


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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure on horseback, a castle, and a lion. Above the shield is a crown. The shield is surrounded by a circular border containing the Latin motto: "CETTERAS CORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER".


**“ESTUDIO DE MACROHONGOS GASTEROMYCETES Y POLYPORALES
ASOCIADOS A QUERCUS, EN EL BOSQUE DE LA GRANJA EXPERIMENTAL
DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA”**

CELESTE ANAÍS CASTAÑAZA GUZMÁN

QUÍMICA BIÓLOGA

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

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

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a large, circular emblem in the background. It features a central figure of a man on horseback, surrounded by various symbols including a castle, a lion, and a crown. The Latin motto "CETERA PARVIBUS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

**“ESTUDIO DE MACROHONGOS GASTEROMYCETES Y POLYPORALES
ASOCIADOS A QUERCUS, EN EL BOSQUE DE LA GRANJA EXPERIMENTAL
DE LA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

CELESTE ANAÍS CASTAÑAZA GUZMÁN

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE
QUÍMICA BIÓLOGA**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2017

JUNTA DIRECTIVA

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

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme culminar esta meta, por ser mi fortaleza en todo momento y por permitirme ver su misericordia en el rostro de muchas personas.

A mis padres, por todo su esfuerzo, sacrificio, amor y apoyo incondicional, este triunfo es por ellos.

A mis hermanos, por ser el mejor ejemplo a seguir, por sus ánimos y apoyo a lo largo de mi carrera.

A mis amigos, gracias por las risas

A mis asesores Lic. Osberth Morales y Licda. María del Carmen Bran por sus consejos, orientación y por compartir conmigo su conocimiento.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala mi alma máter, por abrirme las puertas al conocimiento y ser mi segunda casa.

ÍNDICE

I. RESUMEN.....	1
II. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
III. ANTECEDENTES.....	3
A. Reino Fungi	3
B. Filo Basidiomycota.....	4
1. Subfilo Agaricomycotina	5
2. Gasteromycetes.....	6
3. Polyporales.....	9
D. Importancia de los hongos en los ecosistemas	13
E. Bosques de <i>Quercus</i>	14
G. Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	16
IV. JUSTIFICACIÓN	17
V. OBJETIVOS	18
General	18
Específicos.....	18
VI. HIPÓTESIS	19
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
A. Universo.....	20
B. Muestra.....	20
C. Recursos	20
1. Humanos	20
2. Materiales	20
3. Reactivos.....	21
4. Equipo	21
5. Institucionales	21

6. Económico.....	22
E. Diseño experimental	22
1. Tipo de estudio	22
2. Unidad de análisis	22
F. Procedimiento	22
1. Recolección de especímenes Gasteromycetes y Polyporales	22
2. Descripción macroscópica de los cuerpos fructíferos	23
3. Descripción microscópica de especies	23
4. Tratamiento de especímenes.....	24
4. Análisis de datos	24
VIII. RESULTADOS	25
A. Riqueza específica.....	25
B. Descripción taxonómica	26
1. Gasteromycetes.....	26
2. Polyporales	27
3. Otras especies recolectadas	31
IX. DISCUSIÓN	36
X. CONCLUSIONES.....	40
XI. RECOMENDACIONES.....	41
XII. ANEXOS	42
XIII. REFERENCIAS	44

I. RESUMEN

Los hongos son un grupo muy diverso de organismos que se clasifican en el Reino Fungi, dentro de ellos se encuentran los macrohongos los cuales producen cuerpos fructíferos que se pueden observar a simple vista. En Guatemala, si se toma en cuenta que el país es considerado megadiverso, el número de especies de macrohongos reportadas son muy pocas.

Por tal razón, en este trabajo se estudiaron especies de macrohongos Polyporales y Gasteromycetes que se desarrollaron en el bosque de la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Los especímenes fueron recolectados en el área del bosque a través del método oportunístico y se describieron las características macroscópicas y microscópicas que presentaron.

En total se describieron 30 especímenes correspondientes a 13 especies, de las cuales *P. badius* constituyó un nuevo registro para el país, la información generada en este trabajo sobre este grupo de hongos a nivel local contribuirá con la valoración biológica de dicha área y con su conservación.

II. ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN

Los hongos representan uno de los grupos más diversos que existen en el mundo y desempeñan una función importante en el equilibrio ecológico de la naturaleza, ya que actúan como organismos descomponedores, simbióticos o parásitos. Dentro de este grupo se encuentran los denominados macromicetos o macrohongos, los cuales se definen como aquellos que producen esporas sobre estructuras que son perceptibles a simple vista y se encuentran en una gran variedad de hábitats alrededor del mundo. En Guatemala, un país considerado megadiverso, se han comunicado alrededor de 379 especies de macrohongos, documentadas principalmente en departamentos del occidente del país, lo que evidencia un gran vacío de información de otras regiones.

Los bosques con que cuenta el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala son un reservorio de muchas especies de macrohongos, ya que recientemente se describieron 10 especies de Ascomycetes de dicho lugar, las cuales fueron nuevos registros para país.

Por tal razón, en este trabajo se propone realzar la identificación de macrohongos Gasteromicetes y Polyporales que se desarrollan en el bosque de la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, con el fin de valorarlo biológicamente y así contribuir y justificar su conservación.

III. ANTECEDENTES

A. Reino Fungi

Los hongos son organismos diferentes a las plantas y animales y se les clasifica en el Reino Fungi (Kuhar, Castiglia, & Papinutti, 2013), el cual según el análisis de secuencias de aminoácidos de más de 100 proteínas comunes a los hongos, plantas y animales, surgieron como un grupo de hace alrededor de 1,500 millones de años (Nabors, 2006).

Los hongos son organismos eucariotas que poseen un núcleo estructural con membrana nuclear (Negroni, 2009). Tienen como característica común la ausencia de clorofila y por tanto, son heterótrofos ya que no pueden realizar fotosíntesis y deben nutrirse a partir de materias orgánicas ya elaboradas (Arenas, 2011).

Varios de ellos tienen la capacidad de descomponer materia orgánica muerta u obtener los nutrientes de otros organismos vivos (Arenas, 2011). Algunos otros pueden realizar asociaciones simbióticas de varios tipos con otros organismos y pueden ser mutualistas cuando el resultado de la asociación es benéfico para los organismos que intervienen en ella, por ejemplo, las micorrizas, los líquenes y los hongos endófitos (Cepero, Restrepo, Franco-Molano, Cárdenas y Vargas, 2012). Por otra parte, existen hongos parásitos, estos viven en los medios más variados y sólo alrededor de 400 son necesariamente patógenos de mamíferos, pero también existen patógenos de vegetales, insectos o de otros hongos y algunos son oportunistas (Arenas, 2011).

Los hongos no son capaces de formar tejidos, pero presentan un cuerpo denominado talo que puede ser unicelular o pluricelular. En este último caso tienen el aspecto de tubos cilíndricos denominados hifas, que producen ramificaciones hasta constituir un talo pluricelular que recibe el nombre de micelio, que crece apicalmente por su extremo distal (Negroni, 2009).

En los hongos pluricelulares el micelio vegetativo presenta una parte del mismo destinada a cumplir funciones de crecimiento y captación de los nutrientes a partir del sustrato, mientras que el micelio reproductor da origen a los elementos de esporulación (Negróni, 2009). Aunque hay una diversidad de formas de esporulación, las esporas de los hongos son básicamente de dos tipos: a) asexuales que se forman después de la mitosis (mitosporas) y culminan en el crecimiento vegetativo, y b) sexuales que se forman después de la meiosis (meiosporas) y se producen en o sobre las estructuras generativas especializadas, las cuales pueden agruparse en cuerpos fructíferos (Esser, Kües & Fisher, 2006).

En los macrohongos las estructuras encargadas de producir las esporas no están distribuidas por todo el cuerpo fructífero, sino que se organizan en una superficie llamada himenio. Otras especies pueden producir una masa de esporas llamada gleba como ocurre en los hongos de tipo gasteroide y en ese caso no es posible diferenciar un himenóforo en los cuerpos fructíferos maduros (Calonge, 1998).

Los estimados más recientes basadas en métodos de secuenciación de ADN de alto rendimiento sugieren la existencia de un máximo de 5,1 millones de especies de hongos con un mínimo de 720,000 especies. En los últimos 20 años se ha aumentado dramáticamente el conocimiento de los hongos y se ha revelado que este reino es monofilético, aunque con una gran diversidad de linajes divergentes. En la actualidad dicho reino se clasifica en un subreino (Dikarya), 10 filos, 10 subfilos, 35 clases, 12 subclases y 129 órdenes (Blackwell, 2011; Cepero et al., 2012).

B. Filo Basidiomycota

Este filo comprende aproximadamente 31,515 especies correspondientes al 32.27% de las especies de hongos descritas. Pueden ser unicelulares o

pluricelulares, tener reproducción sexual, asexual o ambas y ocupar hábitats acuáticos y terrestres (Cepero et al., 2012).

El principal carácter distintivo de este grupo es la presencia de los basidios que producen las esporas sexuales o basidiosporas. Debido a estudios moleculares y ultraestructurales la clasificación de este filo ha cambiado rápidamente y muchos de los grupos reconocidos tradicionalmente han desaparecido, de manera que actualmente incluye los subfilos Pucciniomycotina, Ustilaginomycotina y Agaricomycotina (Cepero et al., 2012).

1. Subfilo Agaricomycotina

El subfilo Agaricomycotina contiene aproximadamente 20,000 especies que corresponden al 70% de los basidiomycetes conocidos. En promedio, el 98% de las especies se ubican en la clase Agaricomycetes que incluye los denominados macrohongos cuyos cuerpos fructíferos tienen una gran variedad de formas y texturas que reciben el nombre según el tipo y posición del himenóforo y la presencia de holobasidios (Cepero et al., 2012). Entre estos se encuentran el tipo agaricoide, boletoide, poroide, hidnoide, clavadioide, coraloide, resupinado, gasteroide y secotioide (Webster & Weber, 2007).

Estos hongos representan una parte significativa de los ecosistemas naturales, que participan sustancialmente en el ciclo de los nutrientes, especialmente en la degradación de compuestos orgánicos (Homolca, 2014). Los hongos ligninolíticos denominados de pudrición blanca de la madera, comprenden un grupo de organismos cuya característica es su capacidad para mineralizar eficientemente la lignina. Presumiblemente, esta degradación selectiva les permite tener acceso a la celulosa y hemicelulosa, las cuales finalmente representan su fuente de carbono y energía (Dávila y Vásquez, 2001).

Se reproducen principalmente por vía sexual, donde las basidiosporas germinan para formar micelio haploide (también llamado micelio primario) que tienen una vida breve ya que pronto se produce la plasmogamia. Este evento origina el micelio dicariótico (micelio secundario) a partir del cual se forma el cuerpo fructífero (micelio terciario) o basidioma. En el himenio de dicha estructura se formarán los basidios en los cuales se realizara la cariogamia, con lo cual se obtendrá un solo núcleo diploide, el cual, luego de dos etapas de división meiótica originará cuatro núcleos haploides. Mientras tanto el basidio forma los esterigmas a donde migrarán los cuatro núcleos que darán lugar a igual número de basidiosporas. Finalmente éstas serán liberadas al ambiente para volver a iniciar el ciclo(Calonge, 1998).

Dentro de los Agaricomycotina se encuentran los hongos Gasteromycetes que poseen cuerpos fructíferos gasteroides con forma globosa, subglobosa o piriforme (Cepero et al., 2012). En este grupo también están los Polyporales, los cuales poseen el himenio formado por tubos que se observan como poros en la parte de abajo del cuerpo fructífero (Gilberston & Ryvarden, 1986).

2. Gasteromycetes

Los Gasteromycetes son un grupo artificial de macrohongos que muestran un origen polifilético y que comparten la característica común de que las basidiosporas no se descargan violentamente de los basidios, sino que estas se producción internamente (Webster & Weber, 2007). A pesar de tratarse de una clase artificial polifilética, presenta algunos caracteres comunes que son el eslabón capaz de mantener a este grupo con su propia identidad (Calonge, 1998).

La morfología de los hongos Gasteromycetes es generalmente esférica, piriforme o clavada. El himenio está encerrado dentro del cuerpo fructífero hasta que las esporas maduran y consta de tres partes básicas: peridio (la pared), gleba

(el área fértil) y trama de hifas estéril que forman el pseudoparenquima (Janusz & Agnieszka, 2014).

Por otro lado, los basidios de casi todos los Gasteromycetes permanecen encerrados dentro del basidioma al menos durante la primera fase de su desarrollo. Por tanto son angiocárpicos, lo cual les separa de la mayoría de basidiomicetes que son gimnocárpicos o hemiangiocárpicos. En algunos casos no se abre incluso al madurar, como sucede en los hipógeos, por lo que es fundamental el papel que desempeñan distintos animales (conejos, ardillas, perros, jabalíes, ciervos, osos, topos, lombrices de tierra, etc.) para la diseminación de las esporas. Generalmente, habitan de forma saprobia en el suelo, en madera muerta o estiércol, ocasionalmente pueden formar micorrizas y pocos se han citado como parásitos. Con relación a la distribución de los Gasteromycetes, abundan en las zonas tropicales y en menor proporción en las regiones templadas, aunque muchos crecen en las partes más áridas del planeta. Desde el punto de vista toxicológico no se han encontrado especies venenosas, por el contrario, algunos estadios inmaduros de ciertas especies de Phallales se utilizan como comestibles (Calonge, 1998).

La clasificación de este grupo según Dring (1973) posee nueve órdenes, sin embargo, Alexopoulos, Mims & Blackwell, (1996) consideró solamente cinco: Lycoperdales, Tulostomatales, Sclerodermatales, Phallales y Nidulariales, además de un grupo informal de hongos secotáceos y falsas trufas. En la actualidad, debido a los estudios de biología molecular se han incluido en la familia Agaricaceae, en la que se ubican 85 géneros entre los cuales están: *Bovista*, *Calvatia*, *Scleroderma* y *Lycoperdon*, entre otros (Cepero et al., 2012).

Respecto al número de especies de Gasteromycetes, Demoulin (1989) reconoció 250 especies para Europa. En España, los últimos catálogos publicados incluye 150 especies, aunque actualmente este número sobrepasa las 200 si se incluye a Portugal (Calonge, 1998).

a. Características macroscópicas

En los Gasteromycetes el basidioma o cuerpo fructífero, presenta una gran variabilidad en tamaño, forma, color y consistencia. El tamaño varía desde los 0.05cm de diámetro hasta 90cm o más. La forma puede ser esférica, globosa, estrellada, capitada, acopada, faloidea y clavada. El basidioma está normalmente delimitado al exterior por una cubierta que recibe el nombre de peridio, cuya anatomía, consistencia, pigmentación, grosor y fragilidad se consideran características taxonómicas importantes. Puede presentar una estructura muy sencilla y llegar a alcanzar los 1.0cm de grosor. En la mayoría de los géneros el peridio se diferencia en una capa externa, exoperidio, y otra interna, endoperidio, cada una de las cuales a su vez, pueden subdividirse en otras (Calonge, 1998). La gleba puede ser compacta, gelatinosa, compartimentada en peridiolos o tener consistencia pulverulenta (Cepero et al., 2012).

b. Características microscópicas

Dentro de la gleba están los basidios, los cuales pueden ser cilíndricos o alargados, con esterigmas largos o cortos y, en algunos casos sin ellos. Al desprenderse las esporas éstas se llevan consigo una porción del esterigma, el cual permanece adherido a las mismas por lo que se dice que son pediceladas. Las esporas representan un carácter importante en la sistemática de estos hongos y generalmente son unicelulares y simétricas. En unas pocas especies son lisas, pero la mayoría son verrugosas, espinosos, reticuladas o estriadas, dependiendo del desarrollo de la pared celular. En general, el número de esporas por basidio es de cuatro, pero no es raro observar especies con seis, ocho e incluso hasta doce esporas por basidio. Los pedicelos pueden ser largos o cortos y curvos (Calonge, 1998).

En algunos grupos como los Lycoperdales y Tulostomatales además de las esporas es posible observar el capilicio, el cual consiste en una masa de hifas

estériles, intrincadas y especializadas. En los Lycoperdales se aprecian dos tipos de capilicio: uno verdadero, formando por hifas con pared celular gruesa, de color pardo, no cianófilas, sin tabiques o con éstos raramente presentes, y otro, denominado paracapilicio, integrado por hifas con pared celular fina, hialinas, cianófilas septadas. Estos dos tipos podrían corresponder a las hifas esqueléticas y generativas de los Aphylophorales. Frecuentemente se dan ambos tipos de capilicio en la misma gleba por lo que se dice que es dimítico (Calonge, 1998).

3. Polyporales

Los Polyporales son un grupo altamente polifilético que se caracteriza por la producción de basidiomas poroides e incluyen alrededor de 1,200 especies. Los hongos incluidos en este grupo poseen basidiomas con una gran variedad de texturas, formas y tamaños (Cepero et al., 2012). Por ejemplo, los hay con forma de repisa y de costra, dentados y claviformes, coracoides y semejantes a coliflor (Herrera y Ulloa, 1988). La consistencia puede ser membranácea, papirácea, carnosa, coriácea, suberosa o leñosa y su persistencia efímera, persistente o perenne. El himenio se forma en una parte o toda la superficie del basidioma, o bien se presenta como alveolos, tubos, dientes o pliegues. Ocasionalmente forman tubos ensanchados, reticulados y anastomosados en forma de canales o láminas (Alexopoulos et al., 1996).

Muchos de ellos no poseen un estípite bien desarrollado y crecen como una costra sobre el sustrato, o en algunos casos, poseen estípites más o menos centrales y crecen en la base de los árboles dando la apariencia de crecer en el suelo (Cepero et al., 2012). La dispersión de las basidiosporas en los Polyporales es principalmente expulsión al aire (Kauserud, Kolman & Ryvarden, 2008).

El tamaño de las esporas y la forma son características ampliamente utilizadas en la taxonomía de este grupo y pueden tener tamaños y formas variables según el género (Kauserud, et al., 2008). Usualmente son pequeñas a

medianas, de pared delgada, hialinas, inamiloides y lisas, algunas son elipsoides y globosas con ornamentaciones, amiloides o dextrinoides y truncadas. El sistema hifal puede ser trimítico, dimítico o monomítico. La ocurrencia de los cistidios es variable (Cepero et al., 2012).

Los géneros de Polyporales se clasifican geográficamente en cosmopolitas y dependientes del clima. Los géneros cosmopolitas incluyen aquellos que se conocen de todos los continentes y en todas las zonas climáticas. Aunque en cada género hay especies con distribuciones más restringidas esto no cambia el patrón general (Kausrud et al., 2008). Los géneros dependientes de clima son aquellos cuya distribución parece estar restringida por factores climáticos, ya sea directamente o indirectamente. En otros casos, puede ser más difícil de ver la verdadera razón de un patrón, pero si una especie o género tiene una amplia gama de huéspedes y no siguen el mismo en todas partes, se asume que algunos factores climáticos están involucrados (Kausrud et al., 2008).

Poseen actividades saprobias que descomponen particularmente la celulosa y la lignina presentes en madera muerta o el xilema no conductor de árboles vivos, por lo que pueden también ser parásitas o patógenas en árboles, cultivos, plantas no vasculares. También pueden formar micorrizas asociadas con árboles de interés forestal. La podredumbre de la madera ocasionada por estos hongos causa que la misma se ablande, lo que hace posible la construcción de cavidades que las aves utilizan como nidos. De hecho, varias especies, se asocian con la podredumbre ocasionada por ciertos Polyporales (Herrera y Ulloa, 1988). También se conocen diversas relaciones específicas entre ciertos grupos de Polyporales y algunos insectos. Algunas especies proveen sitios de alimentación y crianza para algunos escarabajos. Otras especies se asocian a avispas de la familia *Siricidae* y a también a termitas (Alexopoulos et al., 1996).

a. Características macroscópicas

En la descripción macroscópica de especímenes se debe tener en cuenta el tipo de basidioma la forma, apego y color, muchos pueden ser resupinados. El apego del basidioma puede ser sésil o puede estrecharse en la base, la consistencia será leñosa en cuerpos fructíferos con predominio de hifas esqueléticas, blando en monomíticos y duro en sistemas trimíticos. La mayoría de las especies tienen un margen más o menos continuo de varios mm de ancho a menudo blanco o de color claro. En cuanto al olor y sabor la mayoría no presenta olor característico y muchos son amargos. La consistencia del estípote y el color será normalmente la del píleo sin embargo algunas especies puede ser diferente, en la mayoría de los casos esté tienen el mismo ancho desde la base hasta el píleo también el color de la superficie de los poros es característico y distintivo para muchas especies así como la forma de los poros y su tamaño para la mayoría de las especies el número de poros por mm o cm es un carácter bastante consistente aunque los poros a menudo tienen una tendencia a hacerse mayores con la edad y en especímenes grandes (Ryvarden, 2004).

b. Características microscópicas

Los Polyporales están constituidos por tres tipos de hifas (generativas, esqueléticas y de unión). Las hifas generativas se caracterizan por ser septadas, tener paredes delgadas, poseer o no fíbulas y ser ramificadas. Estas hifas se encuentran en alguno de los estados de desarrollo de todos los basidiomas, ya que originan los basidios y también otros tipos de hifas (Cepero et al., 2012). El tipo de septo en las hifas generativas es una característica muy importante en la clasificación de los Polyporales, ya que es constante en una misma especie (Ryvarden, 2004). Las hifas esqueléticas son cenocíticas y no ramificadas, las paredes son gruesas y el lumen obliterado, excepto en algunos ápices que presentan contenidos densos. Las hifas de unión o ligadoras son angostas, de pared gruesa, muy ramificadas y frecuentemente carecen de lumen. La

combinación de hifas en un basidiocarpo forman sistemas míticos y en su categorización se reconocen tres de ellos: a) sistema monomítico, formado por hifas generativas, b) sistema dimítico, formado por hifas generativas y esqueléticas y c) sistema trimítico con hifas generativas, esqueléticas y de unión (Cepero et al., 2012).

Los basidios en los Polyporales tienen un desarrollo continuo durante períodos que varían desde días hasta muchos años. Por consiguiente los basidios se pueden encontrar en todas las etapas de desarrollo en cualquier basidioma con esporulación activa por lo que los especímenes si se recolectan durante los períodos en que la esporulación es inactiva, estos pueden tener pocas esporas o no presentarlas. Esto último probablemente es uno de los problemas más difíciles de la identificación de Polyporales. Muchas especies pueden determinarse fácilmente sin esporas, pero para otras son necesarias para la determinación especialmente en el caso de especies con basidiomas resupinados (Ryvarden, 2004).

La forma de las basidiosporas es importante, y tienden a ser más largas y estrechas a medida que maduran. En la mayoría de Polyporales las basidiosporas son lisas y de paredes delgadas, pero en un número limitado de géneros son ornamentadas con pequeñas verrugas, espinas o estrías longitudinales (Ryvarden, 2004).

Los cistidios son estructuras que sobresalen del himenio y en la superficie de otras estructuras de los cuerpos fructíferos y pueden ser clavados a cilíndricos, de paredes delgadas o gruesas, con o sin cristales, y generalmente, son de mayor tamaño que los basidios (Cepero et al., 2012). Se pueden dividir en dos grupos dependiendo de donde se generan: a) Cistidios de la trama, cuando surgen como lo indica su nombre, en la trama, aunque también pueden encontrarse en los poros, y b) Gloeocistidios, que son de paredes lisas y delgadas, a menudo

tubulares y ligeramente sinuosas, más o menos confinados en el himenio y son infrecuentes (Ryvarden, 2004)

Los Cistidiolos son lisos, de forma clavada, a menudo del mismo tamaño que los basidios y se forman en el himenio. Algunas especies poseen grandes cantidades y en otras los presentan rara vez. Normalmente se pueden distinguir de los basidios inmaduros por el ápice puntiagudo y estrecho, mientras que los basidios inmaduros normalmente se abren un poco más hacia el ápice con una parte superior redondeada (Ryvarden, 2004).

Las Dendrohifas son órganos que se producen en el himenio de un número restringido de Polyporales ramificados. Surgen de un septo, y son ramificados de forma variable. Los vértices exteriores son en su mayoría de paredes muy delgadas y se desmoronan rápidamente con el secado y en muchos casos están incrustados fuertemente con cristales diminutos, por lo que pasan desapercibidos con facilidad (Ryvarden, 2004).

Las clavijas de las hifas se producen en un buen número de Polyporales y se puede ver mejor en las secciones transversales a los tubos. Estas estructuras aparecen como papilas o proyecciones cilíndricas del himenio o pueden representar filas que corren en sentido longitudinal. Se componen de hifas vegetativas entrelazadas y se reconocen fácilmente (Ryvarden, 2004).

D. Importancia de los hongos en los ecosistemas

La estructura de las comunidades de hongos juega un papel importante en la determinación de la biodiversidad dentro de los ecosistemas. Conservan el equilibrio de la naturaleza, puesto que degradan o reciclan casi todos los restos orgánicos e intervienen en la producción del humus del suelo, lo cual es muy importante para su fertilidad y es indispensable para la biosfera (Morris & Robertson, 2005).

E. Bosques de *Quercus*

El género *Quercus* pertenece a la familia Fagaceae y se conoce popularmente como encino o roble (Valle, 1982). Consiste en árboles gigantescos con troncos agrietados, con copa de gran envergadura, que alcanza dimensiones importantes y edades elevadas (Volák y Stodola, 1989).

Las hojas son simples alternas, caducas, con limbo de 5 a 12 cms. de largo, de 4 a 8 cms. de ancho, de 3 a 5 lóbulos redondeados a cada lado del nervio principal, más ensanchado en el tercio superior, acorazonadas u oval-oblongas, totalmente lampiñas en las dos caras, con el haz más verde que envés, de consistencia coriácea y con pecíolo cortísimo (2 a 7 mm). Las estipulas son muy pequeñas y estrechas (Manterola, 1999).

Los robles poseen flores monoicas, las estaminíferas forman amentos, las femeninas son sésiles y salen de los brotes superiores. La polinización está ayudada por el viento, su fruto es un aquenio de una única almendra y la bellota es soportada por una cápsula poco profunda. Las bellotas son grandes, solitarias, cilíndricas o globosas, siendo la cascara dura y gruesa (Volák y Stodola, 1989).

En América, su distribución se restringe a elevaciones superiores a los 500 m hasta los 3500 msnm, tales como las sierras de México y Cuba, las montañas de Belice, Guatemala y las tierras altas de Honduras y Nicaragua, las cordilleras de Panamá y los Andes Colombianos (García, Becerra, Quintanar, Ramos y Hernández, 2014).

El género *Quercus* está ampliamente distribuido en Guatemala, por lo que es fácil observar a alguna de sus especies en cualquier parte, sin embargo se encuentra específicamente en una faja ancha que atraviesa el país de este a oeste, desde El Salvador hasta Chiapas, en la región conocida como meseta central y altiplano, que corresponde a la zona de vida del bosque húmedo

Subtropical Cálido, Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical, Bosque Húmedo Subtropical Templado y ocupan un área aproximada de 53,144 kms², que corresponden al 48.8 por ciento de la totalidad del país (Valle, 1982).

F. Estudio de hongos Gasteromycetes y Polyporales en Guatemala

Morales, García, Cáceres, Bran, Gurriarán y Flores (2009) revisaron bibliografías de publicaciones sobre macrohongos en las cuales se identificaron especies de Gasteromycetes de Guatemala, en un lapso de 60 años (1948 a 2008). Las especies de Gasteromycetes enlistadas fueron 21, pertenecientes a 12 géneros con un acumulado de 0.35 especies/año. *Cyathus olla*, *L. perlatum* y *Scleroderma verrucosum*, fueron las especies de más amplia distribución, encontrándose en diferentes tipos de bosques y localidades. Dentro de las especies con distribución restringida se encuentran *Calostoma cinnabarinum* y *Tulostoma brummale*, así como *L. marginatum* y varias especies de *Geastrum*.

Años más tarde Flores, Comandini & Rinaldi (2012) presentaron una lista preliminar de los macrohongos de Guatemala con notas sobre comestibilidad y conocimiento tradicional, en el estudio se reportaron 21 departamentos del país, en el que se encontraron 60 especies de Polyporales también se describen especies de Gasteromycetes como *Calvatia lilacina* y *C. cyathiformis* utilizadas localmente como sustancias curativas y hemostáticos para heridas, así mismo *Geastrum* y *Lycoperdon* usados como sustancias cicatrizantes para tratamiento de quemaduras en niños, especímenes secos de *L. marginatum* son utilizados para curar y desinfectar heridas y como tratamiento para picadura de abeja.

G. Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

La granja experimental de la Facultad de Veterinaria tiene una extensión de 14 hectáreas, está localizada en la ciudad universitaria de la zona 12, ciudad de Guatemala (Anexo 1). Se encuentra dentro de la zona de vida “bosque húmedo subtropical templado”, a una altitud de 1551.5 m.s.n.m., con una temperatura que oscila entre 20 – 26 grados centígrados y una precipitación pluvial entre 1,100 – 1,345 mm / año distribuidas de mayo a noviembre, la humedad relativa media anual es de 78% (Cruz, 1982)

IV. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, los estudios realizados sobre diversidad de macrohongos en su mayoría han sido sobre las especies del orden Agaricales debido en parte a que es el grupo más grande dentro de los macrohongos, aunado a que la información disponible para su estudio e identificación es diversa. Sin embargo, si se toma en cuenta que el país es considerado megadiverso, el número de especies de hongos reportadas es muy escaso.

Por tal razón, en este trabajo se propuso estudiar las especies de Polyporales y Gasteromycetes que se desarrollan en el bosque de la Granja Experimental de la Facultad de Veterinaria, ya que a pesar de que muestran una gran diversidad de especies, así como importancia ecológica, es casi inexistente la información acerca de este grupo en nuestro país. Asimismo, la información generada en este trabajo sobre este grupo de hongos en el país contribuirá con la valoración biológica de dicha área y así contribuir con su conservación.

V. OBJETIVOS

General

- Estudiar macrohongos Gasteromycetes y Polyporales asociados a *Quercus* en el bosque de la Granja Experimental de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

- Describir las especies de macrohongos Gasteromycetes y Polyporales, a través de características macro y microscópicas.
- Determinar la riqueza específica de macrohongos Gasteromycetes y Polyporales, a través de la elaboración de un listado de especies.

VI. HIPÓTESIS

Por tratarse de un estudio descriptivo no se plantea hipótesis

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

La totalidad de macrohongos Gasteromycetes y Polyporales en el país.

B. Muestra

Los macrohongos Polyporales y Gasteromycetes que crecen en la Granja Experimental de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, recolectados en el área del bosque, cada 15 días haciendo siete recolectas.

C. Recursos

1. Humanos:

a. Asesores responsables

Lic. Osberth Morales

Licda. María del Carmen Bran

b. Estudiante

Celeste Anaís Castañaza Guzmán

2. Materiales

- Canasta de mimbre
- Papel encerado
- Navaja o cuchillos
- Lápiz
- Borrador
- Hojas papel bond
- Bolsas plásticas gruesas
- Papel mayordomo

- Papel limpia lentes
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Hojas de afeitar / bisturí / cuchillas
- Cuaderno cocido para realizar apuntes

3. Reactivos

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

4. Equipo

- Estufa eléctrica
- Cámara fotográfica
- Microscopio Leica ® modelo CME con objetivo 100x de medición en micrómetros.
- Estereoscopio Jaeger ®

5. Institucionales

- Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Micoteca “Rubén Mayorga Peralta” –MICG- del Departamento de Microbiología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Departamento de Microbiología, Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

6. Económico

- Los reactivos utilizados para el estudio así como el estereoscopio y microscopio fueron proporcionados por el departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

E. Diseño experimental

1. Tipo de estudio

Fue de tipo prospectivo, longitudinal y descriptivo

2. Unidad de análisis

El estudio está basado en los especímenes recolectados en el área del bosque durante siete recolectas, cada una de ellas con un intervalo de 15 días.

F. Procedimiento

1. Recolección de especímenes Gasteromycetes y Polyporales

El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Halling & Mueller, (2005).

- Los especímenes fueron recolectados en el área del bosque a través del método oportunístico, por lo que los lugares de recolecta fueron diferentes en cada muestreo, de manera que no se tomaron coordenadas de los puntos donde se recolectaron los macrohongos.
- Se tomaron fotografías de cada hongo para crear un registro macroscópico de los hongos basidiomicetes *in situ*.
- Se tomaron notas del hábitat y el sustrato (madera, el suelo, hojarasca). Para los hongos que fueron encontrados en madera, se cortó parte del sustrato

junto con el hongo, para los que fueron encontrados en el suelo se utilizó un cuchillo con el cual se cavó alrededor del cuerpo fructífero a fin de obtener el espécimen intacto y por último para los encontrados en ramas u hojarasca se tomó el espécimen con parte del sustrato.

- Una vez recolectados, fueron envueltos con cuidado en papel encerado y se les asignó un código específico.
- Todos los especímenes fueron transportados en una canasta de mimbre y llevados de inmediato al laboratorio.

2. Descripción macroscópica de los cuerpos fructíferos

Para descripción de Gasteromycetes, el procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Calonge, (1998). Se tomó en cuenta las siguientes características: Tamaño, forma, consistencia y color del basidioma.

Para descripción de Polyporales, el procedimiento se realizó de acuerdo con lo Ryvarde, (2004). Se determinaron las siguientes características: Forma, color, y consistencia del píleo, tipo de unión del píleo con el sustrato, tipo de láminas o tubos / poros y tamaño y forma del estípite.

3. Descripción microscópica de especies

Se realizó de conformidad con lo recomendado por Calonge, (1998) y Ryvarde, (2004).

- Todos los especímenes fueron cortados triangularmente con ayuda de un estereoscopio y una hoja de afeitar.
- A cada fragmento obtenido se le realizaron cortes más finos de forma transversal.
- A los fragmentos resacos o quebradizos, se les añadió una gota de etanol al 95% para humedecerlos previo a realizar los cortes.

- De cada espécimen se observaron tres cortes en distintas preparaciones, una con reactivo de Mezler, otra con KOH al 5% y otra con Rojo Congo.
- Las preparaciones fueron observadas en un microscopio óptico, y se describieron sus características microscópicas.
- Para la identificación de su género se usaron las claves dicotómicas, según los criterios propuestos por Gilbertson & Ryvardeen, (1986), Ryvardeen, (2004), Calonge, (1998).

4. Tratamiento de especímenes

Se utilizó el método recomendado por Mueller, Bills & Foster (2004).

- Cada espécimen recolectado se colocó individualmente en una bandeja de papel con una ficha de datos con el código del espécimen, el número correlativo de recolecta, la fecha de recolección, el recolector y el sustrato.
- Todas las bandejas fueron colocadas en una desecadora por 24 horas a 65°C.
- Posteriormente los especímenes se guardaron en una bolsa plástica individual y fueron tratados por 48 horas en el congelador a -8°C.
- Por último se extrajeron los especímenes de las bolsas y se colocaron en las bandejas para desecarlos una vez más durante 24 horas.
- Los especímenes se colocaron individualmente dentro de una bolsa de nylon junto con la ficha de datos y esta fue sellada para su almacenamiento en la Micoteca “Rubén Mayorga Peralta” –MICG-.

4. Análisis de datos

Se calculó la riqueza específica, la cual se define como, el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

VIII. RESULTADOS

A. Riqueza específica

Se recolectaron 30 especímenes en el sitio de muestreo y se identificaron 11 familias y 13 géneros y especies, de los cuales, *Pecipes badius* (Pers.) Schwein es un nuevo registro para el país. (Tabla 1).

Tabla 1. Género y especies recolectadas en la Granja Experimental de la Facultad de Veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Phylum / Orden	Familia	Género y especie
Basidiomycota		
Agaricales	Agaricaceae	<i>Calvatia</i> sp.
	Fistulinaceae	<i>Pseudofistulina radicata</i> (Schwein.) Burds.
	Pterulaceae	<i>Pterula</i> sp.
Boletales	Sclerodermataceae	<i>Scleroderma areolatum</i> Ehrenb.
Cantharellales	Cantharellaceae	<i>Cantharellus lateritius</i> (Berk.) Singer.
Gomphales	Gomphaceae	<i>Ramaria</i> sp.
Hymenochaetales	Hymenochaetaceae	<i>Hymenochaetaceae</i> sp.
Lycoperdales	Lycoperdaceae	<i>Langermannia</i> sp.
Polyporales	Polyporaceae	<i>Favolus tenuiculus</i> P. Beauv.
		<i>Pecipes badius</i> (Pers.) Schwein.*
		<i>Lentinus tricholoma</i> (Mont.) Zmitr.
	Meruliaceae	<i>Irpex lacteus</i> (Fr.) Fr.
Ascomycota		
Pezizales	Morchellaceae	<i>Morchella guatemalensis</i> Guzmán, M.F. Torres & Logem.

* Nuevo reportes para Guatemala

B. Descripción taxonómica

1. Gasteromycetes

a. *Calvatia* sp.

Cuerpo fructífero globoso de 5.4-10.4 cm de diámetro y de 6.6-7.8 cm de altura, de color café oscuro en especímenes maduros y café claro en jóvenes. Epígeos, de fácil desprendimiento al sustrato, color café. Exoperidio con dos capas, la primera con abundantes esferocistos de 13.0-44.0 x 5.0-16.0 μm y la segunda con hifas de 3.0-6.0 μm de ancho. Gleba pulverulenta de superficie seca mate, Capilicio entrelazado de tipo Lycoperdon de 2.0-5.0 μm de ancho. Esporas de 3.0-5.0 μm , esféricas, ligeramente verrugosas incoloras en KOH, dextrinoide. Sabor y olor no determinado.

Habito: Disperso

Hábitat. Humícola, sobre hojarasca de *Quercus* sp.

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, Municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 16 de junio de 2014, C. Castañaza 04. 22 de septiembre de 2014, C. Castañaza 15. 07 de octubre de 2014, C. Castañaza 18 y 23.

b. *Langermannia* sp.

Cuerpo fructífero globoso, color amarillo a café de 2.6-2.8 cm de diámetro, con escamas color pardo. Gleba blanca a pardusca, subgleba no observada. Capilicio amarillento o pardusco de 3.0-4.0 μm . Estípite de 0.3-0.4 cm, ápice de 0.2 cm y base de 0.2 cm. Esporas globosas, ovoideas o elipsoideas ligeramente verrugosas de 3.0-4.0 x 4.0-6.0 μm con pedicelos cortos. Esferocistos de 13.0-27.0 x 11.0-22.0 μm , Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Humícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 16 de junio de 2014, C. Castañaza 08. 07 de octubre de 2014, C. Castañaza 24.

c. *Scleroderma areolatum* Ehrenb.

Cuerpo fructífero globoso de 1.6-4.6 cm de diámetro, ligeramente pseudoestipitado de 0.2-2.2 cm de largo, Exoperidio frágil con escamas color pardo amarillento oscuro bien delimitadas rodeadas por una aréola más clara, amarillenta. Gleba pulverulenta de color café, con hifas de 3.0-6.0 μm de ancho, hifas de endoperidio y exoperidio no observadas. Esporas de 8.0-14 μm , con espículas de 1.0-4.0 μm , globosas. Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Humícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, Municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 22 de septiembre de 2014, C. Castañaza 16. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 31.

2. Polyporales

a. *Favolus tenuiculus* P. Beauv.

Píleo dimidiado de 2.6-6.4 cm de diámetro, margen incurvado a lobulado, borde crenado, consistencia carnosa, suave cuando está fresco, ligero y quebradizo cuando está seco, superficie blanca amarillenta a beige o de color variable. Contexto de menos de 0.1 cm de grosor, compacto simple y delgado, blanquecino a amarillento. Himenio poroide, con poros de 0.1-0.2 cm de diámetro, angulares a

hexagonales a radialmente elongados en los bordes, de paredes finas de color blanquecino. Estípites de 1.6-0.8 cm, ápice de 1.1-0.9 cm, base de 0.4-0.2 cm. Sistema hifal monomítico con hifas generativas de 2.0-4.0. Esporas lisas de 7.0-10.0 x 3.0-4.0 μm . Sabor y olor no determinado.

Hábito: Gregario.

Hábitat: Humícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 16 de junio de 2014, C. Castañaza 03. 22 de septiembre de 2014, C. Castañaza 17.

b. *Hymenochaetaceae* sp.

Basidioma anual, de resupinado a efuso-reflejado, fuertemente adherido al sustrato, en algunas especies imbricado con píleo angosto, velutinoso, tomentoso o con pelos muy largos y ramificados. Himenóforo tuberculado a hidnoide, de color café dorado, a café rojizo oscuro. Sistema hifal dimítico, con hifas generativas de 2.0-4.0 μm de ancho, con septos simples, hifas esqueléticas de 4.0-7.0 μm de ancho, de amarillentas a café amarillentas de pared gruesa. Esporas de 6.0-8.0 x 3.0-4.0 μm de globosas a elipsoides. Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Lignícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 02 de julio de 2014, C. Castañaza 11, 12. 22 de septiembre de 2014, C. Castañaza 20. 07 de octubre de 2014, C. Castañaza 25, 26. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 32, 34, 36.

c. *Irpex lacteus* (Fr.) Fr.

Cuerpo fructífero efuso reflejo de 1.0-5.0 cm de largo por 1.0-2.0 cm de proyección en forma de concha dentadas de color blanco-crema. Himenio con dientes aplanados y anchos, de color blanco a crema. Contexto blanco, delgado de consistencia fibrosa y coriácea en tiempo seco. Sistema hifal dimítico con hifas esqueléticas de pared gruesa, escasamente ramificadas de 0.6-0.8 μm e hifas generativas de 4.0-6.0 μm con fíbulas de paredes delgadas y cistidios incrustados. Esporas de 3.0-4.0 x 3.0-6.0 μm . Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Lignícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 3.

d. *Lentinus tricholoma* (Mont.) Zmitr.

Cuerpo fructífero centralmente estipitado, píleo de 0.9-5.4 cm de diámetro, plano a deprimido en el centro de 0.5-2.0 cm de espesor, de color amarillo pálido brillante a café dorado, superficie ligeramente rugosa, margen crenado borde con pelos de 0.2 cm de longitud. Himenoforo poroide de 0.4-6.0 cm, circulares de color amarillo claro. Estípite de 1.3-3.8 cm unidos en grupos. Esporas oblongas a cilíndricas de 6.0-12.0 x 3.0-5.0 μm lisas, hialinas, inamiloides y de pared delgada. Sabor y olor no determinado.

Hábito: Gregario

Hábitat: Lignícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 07 de octubre de 2014, C. Castañaza 29. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 37.

e. *Pecipes badius* (Pers.) Schwein.

Cuerpo fructífero circular, centralmente estipitado, en forma de copa, con borde ondulado, de 1.9-4.3 cm de diámetro. Superficie de color marrón negruzco, más oscuro en el centro, de textura rugosa; superficie del poro color beige pálido. Estípite de 1.8-2.3 cm negro, tomentoso en la base. Ápice de 0.2-0.5 cm y base de 0.3-0.4 cm. Hifas generativas de 3.0-5.0 μm con fíbulas e hifas esqueléticas de 3.0-6.0 μm . Esporas de 8.0-9.0 x 3.0-5.0 μm . Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Lignícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 16 de junio de 2014, C. Castañaza 07.

f. *Pseudofistulina radicata* (Schwein.) Burds

Píleo de 2.3-3.1 cm de diámetro, flabeliforme a reniforme, aterciopelado, margen ondulado, color marrón. Himenio con poros diminutos, color rosáceo. Estípite de 15.2-17.3 cm de longitud, ápice de 0.6-0.8 cm de diámetro y base de 0.5-0.7 cm, color café claro, con pseudoriza. Sistema hifal dimítico con hifas esqueléticas de 4.0-7.0 μm de ancho con septos, acantofisas de 1.0-3.0 μm de ancho, con incrustaciones cristalinas. Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Hojarasca de *Quercus* sp. Humícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, Municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 07 de octubre de 2014, C. Castañaza 28. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 39.

3. Otras especies recolectadas

a. *Cantharellus lateritius* (Berk.) Singer.

Píleo de 3.5-8.5 cm de diámetro, plano a plano-convexo, margen recto a decurvado, lobulado, borde ondulado, entero, superficie seca, escamosa imbricada, color amarillo pálido con escamas de color café. Contexto de 0.3-0.7 cm de grosor, fibriloso, color blanco. Himenio liso a ruguloso, opaco, color amarillo pálido, subdecurrente. Estípite de 3.2-5.1 cm de longitud, 0.5-1.5 cm de diámetro en el ápice, 0.4-0.5 cm en la base, central a excéntrico, cilíndrico a aplanado, clavado, color amarillo pálido a blanquecino, opaco, contexto homogéneo, fibriloso, olor blanco. Esporas de 5.0-9.0 x 4.0-7.0 μm , elipsoides. Sabor y olor aceitoso.

Hábito: Gregario.

Hábitat: Humícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 07 de julio de 2014, C. Castañaza 22. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 38.

b. *Morchella guatemalensis* Guzmán, M.F. Torres & Logem.

Cuerpo fructífero erecto de 4.5-10.0 cm de alto, simple, píleo estrechamente cónico y anastomosado, costillas que separan alveolos del himenio. Alveolos cortos e irregulares. Estípite con depresiones, quebradizo, base bulbosa y surcado en la base. Color amarillento, alveolos alargados e irregulares y la base del estípite se ruboriza de manchas rojizas marrón. Ascas de 215.0-280.0 μm x 12.0-15.0 μm , operculadas, unitunicadas, inamiloides en reactivo de Melzer. Paráfisis de 245.0-380.0 μm x 17.5-25.0 μm , más delgadas que las ascas, tunicadas y más anchas en la parte apical. Esporas elipsoides a oblongo-elipsoides, unicelulares,

lisas, hialinas y la pared celular es muy gruesa de 15.0-21.0 μm x 9.0-13.0 μm . Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Humícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 02 de julio de 2014, C. Castañaza 13.

c. *Pterula* sp.

Ramificaciones abundantes en forma de clavos, asimétrica, aplanadas, ápices redondeados, color café oscuro de 2.3-4.9 cm de largo y 0.1 cm de ancho. Estípote corto de 0.4 cm de largo y 0.5 cm de ancho con base subbulbosa, color café. Esporas de 5.0-8.0 x 4.0-5.0 μm , sistema hifal dimítico con hifas esqueléticas de 3.0-5.0 μm de ancho e hifas generativas de 2.0-5.0 μm . Sabor y olor no determinado.

Habito: Disperso

Hábitat: Humícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, Municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 07 de octubre de 2014, C. Castañaza 30. 23 de octubre de 2014, C. Castañaza 33.

d. *Ramaria* sp.

Cuerpo fructífero de 2.4-5.7 cm y ancho entre 0.2-0.3 cm. Ramificaciones más o menos dicotómicas simétricas, de tipo coraloide, ligeramente aplanadas, que surgen desde una misma base común, ápice. Color café claro. Estípote de 1.5 cm de largo y 2.0-3.0 cm de ancho. Esporas elipsoides verrugosas de 8.0-10 x 4.0-5.0

μm , hifas esqueléticas de 1.0-3.0 μm de ancho e hifas generativas de 3.0-5.0 μm de ancho. Sabor y olor no determinado.

Hábito: Disperso

Hábitat: Humícola

Localidad: Guatemala, Departamento de Guatemala, municipio de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12, Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 02 de julio de 2014, C. Castañaza 13.

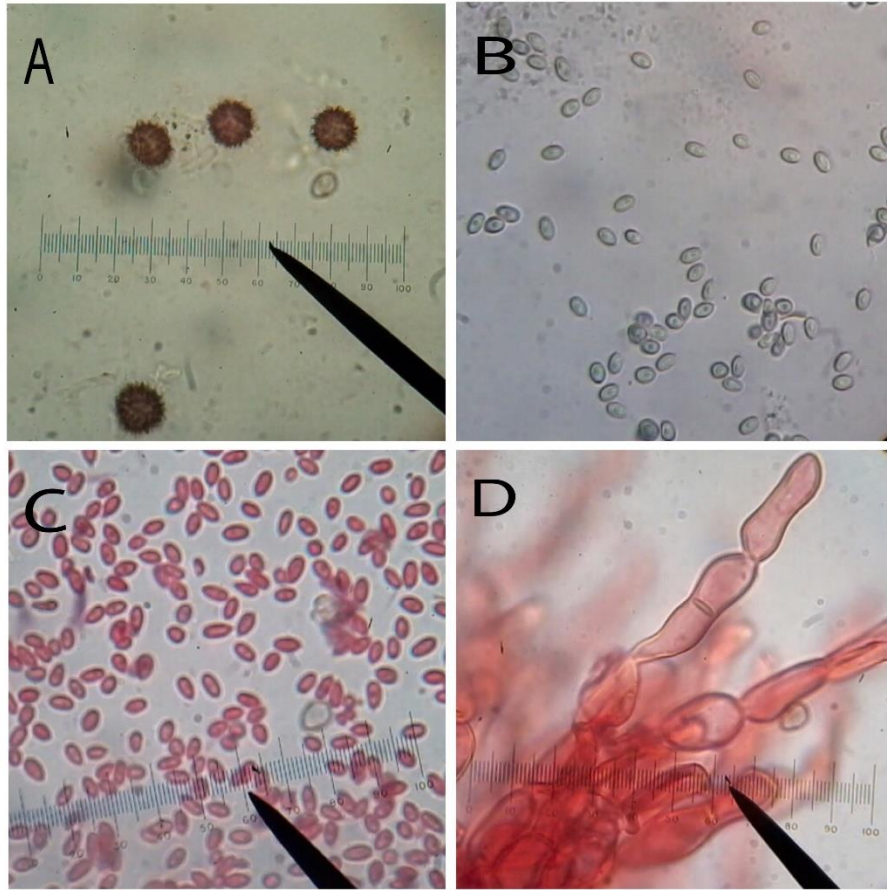


Figura 1. Estructuras microscópicas de algunos macrohongos Gasteromycetes. **A.** Esporas espículadas de *S. areolatum*. **B.** Esporas elipsoides de *Langermannia* sp. en KOH. **C.** Esporas elipsoides de *Langermannia* sp. en Rojo Congo. **D.** Esferocistos de *Calvatia* sp. en Rojo Congo.

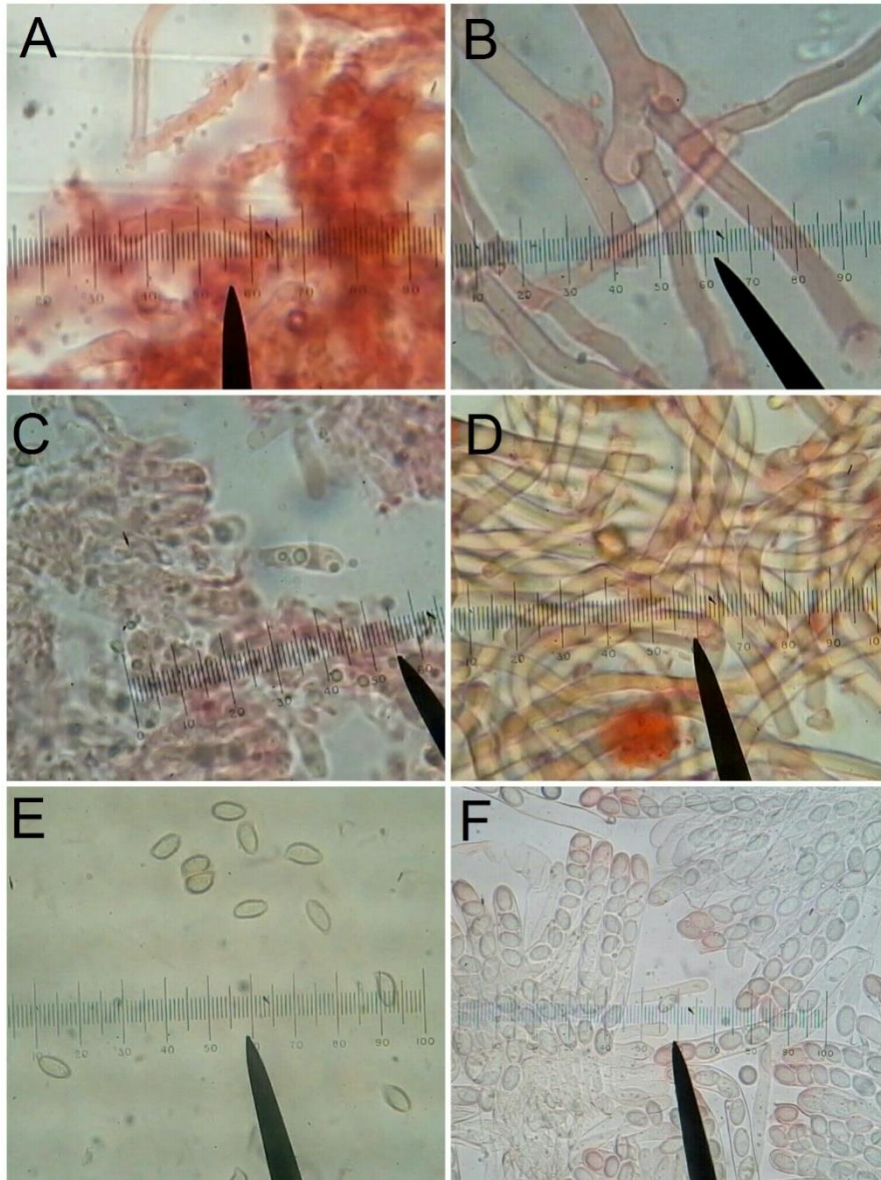


Figura 2. Estructuras microscópicas de algunos macrohongos Polyporales. **A.** Hifas esqueléticas de *P. radicata* con acantofisas. **B.** Hifas generativas de paredes delgadas con fíbulas de *I. lacteus*. **C.** Basidios de *Pterula* sp. **D.** Hifas de *Hymenochaetaceae* sp. **E.** Esporas elipsoides y verrugosas de *Ramaria* sp. en KOH. **F.** Ascas con esporas elipsoides de *M. guatemalensis*.

IX. DISCUSIÓN

La diversidad de hongos Gasteromycetes y Polyporales en Guatemala ha sido poco estudiada, por lo que en este estudio se determinó la riqueza y se realizó la descripción e identificación taxonómica de especies de macrohongos Gasteromycetes y Polyporales asociadas a *Quercus* sp. encontrados en la granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Respecto a los gasteromycetes, Morales et al., (2009) citaron 21 especies para el país, las cuales fueron reportadas en un lapso de 60 años. Dicho estudio también indicó que en el departamento de Guatemala se desarrollan *Astraeus hygrometricus*, *Calvatia cyathiformis*, *Geastrum pectinatum*, *Lycoperdon perlatum*, *Pisolithus arhizus*, *S. bovista*, *S. verrucosum* y *Vascellum intermedium*. Los resultados de este estudio coinciden con lo anteriormente mencionado, ya que también se encontraron los géneros *Calvatia* y *Scleroderma* y se aporta *Langermania* a la diversidad del departamento de Guatemala. Por otra parte, *S. areolatum* también fue reportado por Morales et al., (2009) y se ha reportado también de México y Costa Rica, ya que es una especie de amplia distribución (Guzmán, Cortés-Pérez, Guzmán-Dávalos, Ramírez-Guillén & Sánchez-Jácome, 2013).

En este estudio se reportaron seis especies de Polyporales, de las cuales las más relevantes fueron *F. tenuiculus* y *P. radicata*, ya que han sido citadas como comestibles en el país y juegan un papel importante en la economía de la población. Por ejemplo, se ha indicado que *F. tenuiculus* se consume en el departamento de Sololá (Sommerkamp, 2009; Morales, Bran y Cáceres, 2010) y en la región de Lachuá en Cobán, Alta Verapaz (Quezada & López; 2004). Por otra parte, *P. radicata* se consume en las cabeceras departamentales de Guatemala, Suchitepéquez y Santa Rosa (Sommerkamp, 2009), así como en Huehuetenango y varios municipios de Sololá (Morales et al., 2010). Es importante

mencionar que *F. tenuiculus* se consume también en Brasil, Guyana, México y Venezuela (Garibay-Orijel, Ruán-Soto y Estrada-Martínez, 2010).

Otros Polyporales encontrados fueron *L. tricholoma*, *P. badius*, e *I. lacteus*. Las cuales se suman a los listados presentados para al país (Ponce, 2005; Flores et al., 2012). *L. tricholoma* es una especie de amplia distribución en el neotrópico aunque muy raro en el paleotrópico. Por otra parte *P. badius* se distribuye en Asia, Europa, Norteamérica y Costa Rica (Nunez & Ryvardeen, 1995; Carranza & Ruiz-Boyer, 2005). *I. lacteus* es una especie cosmopolita y en América se ha reportado en Canadá y Estados Unidos, Costa Rica y México (Guzmán & Ovrebo, 2000; Rivarden, 2004; Carranza & Ruiz-Boyer, 2005).

Por otra parte, se desconoce si alguno de los hongos que pertenecen a la familia Hymenochaetacea coincide con los encontrados por Ponce (2012) debido a que fue imposible la identificación por los métodos taxonómicos tradicionales ya que no se observaron estructuras microscópicas esenciales como la presencia de esporas. En general, la identificación de los integrantes de esta familia es complicada puesto que posee 23 géneros y 443 especies (Hawksworth, Kirk, Sutton & Pegler, 1995).

Con respecto a los hongos adscritos a los géneros *Pterula* y *Ramaria*, no pudieron identificarse hasta especie debido a que fueron muy pocos los cuerpos fructíferos recolectados y no presentaron esporulación. En futuros estudios será necesario obtener nuevos ejemplares para completar la identificación taxonómica. Cabe mencionar que estos géneros también fueron citados en un estudio llevado a cabo en los bosques tropicales de Jalisco, México, en el cual tampoco lograron identificarlos hasta especie (Ramírez-López, Villegas-Rios, Cano-Santana, 2012).

Por otra parte, el género *Ramaria* cuenta con varias especies identificadas en Guatemala, entre ellas, *R. araiospora*, *R. botrytis*, *R. flava*, *R. flavobrunnescens*, *R. stricta*, *R. xanthosperma*, las cuales fueron recolectadas en los departamentos

de Chimaltenango, Guatemala, Sacatepéquez, Alta Verapaz y Quiché (Flores et al., 2012).

Con respecto a *C. lateritius*, dicha especie ya había sido citada anteriormente de los departamento de Guatemala y Sacatepéquez y se utiliza como un hongo comestible (Flores et al., 2012). Se ha indicado que se desarrolla desde el este de América del norte hasta Colombia y, en Costa Rica, su distribución está restringida a los bosques dominados por *Quercus*, ya que se trata de un hongo ectomicorrícico (Mata, Halling y Mueller, 2005). En Colombia se citado también una variedad del mismo (Franco-Molano y Uribe-Calle, 2000).

Así mismo, se indica que la especie *M. guatemalensis* identificada en este estudio, es un hongo que fue descrito como especie nueva para Guatemala en el año 1985 y que crece en bosques de *Quercus* y *Cupressus*, además de ser comestible (Guzmán, Torres, Logemann, Argueta & Sommerkamp, 1985). Posteriormente también ha sido citada como un hongo comestible por Morales, Bran, Cáceres y Flores (2003), así como por Flores et al., (2012) y se ha encontrado en los departamentos de Chiquimula, Guatemala y Sacatepéquez. En México se ha reportado de Jalisco, Morelos, Michoacán y Veracruz (Guzmán & Tapia, 1998). Lo anterior es de suma importancia ya que por ser *M. guatemalensis* una especie propia de Guatemala, se debe promover la conservación del hábitat donde se desarrolla.

Finalmente, los bosques de *Quercus* son hábitat de muchas especies de hongos y en el país en este tipo de bosque se ha encontrado la mayor diversidad de hongos comestibles reportados para Guatemala (Quezada, Rodas y Marroquín, 2016).Lo anterior se evidenció en este estudio ya que los hongos recolectados fueron saprobios que se desarrollan en restos orgánicos provenientes de la hojarasca, así como ectomicorrícicos, los cuales establecen relación simbiótica con *Quercus*. En consecuencia dada la importancia de dichos hongos en los bosques de *Quercus* se deben preservar los que se encuentran dentro del campus

de la Universidad, no solo por los beneficios ambientales que brindan, sino también por la biodiversidad que albergan.

X. CONCLUSIONES

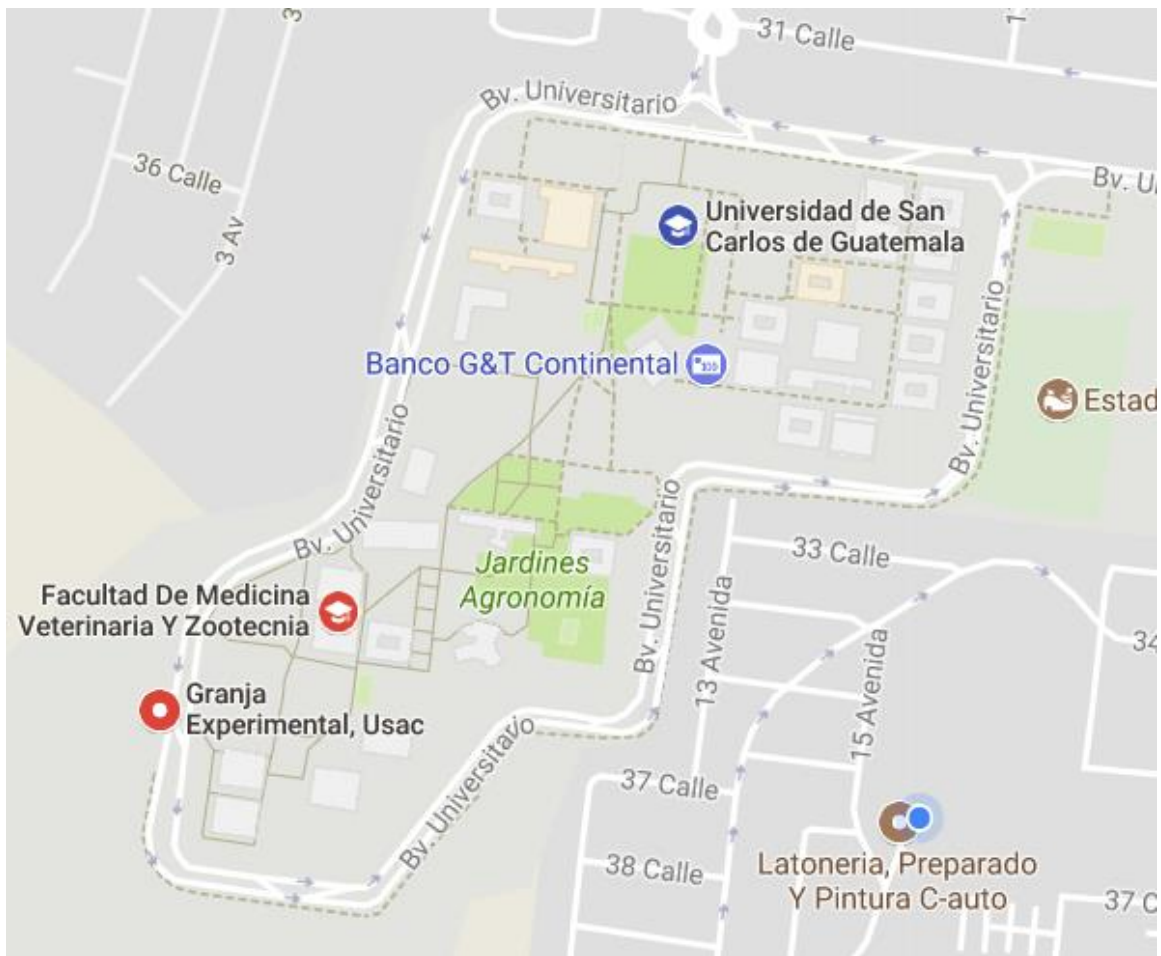
- Se describieron 30 especímenes de macrohongos los que correspondieron a 13 especies, de las cuales *P. badius* constituyó un nuevo registro para el país.
- La riqueza específica encontrada en el sitio de estudio fue de 13 especies.

XI. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones sobre Gasteromycetes y Polyporales ya que en el país no existe la suficiente información de las especies que integran estos grupos.
- Continuar realizando estudios sobre la gran diversidad de macromicetos en Guatemala, con el fin de contribuir al conocimiento de los hongos del país y a la conservación de los diferentes hábitats que los albergan.

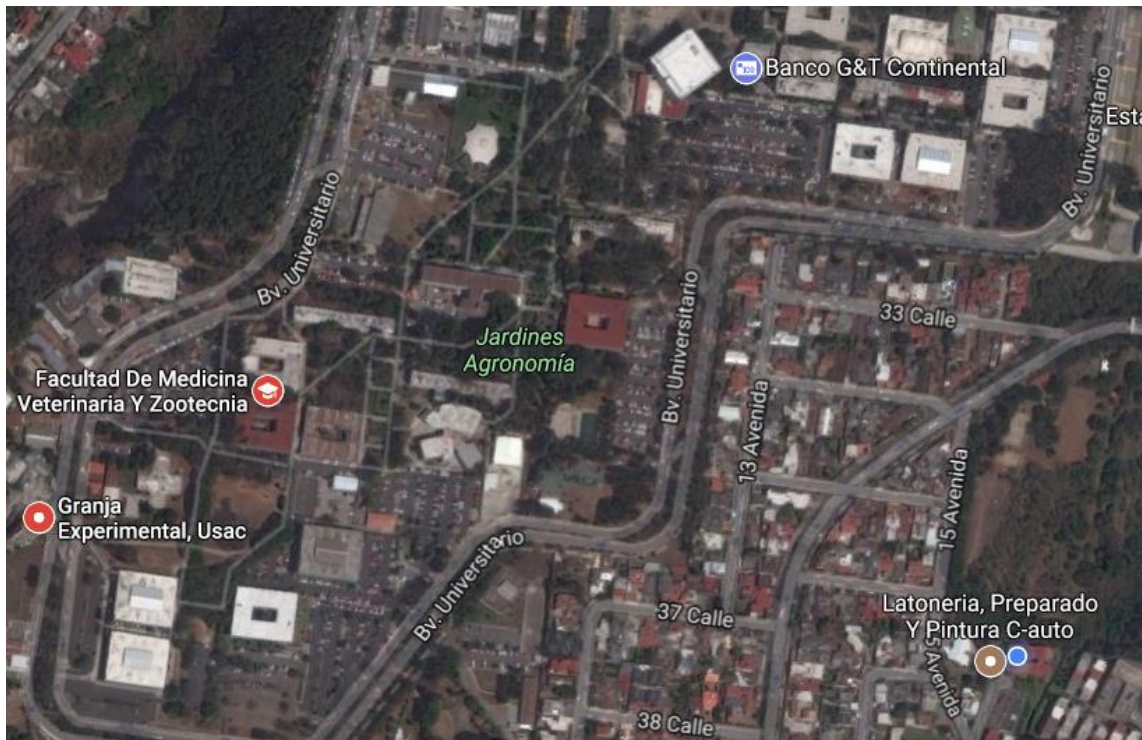
XII. ANEXOS

Anexo 1. Mapa del bosque de la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Fuente: Datos del mapa © 2017 google.

Anexo 2. Mapa satelital del bosque de la Granja Experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.



Fuente: Imágenes © 2017 Digital Globe, Datos del Mapa © 2017 google.

XIII. REFERENCIAS

- Alexopoulous, C., Mims, C. & Blackwell, M. (1996). *Introductory Mycology*. (4th Ed.). New York: John Wiley and Sons Inc.
- Arenas, R. (2011). *Micología médica ilustrada*. (4^a Ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Blackwell, M. (2011). The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany*, 98(3), 426-438.
- Calonge, F. (1998). Gasteromycetes, I., Lycoperdales, Nidulariales, Phalles, Sclerodermatales, Tucostomatales. *Flora Mycológica Ibérica*, 3, 1-271.
- Carranza, J. & Ruiz-Boyer, A. (2005). Checklist of Polypores of Costa Rica. *Revista Mexicana de Micología*, 20, 45-52.
- Cepero, M., Restrepo, S., Franco-Molano, A., Cárdenas, M. y Vargas, N. (2012). *Biología de hongos*. Bogotá: Editorial Uniandes.
- Cruz, J. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; según sistema Holdridge*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal.
- Dávila, G. y Vásquez, R. (2001). Enzimas ligninolíticas fúngicas para fines ambientales. *Mensaje Bioquímico*, 30, 29-55.
- Demoulin, V. (1989). Establishing a check-list of macromycetes: The European Gasteromycetes. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 46(1), 155-160.
- Dring, D. (1973). Gasteromycetes. (Pp.451-478). In G. Ainsworth & A. Sussman (Eds). *The fungi*. New York: Academic press.

- Esser, K., Kues, U. & Fisher, R. (2006). *The mycota I: Grow differentiation and sexuality*. (2th Ed.). Berlín: Springer.
- Flores, R., Comandini, O. & Rinaldi, A. (2012). A preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge. *Mycosphere*, 3(1), 1-21.
- Franco-Molano, A. y Uribe-Calle, E. (2000). Hongos Agaricales y Boletales de Colombia. *Biota Colombiana*, 1(1), 25-43.
- García, Y., Becerra, J., Quintanar, P., Ramos, M. y Hernández, A. (2014). *La bellota de Quercus insignis Martens & Galeotti, 1843, la más grande del mundo*. *Cuadernos de Biodiversidad*, 46, 1-8.
- Garibay-Orijel, R., Ruán-Soto, F. y Estrada-Martínez, E. (2010). El conocimiento micológico tradicional, motor para el desarrollo del aprovechamiento de los hongos comestibles y medicinales. (Pp. 243-270). 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*. Puebla: Colegio de Postgraduados.
- Gilberston, R., & Ryvarde, L. (1986). *North American Polypores* (Vol. 1). Oslo: Gronlands Grafiske.
- Guzmán, G., Torres, M., Logemann, H., Argueta, J. & Sommerkamp, Y. (1985). Fungi from Guatemala, I. A new species of *Morchella*. *Mycologia Helvetica*, 1(6), 451-459.

- Guzmán, G. & Tapia, F. (1998). The know morels in Mexico, a description of a new blushing species, *Morchella rufobrunnea*, and new data on *M. guatemalensis*. *Mycologia*, 90(4), 705-714.
- Guzmán, G. & Ovrebo, C. (2000). New Observations on Sclerodermataceous Fungi. *Mycologia*, 92 (1), 174-179.
- Guzmán, G., Cortés-Pérez, A., Guzmán-Dávalos, L., Ramírez-Guillén, F. & Sánchez-Jácome, M. (2013). An emendation of *Scleroderma*, new records, and review of the known species in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, S173-S191.
- 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., Kirk, P., Sutton, B. & Pegler, D. (1995). *Dictionary of the Fungi*. (8th Ed). Cambridge: CAB International.
- Herrera, T y Ulloa, M. (1988). *El reino de los hongos: Micología básica y aplicada*. México D.F: Fondo de Cultura Económica.
- Homolca, L. (2014). Preservation of cultures of basidiomicetes – recent methods. *Fungal Biology*, 118(2), 107-25.
- Janusz, L. & Agnieszka, T. (2014). Gasteroid Fungi – the morphological characteristics of selected endangered and rare species noted in Poland. *Folia Biologica et Oecologica*, 10, 130-138.

- Kauserud, H., Kolman, J. & Ryvarde, L. (2008). Relationship between basidiospores size, shape and life history characteristic: a comparison of polypores. *Fungal Ecology*, 1(1), 19-23.
- Kuhar, F., Castiglia, V. y Papinutti, L. (2013). Reino fungi: morfología y estructura de los hongos. *Revista Boletín Biológica*, 28, 11-18.
- Mata, M., Halling, R. y Mueller, G. (2003). *Macrohongos de Costa Rica*. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Manterola, B. (1999). *Los residuos agrícolas y su uso en la alimentación de rumiantes*. (1^a Ed.). Santiago: Fundación para la alimentación agraria del Ministerio de Agricultura.
- Morris, J. & Robertson, P. (2005). Linking function between scales of resolution. (Pp.13-23). In J. Dighton., J. White. & P. Oudemans. (3rdEd.). *The fungal community its organization and role in the ecosystem*. Boca Ratón: Taylor & Francis Group.
- Morales, O., Bran, M., Cáceres, R., y Flores, R. (2003). Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de Guatemala. *Revista Científica*, 1(1), 2-24.
- Morales, O., García, E., Cáceres, R., Bran, M., Gurriarán, N. y Flores, R. (2009). Gasteromycetes de Guatemala: especies citadas en el período de 1948 a 2008. *Revista Científica*, 5(1), 27-33.
- Morales, O., Bran, M. y Cáceres, R. (2010). Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala. (Pp. 437-464). 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.
Puebla: Colegio de Postgraduados.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad.* Zaragoza: M&T-
Manuales y tesis.

Mueller, G., Bills, G. & Foster, M. (2004). *Biodiversity of fungi: Inventory and
monitoring methods.* San Diego: Elsevier Academic Press.

Nabors, M. (2006). *Introducción a la Botánica.* Madrid: Pearson.

Negrón, M. (2009). *Microbiología estomatológica; fundamentos y guía práctica.*
Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

Núñez, M., & Ryvarden, L. (1995). *Polyporus (Basidiomycotina) and related genera.*
Sinopsis Fungorum 10. Fungiflora. Oslo: Gronlands Grafiske A/S.

Ponce, G. (2005). *Programa de investigación y monitoreo de la ecorregión Lachúa.*
(Informe final de Investigación: Biología). Universidad de San Carlos de
Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.

Ponce, G. (2012). *Contribución a la Taxonomía de las Colecciones de*
Ganodermatales, Hymenochaetales y Polyporales ingresadas en la Sección
de Hongos del Herbario BIGU, (Informe de Pregrado). Facultad de Ciencias
Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Quezada, M., Rodas, L., y Marroquín, A. (2016). *Diversidad de encinos en*
Guatemala; una alternativa para bosques energéticos, seguridad
alimentaria y mitigación al cambio climático. (Fase I). Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Quezada, M. & R. López. 2004. Macrohongos de la Ecorregión Lachuá. Guatemala: MAGA, USAC, CONCYT.

Ramirez-López, I., Villegas-Rios, M., y Cano-Santana, Z. (2012). Diversidad de Agaricomycetes clavarioides en la Estación de Biología de Chamela, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1084-1095.

Ryvarden, L. (2004). *Neotropical Polypores Parte 1*. Oslo: Fungiflora.

Sommerkamp Y. (2009). *Hongos comestibles en los mercados de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Dirección General de Investigación.

Valle, C. (1982). *Vademécum forestal*. (1ª Ed.) Guatemala: Inafor.

Volák, J. y Stodola, J. (1989). *Plantas medicinales*. (2ª Ed.) Praga: Artia

Webster, J. & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. (3rd Ed). New York: Cambridge University Press.

Br. Celeste Anaís Castañaza Guzmán

Autora

Lic. Osberth Morales Esquivel

Asesor

Licda. María del Carmen Bran

Asesora

MSc. Alba Marina Valdés de García

Directora

Escuela de Química Biológica

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda

Decano

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia