypholoma* species (*Strophariaceae*). *Cryptogamie Mycologie*, 16(2), 79-84.
- Beaman, D. (1917). Mushroom poisoning. *Torreya*, 17(12), 207-221.

- Benedict, R., Brandy, L., Stuntz, D., & Spurr, J. (1970). Occurrence of the deadly *Amanita verna* in the pacific northwest. *Mycologia*, 62(3), 597-599.
- Berger, K., & Guss, D. (2005). Mycotoxins revisited: Part I. *The Journal of Emergency Medicine*, 28(1), 53-62.
- Bessette, A., Bessette, A., & Fischer, D. (1997). *Mushrooms of northeastern North America*. Syracuse, NY: Syracuse University Press.
- Bessette, A., Bessette, A., & Hopping, W. (2018). *A field guide to mushrooms of the Carolinas*. Chapel Hill, NC: The University of North Carolina Press.
- Bessette, A., Miller, O., Bessette, A., & Miller, H. (1995). *Mushrooms of North America* in color. A field guide companion to seldom-illustrated fungi. Syracuse, NY: Syracuse University Press.
- Beuchat, L. (1987). *Food and beverage mycology* (2nd. ed.). New York, NY: Van Nostrand Reinhold.
- Blackwell, M. (2011). The fungi: 1, 2, 3... 5.1 million species? *American Journal of Botany*, 98(3), 426-439.
- Bojantchev, D., & Davis, M. (2013). *Amanita augusta*, a new species from California and the Pacific Northwest. *North America Fungi*, 8(5), 1-11.
- Buck, R. (1978). Acute encephalopathy in children after eating wild mushrooms. In B.Rumack, & E. Salzman (Eds.), *Mushroom poisoning: Diagnosis and treatment* (pp. 191-197). West Palm Beach, FL: CRC Press, Inc.
- Cappelli, A. (1984). *Agaricus L.: Fr. Ss. Karsten (Psalliota Fr.)*. Saronno, Italy: Libreria Editrice Biella Giovanna.

- Cepero, M., Restrepo, S., Franco-Molano, A., Cárdenas, M. y Vargas, N. (2012). *Biología de hongos*. Bogotá, Colombia: Ediciones Uniandes.
- Chen, W., Kassi, M., Saeed, U., & Frenette, C. (2012). A rare case of amatoxina poisoning in the state of Texas. *Case Reports in Gastroenterology*, *6*, 350-357.
- Chilton, W. (1978). Chemistry and mode of action of mushroom toxins. In B. Rumack & E. Salzman (Eds.), *Mushroom poisoning: diagnosis and treatment* (pp. 88-115). West Palm Beach, FL: CRC Press, Inc.
- Cortez, V., & Borges, R. (2007). Species of *Hypholoma* (Fr.) P. Kumm. (*Strophariaceae*, *Agaricales*) in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 21(3), 609-621.
- De Diego, F. (2011). *Hongos medicinales*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Delgado, A., Villegas, M. y Cifuentes, J. (2004). Glosario ilustrado de los caracteres macroscópicos en basidiomycetes con himenio laminar. Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Diaz, J. (2005). Syndromic diagnosis and management of confirmed mushroom poisonings. *Critical Care Medicine*, *33*(2), 427-436.
- Domínguez, E. (2 de junio de 2013). Padre e hijo mueren por comer hongos en Totonicapán. *Prensa Libre*. Recuperado de http://www.prensalibre.com/totonicapan/Padre-mueren-comer-hongos-Totonicapan-0-930507143
- Dos personas sufren intoxicación por comer hongos. (2013). *Radio Sonora*. Recuperado de

- http://www.sonora.com.gt/index.php?id=149&id\_seccion=123&id\_noticia=118 681&txt\_buscar=hongo&orden=
- Edelstein, S., Gerald, B., Crutchley, T., & Gundersen, C. (2009). Food and nutrition at risk in America: Food insecurity, biotechnology, food safety, and bioterrorism. Sudbury, MA: Jones and Bartlett Publishers.
- Enjalbert, F., Rapior, S., Nouguier-Soulé, J., Guillon, S., Amouroux N., & Cabot, C. (2002). Treatment of amatoxin poisoning: 20-year retrospective analysis. *Journal of Toxicology*, 40(6), 715-757.
- Familia muere al ingerir hongos venenosos. (2011). *Radio Sonora*. Recuperado de http://www.sonora.com.gt/index.php?id=149&id\_seccion=123&id\_noticia=606 11&txt\_buscar=hongo&orden=
- Familia se intoxicó por consumo de hongos silvestres. (20 de junio de 2018). *Noti* 7. Recuperado de http://www.chapintv.com/actualidad/169677
- Familia sufre intoxicación alimenticia, dos menores muertos y nueve intoxicados. (2014). 

  \*\*Radio Sonora.\*\* Recuperado de 
  http://www.sonora.com.gt/index.php?id=149&id\_seccion=214&id\_noticia=137 
  937&txt\_buscar=hongo&orden=
- Fischer, O. (1918). Mushroom poisoning. In C. Kauffman (Ed.), *The Agaricaceae of Michigan* (pp. 825-864). Lansing, MI: Wynkoop Hallenbeck Crawford CO., State Printers.
- Ford, W. (1909). The distribution of poisons in mushrooms. *Science*, 30(760), 97-108.
- Ford, W., & Clark, E. (1914). A consideration of the properties of poisonous fungi. *Mycologia*, 6(4), 167-191.

- Franco-Molano, A., Aldana-Gómez, R. y Halling, R. (2000). *Setas de Colombia* (*Agaricales, Boletales y otros hongos*). Medellín, Colombia: Multimpresos.
- Franco-Molano, A., Vasco-Palacios, A., López-Quintero y Boekhout, T. (2005). *Macrohongos de la región del medio Caquetá, Colombia*. Medellín, Colombia: Multimpresos.
- Garcia, I., McLin, V., Rimensberger, P., & Wildhaber, B. (2011). Amanita poisoning and liver transplantation: Do we have the right decision criteria? *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, *53*(4), 459-462.
- Garcia, J., Costa, V., Carvalho, A., Baptista, P., de Pinho, P., de Lourdes, M., & Carvalho,
   F. (2015). *Amanita Phalloides* poisoning: Mechanisms of toxicity and treatment.
   Food and Chemical Toxicology, 86,41-55.
- Geml, J., Laursen, A., O'Neill, K., Nusbaum, C., & Taylor, L. (2006). Beringian origins and cryptic speciation events in the fly agaric (*Amanita muscaria*). *Molecular Ecology*, 15(1), 225-239.
- Geml, J., Tulloss, R., Laursen, G., Sazanova, N., & Taylor, D. (2008). Evidence for strong inter- and intracontinental phylogeographic structure in *Amanita muscaria*, a wind-dispersed ectomycorrhizal basidiomycete. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 48(2), 694-701.
- Giachini, A., Oliveira, V., Castellano, M., & Trappe, J. (2000). Ectomycorrhizal fungi in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations in southern Brazil. *Mycologia*, *96*(6), 1166-1177.
- Giannini, L., Vannacci, A., Missanelli, A., Mastroianni, R., Mannaioni, P., Moroni, F., & Masini, E. (2007). Amatoxin poisoning: A 15-year retrospective analysis and follow-up evaluation of 105 patients. *Clinical Toxicology*, *45*(5), 539-542.

- Ginterová, P., Sokolová, B., Ondra, P., Znaleziona, J., Petr, J., Sevcík, J., & Maier, V. (2014). Determination of mushroom toxins ibotenic acid, muscimol and muscarine by capillary electrophoresis coupled with electrospray tándem mass spectrometry. *Talanta*, 125, 242-247.
- Gok, F., Topal, A., Hacibeyoglu, G., Erol, A., Biyik, M., Kucukkartallar, T., & Yosunkaya, A. (2015). Fulminant liver failure due to *Amanita phalloides* toxicity treated with emergent liver transplantation. *European Journal of General Medicine*, 12(3),244-248.
- Graeme, K. (2014). Mycetism: A review of the recent literature. *Journal of Medical Toxicology*, 10(2), 173-189.
- Groves, J. (2011). *Edible and poisonous mushrooms of Canada*. Ottawa, Canadá: Agriculture Canada.
- Gutiérrez, J. (2000). *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos*. Madrid, España: Díaz de Santos, S. A.
- Guzmán, G., & Ramírez-Guillén, F. (2001). The *Amanita caesarea*-complex. *Bibliotheca Mycologica*, *187*, 1-66.
- Hallen, H., & Adams, G. (2002). *Don't pick poison! When gathering mushrooms for food in Michigan*. Marquette, MI: Michigan State University Extension.
- Halling, R., & Mueller, G. (2005). Common mushrooms of the Talamanca mountains, Costa Rica. *Memoirs of The New York Botanical Garden*, 90, 1-195.
- Hawksworth, D. (1991). The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Micological Research*, *95*(6), 641-655.

- Herrera, T. y Ulloa, M. (1998). *El reino de los hongos: Micología básica y aplicada*. Ciudad de México, México: Fondo de Cultura Económica.
- Hu, J., Zhang, P., Zeng, J., & Chen, Z. (2012). Determination of amatoxins in different tissues and development stages of *Amanita exitialis*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(13), 2664-2667.
- Hui, Y., Smith, R., & Spoerke, D. (2001). Foodborne disease handbook: Plant toxicants (2nd ed., Vol. 3). New York, NY: Marcel Dekker, Inc.
- Jenkins, D. (1977). A taxonomic and nomenclatural study of the genus *Amanita* section Amanita for North America. *Bibliotheca Mycologica*, *57*, 1-126.
- Jo, W., Hossain, M., & Park, S. (2014). Toxicological profiles of poisonous, edible, and medicinal mushrooms. *Mycobiology*, 42(3), 215-220.
- Jóvenes intoxicados por comer hongos. (24 de junio de 2017). *Telediario*. Recuperado de http://www.chapintv.com/actualidad/jovenes-intoxicados-por-comer-hongos-110183
- Karimi, G., & Razavi, B. (2015). Poisonous mushrooms. In Gopalakrishnakone, P., Faiz,
  M., Fernando, R., Gnanathasan, C., Habib, A., Yang, C.-C. (Eds.), *Toxinology:*Clinical toxinology in Asia Pacific and Africa (pp. 587-608). doi: 10.1007/978-94-007-6386-9
- Karlson-Stiber, C., & Persson, H. (2003). Review: Cytotoxic fungi—an overview. *Toxicon*, 42(4), 339-349.
- Köppel, C. (1993). Clinical symptomatology and management of mushroom poisoning. *Toxicon*, *31*(12), 1513-1540.

- Kuo, M. (2013a). *Amanita augusta*. Retrieved from http://www.mushroomexpert.com/amanita\_augusta.html
- Kuo, M. (2013b). *Amanita gemmata*. Retrieved from http://www.mushroomexpert.com/amanita\_gemmata.html
- Kuo, M. (2013c). *Amanita multisquamosa*. Retrieved from http://www.mushroomexpert.com/amanita\_multisquamosa.html
- Kuo, M. (2013d). *Amanita muscaria* var. *flavivolvata*. Retrieved from http://www.mushroomexpert.com/amanita\_muscaria\_flavivolvata.html
- Kuo, M. (2013e). *Amanita velatipes*. Retrieved from http://www.mushroomexpert.com/amanita\_velatipes.html
- Largent, D., Johnson, D., & Watling, R. (1977). *How to identify mushrooms to genus III:*Microscopic features. Eureka, CA: Mad River Press, Inc.
- Li, C., & Oberlies, N. (2005). The most widely recognized mushroom: Chemistry of the genus *Amanita*. *Life Sciences*, 78(5), 532-538.
- Li, G., Zhang, C., Zhao, R., & Lin, F. (2018). Two new species of *Russula* from Northeast China. *Mycosphere*, *9*(3), 431-443.
- Logemann, H., Argueta, J., Guzmán, G., Montoya, L., Bandala, V. y de León, R. (1987). Envenenamiento mortal por hongos en Guatemala. *Revista Mexicana de Micología*, 3, 211-216.
- Lowy, B. (1972). Mushroom symbolism in Maya codices. *Mycologia*, 64(4), 816-821.

- Lowy, B. (1974). *Amanita muscaria* and the thunderbotl legend in Guatemala and Mexico. *Mycologia*, 66(1), 188-191.
- Lowy, B. (1977). Hallucinogenic mushrooms in Guatemala. *Journal of Psychedelic Drugs*, 9(2), 123-125.
- Magdalan, J., Ostrowska, A., Piotrowska, A., Gomułkiewicz, A., Szeląg, A., & Dziędgiel, P. (2009). Comparative antidotal efficacy of benzylpenicillin, ceftazidime and rifamycin in cultured human hepatocytes intoxicated with α-amanitin. *Archives of Toxicology*, 83(12), 1091-1096.
- Magdalan, J., Ostrowska, A., Piotrowska, A., Izykowska, I., Nowak, M., Gomułkiewicz, A., ... Dziegiel, P. (2010). α-Amanitin induced apoptosis in primary cultured dog hepatocytes. *Folia Histochemica Et Cytobiologica*, 48(1), 58-62.
- Magdalan, J., Piotrowska, A., Gomułkiewicz, A., Sozański, T., Szeląg, A., & Dziegięl, P. (2011). Influence of commonly used clinical antidotes on antioxidant systems in human hepatocyte culture intoxicated with α-amanitin. *Human & Experimental Toxicology*, 30(1), 38-43.
- Martínez, M. y Rubio, G. (2002). *Manual de drogodependencias para enfermería*. Madrid, España: Díaz de Santos, S. A.
- Mata, M. (2003). *Macrohongos de Costa Rica* (2ª ed., Vol. 1). Heredia, Costa Rica: Editorial INBio.
- Mata, M., Halling, R. y Mueller, G. (2003). *Macrohongos de Costa Rica* (Vol. 2). Heredia, Costa Rica: Editorial INBio.
- Mencías, E. y Mayero, L., (2000). *Manual de Toxicología básica*. Madrid, España: Díaz de Santos, S. A.

- Mengs, U., Pohl, R., & Mitchell, T. (2012). Legalon<sup>®</sup> SIL: The antidote of choice in patients with acute hepatotoxicity from amatoxin poisoning. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 13(10), 1964-1970.
- Michelot, D., & Melendez-Howell, L. (2003). *Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethnomycology. *Mycological Research*, 107(2), 131-146.
- Miller, S., & Buyck, B. (2002). Molecular phylogeny of the genus *Russula* in Europe with a comparison of modern infrageneric classifications. *Mycological Research*, 106(3), 259-276.
- Mitchel, D., & Rumack, B. (1978). Symptomatic diagnosis and treatment of mushroom poisoning. In B. Rumack & E. Salzman (Eds.), *Mushroom poisoning: Diagnosis and treatment* (pp. 171-178). West Palm Beach, FL: CRC Press, Inc.
- Morales, M. (13 de agosto de 2018). Saciar el hambre casi les cuesta la vida a mujer y sus tres hijos en Jocotán. *Prensa Libre*. Recuperado de https://www.prensalibre.com/ciudades/chiquimula/saciar-su-hambre-casi-le-cuesta-la-vida-a-mujer-y-sus-tres-hijos-en-jocotan/
  - Morales, O., Bran, M. y Cáceres, R. (2010). Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala. En D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales y 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* (pp. 437-464). Puebla, México: Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales: Producción, Desarrollo y Consumo.
- Mueller, G., Bills, F., & Foster, M. (2004). *Biodiversity of fungi, inventory and monitoring methods*. San Diego, CA: Elsevier Academic Press.

- Mueller, G., Schmit, J., Huhndorf, S., Ryvarden, L., O'Dell, T., Lodge, D., ...
  Czederpiltz, D. (2004). Recommended protocols for sampling macrofungi. In G.
  Mueller, G. Bills & M. Foster (Eds.), *Biodiversity of fungi, inventory and monitoring methods* (pp. 168-172). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Murrill, W. (1910). Poisonous mushrooms. Mycologia, 2(6), 255-264.
- Nici, A., & Kim, S. (2011). *Amanita bisporigera*-induced hepatic failure: A fatal case of mushroom ingestion. *Case Reports in Hepatology*, 2011(2011), 1-3.
- Niños mueren intoxicados. (5 de junio de 2013). *Prensa Libre*. Recuperado de http://www.prensalibre.com/totonicapan/Ninos-mueren-intoxicados-0-932306811
- Parker, C. (1933). A taxonomic study of the genus *Hypholoma* in North America. *Mycologia*, 25(3), 160-212.
- Pérez-Silva, E., Esqueda, M. y Herrera, T. (2008). Macromicetos tóxicos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología*, 28, 81-88.
- Pond, S., Olson K., Woo O., Osterloh J., Ward R., Kaufman D., & Moody, R. (1986).
  Amatoxin poisoning in northern California, 1982-1983. The Western Journal of Medicine, 145(2), 204-209.
- Poucheret, P., Fons, F., Doré, J., Michelot, D., & Rapior, S. (2010). Amatoxin poisoning treatment decision-making: Pharmaco-therapeutic clinical strategy assessment using multidimensional multivariate statistic analysis. *Toxicon*, 55(7), 1338-1345.
- Repetto, M. (1995). Toxicología avanzada. Madrid, España: Díaz de Santos, S. A.

- Roberts, D., Hall, M., Falkland, M., Strasser, S., & Buckley, N. (2013). *Amanita phalloides* poisoning and treatment with silibinin in the australian capital territory and New South Wales. *The Medical Journal of Australia*, 198(1), 43-47.
- Romano, G., Iannone, L., Novas, M., Carmarán, C., Romero, A., Lopez, S. y Lechner, B. (2013). *Hongos tóxicos en la ciudad de Buenos Aires y alrededores. Medicina,* 73(5), 406-410.
- Roody, W. (2003). *Mushrooms of West Virginia and the central Appalachians*. Lexington, KY: The University Press of Kentucky.
- Ruiz, D., Tay, J., Sánchez, J. y Martínez, H. (1999). Los micetismos y su relevancia en medicina. *Revista Iberoamericana de Micología*, 16(3), 121-125.
- Rumack, B. (1980). *Amanita* poisoning: An examination of clinical symptoms. In H. Faulstich, B. Kommerell & Th. Wieland (Eds.), *Amanita toxins and poisoning* (pp. 124-130). Köln, Germany: Verlag Gerhard Witzstrock.
- Sánchez, J. (2012). Setas comestibles y tóxicas, diferencias y semejanzas. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Santi, L., Maggioli, C., Mastroroberto, M., Tufoni, M., Nopoli, L., & Caraceni, P. (2012). Review article: Acute liver failure caused by *Amanita phalloides* poisoning. *International Journal of Hepatology, 2012*, 1-6.
- Seeger, B., & Stijve, T. (1980). Occurrence of toxic Amanita species. In H. Faulstich, B. Kommerell & Th. Wieland (Eds.), *Amanita toxins and poisoning* (pp. 3-17). Köln, Germany: Verlag Gerhard Witzstrock.

- Sgambelluri, R., Epis, S., Sassera, D., Luo, H., Angelos, E., & Walton, J. (2014). Profiling of amatoxins and phallotoxins in the genus *Lepiota* by liquid chromatography combined with UV absorbance and mass spectrometry. *Toxins*, 6(8), 2336-2347.
- Singer, R. (1978). Hallucinogenic mushrooms. In B. Rumack, & E. Salzman (Eds.), *Mushroom poisoning: Diagnosis and treatment* (pp. 201-214). West Palm Beach, FL: CRC Press, Inc.
- Singer, R. (1986). *The Agaricales in modern taxonomy* (4th ed.). Koenigstein, Germany: Sven Koeltz Scientific Book.
- Singh, Y., & Kaur, M. (2016). Four newly recorde *Amanita* taxa from India. *Biodiversitas*, 17(1), 342-348.
- Smith, A. (1951). The North American species of *Naemalotoma*. *Mycologia*, 43(5), 467-521.
- Sommerkamp, Y. (1991). Hongos comestibles en los mercados de Guatemala. Guatemala: Dirección General de Investigación, Universidad San Carlos de Guatemala.
- Sommerkamp, Y. (1992). Hongos tóxicos y alucinógenos de Guatemala. En *Memorias* del I Congreso Centroamericano y I Congreso Nacional de Micología (pp. 106-108). Guatemala, Guatemala: Súper Plus.
- Sommerkamp, Y. (1994). Los hongos macromicetos de Guatemala. En K. Ohi y M. Torres (Eds.), *Piedras-Hongo* (pp. 67-72). Tokio, Japón: Museo de Tabaco y Sal.
- Sommerkamp, Y. y Guzmán, 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.

- Spatafora, J., Aime, M., Grigoriev, I., Martin, F., Stajich, J., & Blackwell, M. (2018). The fungal tree of life: From molecular systematics to genome-scale phylogenies. In
  J. Heitman, B. Howlett, P. Crous, E. Stukenbrock, T. James, & N. Gow (Eds.),
  The fungal kingdom (pp. 3-34). Washington, DC: ASM Press.
- Spoerke, D., & Rumack, B. (1994). *Handbook of mushroom poisoning: Diagnosis and treatment.* Boca Raton, FL: CRC Press, Inc.
- Stebelska, K. (2013). Fungal hallucinogens psilocin, ibotenic acid, and muscimol: analytical methods and biologic activities. *Therapeutic Drug Monitoring*, 35(4), 420-442.
- Stormer, F., Koller, G., & Janak, K. (2004). Ibotenic acid in *Amanita muscaria* spores and caps. *Mycologist*, *18*(3),114–117.
- Stríbrný, J., Sokol, M., Merová, B., & Ondra, P. (2012). GC/MS determination of ibotenic acid and muscimol in the urine of patients intoxicated with *Amanita pantherina*. *International Journal of Legal Medicine*, 126(4), 519-524.
- Sysouphanthong, P., Hyde, K., Chukeatirote, E., & Vellinga, E. (2011). A review of genus *Lepiota* and its distribution in east Asia. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*, *1*(2), 161-176.
- Torres, M. (1994). Psicología, alucinógenos rituales mayas y piedras-hongo. En K. Ohi y M. Torres (Eds.), *Piedras-Hongo* (pp. 36-54). Tokio, Japón: Museo de Tabaco y Sal.
- Trabulus, S., & Altiparmak, M. (2011). Clinical features and outcome of patients with amatoxin-containing mushroom poisoning. *Clinical Toxicology*, 49(4), 303-310.

- Tu, A. (1992). *Handbook of natural toxins: Food poisoning* (Vol. 7). New York, NY: Marcel Dekker, Inc.
- Tulloss, R. (1991). *Amanita morrisii*-history, taxonomy, and distribution. *Mycotaxon*, 40, 281-286.
- Tulloss, R. (2018a). *Amanita bisporigera*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+bisporigera
- Tulloss, R. (2018b). *Amanita magnivelaris*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+magnivelaris
- Tulloss, R. (2018c). *Amanita velatipes*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+velatipes
- Tulloss, R. (2018d). *Amanita xylinivolva*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+xylinivolva
- Tulloss, R., & Geml, J. (2016). Amanita muscaria subsp. flavivolvata. In R. Tulloss, &
  Z. Yang (Eds.), Amanitaceae studies. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+muscaria+subsp.+flavivolvata
- Tulloss, R., & Goldman, N. (2018a). *augusta*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae* studies. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+augusta
- Tulloss, R., & Goldman, N. (2018b). *Amanita flavoconia*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+flavoconia

- Tulloss, R., Halling, R., & Mueller, G. (2011). Studies in *Amanita* (Amanitaceae) of Central America. 1. Three new species from Costa Rica and Honduras. *Mycotaxon*, 117, 165-205.
- Tulloss, R., Ovrebo, C., & Halling, R. (1992). Studies on *Amanita* (Amanitaceae) from Andean Colombia. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, 66, 1-46.
- Tulloss, R., & Possiel, L. (2016). *Amanita morrisii*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae* studies. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+morrisii
- Tulloss, R., & Possiel, L. (2018). *Amanita flavoconia* var. *inquinata*. In R. Tulloss, & Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from http://www.amanitaceae.org?Amanita+flavoconia+var.+inquinata
- Tulloss, R., & Rodríguez-Caycedo, C. (2011). *Amanita workshop*. (6th ed.). Retrived from http://www.amanitaceae.org/content/uploaded/pdf/phenoxfm.pdf
- Tulloss, R., & Rodríguez-Caycedo, C. (2016). *Amanita multisquamosa*. In R. Tulloss, &
   Z. Yang (Eds.), *Amanitaceae studies*. Retrieved from <a href="http://www.amanitaceae.org?Amanita+multisquamosa">http://www.amanitaceae.org?Amanita+multisquamosa</a>
- Tulloss, R., Rodríguez-Caycedo., & Possiel, L. (2018). Amanita verna. In R. Tulloss, &
   Z. Yang (Eds.), Amanitaceae studies. Retrieved from <a href="http://www.amanitaceae.org?Amanita+verna">http://www.amanitaceae.org?Amanita+verna</a>
- Vargas, N., Bernal, A., Sarria, V., Franco-Molano, A., & Restrepo, S. (2011). Amatoxin and phallotoxin composition in species of the genus *Amanita* in Colombia: A taxonomic perspective. *Toxicon*, *58*(6), 583-590.

- Vargas, N., Pardo-de La Hoz, C., Danies, G., Franco-Molano, A., Jiménez, P., Restrepo, S., & Grajales, A. (2017). Defining the phylogenetic position of *Amanita* species from Andean Colombia. *Mycologia*, 109(2), 261-276.
- Wartchow, F., Maia, L., & Cavalcanti, M. (2013). Taxonomic studies of *Amanita muscaria* (L.) Lam (Amanitaceae, Agaricomycetes) and its infraspecific taxa in Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 27(1): 31-39.
- Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. (3th ed.). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Wieland, T. (1980). The chemistry of Amanita toxins. Amatoxins: Structure and RNA polymerase B inhibition. In H. Faulstich, B. Kommerell & Th. Wieland (Eds.), *Amanita toxins and poisoning* (pp. 22-29). Köln, Germany: Verlag Gerhard Witzstrock.
- Wiseman, J., & Abeles, R. (1979). Mechanism of inhibition of aldehyde dehydrogenase by cyclopropanone hydrate and the mushroom toxin coprine. *Biochemistry*, 18(3), 427-435.
- Wu, B., & Wang, M. (2004). Molecular adsorbent recirculating system in dealing with maternal Amanita poisoning during the second pregnancy trimester: A case report. *Hepatobiliary & Pancreatic Diseases International*, *3*(1),152–154.
- Yardan, T., Baydin, A., Eden, A., Akdemir, H., Aygun, D., Acar, E., & Arslan, B. (2010). Wild mushroom poisoning in the Middle Black Sea region in Turkey: Analysis of 6 years. *Human & Experimental Toxicology*, 29(9),767–771.

## XIII. ANEXOS

Anexo 1. Lugares de muestreo de los hongos tóxicos

Sitio	Georeferencia
Aldea Potrero Carrillo, Jalapa, Jalapa	14°46′04.2"N
	89°55'45.4"W
Aldea Urlanta, Jalapa, Jalapa	14°35'55.7"N
	90°02'38.6"W
Bosque del Restaurante Rincón Suizo, Tecpán, Chimaltenango	14°47'48.7"N
	90°59'02.7"W
Caserío el Chapetón, aldea Arloroma, Jalapa, Jalapa	14°35'38.5"N
	90°01'35.0"W
Parque Regional Municipal de San Pedro Sacatepéquez, San	15°00'30.6"N
Pedro Sacatepéquez, San Marcos	91°47'51.2"W
Hacienda Ecológica Río Escondido, San Jerónimo, Baja Verapaz	15°06'45.1"N
	90°11'20.0"W
Sendero Ecológico El Aprisco, Totonicapán, Totonicapán	14°55'34.2"N
	91°20'20.4"W

Anexo 2. Listado de macrohongos tóxicos de Guatemala

Orden	Familia	Género y Especie
Agaricales	Agaricaceae	A. xanthodermus Genev. C. molybdites (G. Mey.) Massee L. clypeolaria (Bull.) P. Kumm.
	Amanitaceae	A. augusta Bojantchev & R.M. Davis A. bisporigera G.F. Atk. A. brunnescens G.F. Atk. A. cokeri EJ. Gilbert & Kühner ex EJ. Gilbert A. flavoconia var. flavoconia G.F. Atk. A. flavoconia var. inquinata Tulloss, Ovrebo & Halling A. gemmata (Fr.) Bertill. A. magnivelaris Peck A. morrisii Peck A. multisquamosa Peck A. muscaria var. flavivolvata (Singer) D.T. Jenkins A. muscaria var. muscaria (L.) Lam. A. velatipes G.F. Atk. A. verna (Bull.) Lam A. xylinivolva Tulloss, Ovrebo & Halling
	Bolbitiaceae	P. papilionaceus (Bull.) Quél.ª
	Inocybaceae	I. asterospora Quél. I. geophylla (Bull.) P. Kumm. <sup>b</sup> I. rimosa (Bull.) P. Kumm. <sup>c</sup>
	Strophariaceae	H. fasciculare (Huds.) P. Kumm. P. cubensis (Earle) Singer P. mexicana R. Heim P. zapotecorum R. Heim
Boletales	Sclerodermataceae	S. texense Berk. S. verrucosum (Bull.) Pers.
Russulales	Russulaceae	R. emetica (Schaeff.) Pers. R. fragilis Fr. R. foetens Pers.

a Citada como P. sphinctrinus var. sphinctrinus. b Citada como I. geophylla var. lilacina. c Citada como I. fastigiata var. umbrinella.

Azdriel Armando Betancourth
<b>Autor Proyecto</b>
Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel
Asesor
Licda. María del Carmen Bran
Asesora
Asesora
M. Sc. Alba Marina Valdés de García
Revisora
Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel
Director de Escuela de Química Biológica
M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia