

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

**“RIQUEZA DE DISCOMYCETES (ASCOMYCOTA) Y GASTEROMYCETES
(BASIDIOMYCOTA) EN EL PARQUE NATURAL DE IXPANPAJUL, PETÉN.”**

FERNANDO ANTONIO DE LEÓN CORONADO

QUÍMICO BIÓLOGO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

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

**“RIQUEZA DE DISCOMYCETES (ASCOMYCOTA) Y GASTEROMYCETES
(BASIDIOMYCOTA) EN EL PARQUE NATURAL DE IXPANPAJUL, PETÉN.”**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PRESENTADO POR

FERNANDO ANTONIO DE LEÓN CORONADO

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE
QUÍMICO BIÓLOGO**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

JUNTA DIRECTIVA

M.A. Pablo Oliva Soto	Decano
Licda. Miriam Roxana Marroquín Leiva	Secretaria
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal I
Dr. Roberto Enrique Flores Arzú	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 permitirme culminar una meta.

A mi madre

A la que nunca podre terminar de agradecer tantas cosas que ha hecho por mí, que siempre me ha enseñado a no desfallecer y a salir adelante ante las adversidades. Eres muy importante en mi vida y quiero que lo recuerdes por siempre.

A mi Hermano

Por ser ejemplo de empeño y determinación.

A mis Amigos

Porque sin ellos esto no hubiese sido tan alegre.

A Gladys e Isabel

Por ser una nueva luz en mi vida.

A mis Asesores

Licda. Maria del Carmen Bran y Lic. Osberth Morales por sus conocimientos, consejos, su apoyo y su amistad.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser mi alma mater, brindarme los conocimientos y abrirme sus puertas como mi segundo hogar.

INDICE

I. RESUMEN	1
II. ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN.....	2
III. ANTECEDENTES	3
A. Phylum Ascomycota	3
1. Estructuras vegetativas de los ascomycetes filamentosos	3
2. Reproducción sexual.....	3
B. Discomycetes	4
1. Clasificación.....	7
2. Características	12
C. Phylum Basidiomycota.....	14
1. Estructuras vegetativas.....	15
2. Reproducción sexual y asexual	15
D. Gasteromycetes	16
1. Características	17
2. Evolución y filogenia	19
E. Estudios realizados en Guatemala	23
F. Parque Natural Ixpanpajul, Petén.....	24
IV. JUSTIFICACIÓN.....	25
V. OBJETIVOS	26
VI. HIPÓTESIS	27
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	28
A. Universo	28
B. Muestra	28
C. Recursos.....	28
D. Materiales	28
E. Diseño experimental	30
F. Procedimiento	31
VIII. RESULTADOS.....	34
A. Riqueza específica	34

B. Descripción Taxonómica	34
IX. DISCUSIÓN	43
X. CONCLUSIONES	46
XI. RECOMENDACIONES.....	47
XII. REFERENCIAS	48
XIII. ANEXOS	52

I. RESUMEN

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. En Guatemala, un país considerado megadiverso, se han reportado alrededor de 380 especies de macrohongos, documentadas principalmente en departamentos del occidente del país. Por tal razón, es necesario realizar estudios principalmente en los departamentos del norte, oriente y sur del país.

Por tales motivos, en este estudio se propuso determinar la riqueza de macrohongos discomycetes (Ascomycota) y gasteromycetes (Basidiomycota) que se desarrollaran en El Parque Natural Ixpanajul, Petén. Los especímenes fueron recolectados en áreas delimitadas por dos parcelas mediante el método oportunístico y se observaron las características macroscópicas y microscópicas de cada ejemplar.

En total se describieron 52 especímenes de los cuales se identificaron cinco especies que pertenecen a los discomycetes y siete especies que pertenecen a los gasteromycetes. De los cuales *Cookeina tricholoma*, *C. speciosa*, *Geastrum rufescens*, *Morganella fuliginea*, *Phallus multicolor*, *Phillipsia dominguensis* y *Pulvinula globifera* constituyen nuevos registros para el país.

II. ÁMBITO DE 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. De los 1.5 a 5 millones de especies de hongos que se estima que existen, 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 comúnmente se conocen como setas. Éstos se encuentran en una gran variedad de hábitats alrededor del mundo.

En Guatemala, un país considerado megadiverso, se han reportado alrededor de 380 especies de macrohongos, documentadas principalmente en departamentos del occidente del país. Por tal razón, es necesario realizar estudios, principalmente en los departamentos del norte, oriente y sur del país. El Parque Natural Ixpanpajul, Petén es un refugio natural con una amplia variedad de animales, plantas y árboles. Tiene una extensión de 9 Km² que equivalen a 450 hectáreas y está ubicado a 468 km de la ciudad de Guatemala en la carretera CA-13 rumbo a Flores, Peten. En él existen más de 200 especies de árboles, más de 150 especies de aves y alrededor de 40 especies de mamíferos, sin embargo, no tiene documentada ninguna especie de hongos. Asimismo, el departamento de Petén cuenta con un solo estudio de macrohongos el cual fue llevado a cabo por Rizzo (1999), quien documentó 28 géneros y 37 especies en el Parque Arqueológico Tikal. Al ser Petén el departamento más grande del país y el que cuenta con una de las reserva de bosques más grandes de América, el conocimiento de los hongos que se desarrollan en dicha área es mínimo.

Por tales motivos, en este estudio se propuso determinar la riqueza de macrohongos discomycetes (Ascomycota) y gasteromycetes (Basidiomycota) que se desarrollan en dicha área, por medio del muestreo por parcelas ubicadas en el bosque, tomando como base el inventario realizado por Rizzo (1999). Lo anterior no solamente con el fin de incrementar el conocimiento de la diversidad de macrohongos del país, sino también para documentar la diversidad de estos hongos de dicho parque natural, lo cual incrementa el valor ecológico del mismo y así contribuir con su conservación.

III. ANTECEDENTES

A. Phylum Ascomycota

El nombre de este grupo deriva del griego *askos* (bolsa o saco) y *mykes* (hongo), debido a que su principal característica es la presencia de un saco denominado asca, dentro del cual se producen las esporas de origen sexual denominadas ascosporas. Las estructuras vegetativas o somáticas pueden ser unicelulares, como en el caso de las levaduras, o filamentosas, como ocurren en los hongos miceliares. Estos hongos pueden encontrarse en diferentes tipos de hábitats tanto terrestres como acuáticos. Pueden ser saprobios, si se encuentran degradando estiércol, troncos, hojas y corteza de plantas muertas; parásitos de plantas y animales; endófitos de plantas sin producir lesiones en ellas; o simbióticos con diferentes tipos de organismos (Cepero, Restrepo, Franco-Molano, Cárdenas y Vargas, 2012).

1. Estructuras vegetativas de los ascomicetes filamentosos

Los ascomicetes filamentosos se caracterizan por presentar micelio compuesto por hifas delgadas (5.0 a 7.0 μm de diámetro) y septadas. Los septos que dividen las hifas en segmentos (células) se denominan septos simples. Este tipo de septo se caracteriza por presentar un poro en el centro por el cual circula el contenido citoplasmático. En las hifas en crecimiento, a cierta distancia del poro se ubican los corpúsculos de Woronin, los cuales son estructuras proteínicas esféricas, oblongas, hexagonales o rectangulares, rodeadas por una membrana sencilla, con diámetro entre 150 y 500 nm. La pared celular de las hifas está compuesta por quitina y glucano. En este grupo ocurre anastomosis de las hifas, lo que resulta en el intercambio de núcleos, proceso que se conoce como heterocariosis (Cepero, et al., 2012).

2. Reproducción sexual

La reproducción sexual de un gran número de hongos de este grupo, se lleva a cabo a través de órganos sexuales denominados ascogonio (gametangio femenino) y anteridio (gametangio masculino). La plasmogamia puede ocurrir en diferentes formas: contacto gametangial, copulación gametangial, espermatización o somatogamia. Antes de la formación de la spora de origen sexual los hongos filamentosos presentan el estado dicariótico. Las ascas se pueden producir en diferentes tipos de cuerpos fructíferos (cleistotecio, gimnotecio, peritecio,

apotecio, ascostroma y casmotecio) las cuales están formados por diferentes tejidos de plecténquima, como pseudoparénquima o prosénquima (Anexo 1) (Cepero et al., 2012).

a. Ascosporogénesis: Desarrollo del asca y las ascosporas

El asca en formación posee un sistema de doble membrana continua con el retículo endoplásmico, que se extiende envolviendo el núcleo diploide ($2n$) formado por la cariogamia de dos núcleos compatibles del dicarion ($n + n$). A continuación ocurre una meiosis y una mitosis adicional dando como resultado ocho núcleos. Cada núcleo y una porción de citoplasma son rodeados por una doble membrana, y, una vez que esto ocurre, se forma la pared primaria de la ascospora y luego las otras capas de la pared. El número de ascosporas en cada asca puede variar dependiendo de la cantidad de mitosis que ocurren después de la meiosis (Anexo 2) (Cepero et al., 2012).

Las ascas pueden ser cilíndricas, globosas, clavadas y, según las características de la pared, pueden ser prototunicadas, unitunicadas o bitunicadas. Las ascas prototunicadas presentan una pared dehiscente en la madurez, por el contrario, las ascas uni y bitunicadas liberan las esporas por medio de un opérculo, una ranura o un poro. Por otra parte, la morfología de las ascosporas es muy variable, ya que pueden ser de diferentes tamaños y formas (alargadas, delgadas, globosas). También pueden poseer pigmentos o ser incoloras, y la superficie puede ser lisa u ornamentada (Cepero et al., 2012).

B. Discomycetes

Los discomycetes son un grupo heterogéneo del *Phylum* Ascomycota que poseen ascas unitunicadas y se caracterizan por la producción de ascomas en forma de apotecios. La clasificación de este grupo no refleja el conocimiento que se tiene actualmente acerca de las relaciones filogenéticas entre ellos o con otros miembros del *Phylum* Ascomycota, ya que estudios filogenéticos han demostrado que los órdenes que tradicionalmente se han incluido en los discomycetes forman diferentes linajes que incluyen taxones que usualmente producen apotecios y también a aquellos con ascomas cerrados (Pfister & Kimbrough, 2001). Los Discomycetes incluyen 11 clases: Arthoniomycetes, Coniocybomycetes, Dothideomycetes,

Eurotiomycetes, Geoglossomycetes, Lecanoromycetes, Leotiomycetes, Lichinomycetes, Neoelectomycetes, Orbiliomycetes y Pezizomycetes (Ekanayaka, et al., 2017).

El ascoma apotecial de los discomycetes presenta forma de platillo o disco, copa o de también como una esfera semi-cerrada, y varía de complejidad de un grupo a otro. Se caracteriza por poseer himenio abierto que consiste en ascas y paráfisis. En algunas formas el himenio puede estar desprovisto de paráfisis, mientras que en otros el himenio puede consistir únicamente en paráfisis con ascas dispersas en el tejido sub-himénial (Cepero, et al., 2012). En el himenio las ascas y paráfisis se encuentran en una capa empalizada que rodea el margen apotecial (Anexo 3) (Korf, 1972).

Los tejidos que componen el margen apotecial son: a) el excípulo ectal, el cual se extiende hacia abajo para formar los lados del apotecio y consiste en uno o varios tejidos morfológicamente diferenciados entre sí; b) El excípulo medular, el cual usualmente toma la forma de un cono invertido y es la porción interna del contexto del apotecio y está delimitado hacia los lados por el excípulo ectal y hacia arriba el subhimenio (Korf, 1972).

El estípite, si está presente, posee varias capas internas y externas del tejido que continúan hacia la parte superior del apotecio. Cuando no posee un estípite puede formar dos tipos de estípites rudimentario o pseudoestípites; a) cuando las paráfisis son más largas que el asca, estas pueden pegarse entre sí dentro de una matriz para formar una capa granular, sobre la cual se producen las paráfisis en un apotecio, cuyos ápices constituyen un tejido separado (pseudopitecio) o b) puede ramificarse apicalmente para formar un tejido suprahiménial firme, cuya capa está formada por la fusión de los ápices de las paráfisis o ramificaciones de éstas que cubren las ascas (epitecio) (Korf, 1972).

Se ha observado que las ascas de los discomycetes pueden ser inoperculadas u operculadas, ya que las primeras se rompen apicalmente para liberar las ascoporas, mientras que las segundas tienen opérculos (poros) posicionados de forma oblicua. Esta característica de las ascas llevaron a que los discomycetes se clasificaran en dos grandes grupos: operculados e inoperculados (Pfister & Kimbrough, 2001).

Entre las ascosporas hay variación en el tamaño, forma, estructura de la pared, y compartimientos y usualmente son simétricas en una o dos formas. Si una espora se rota sobre un eje longitudinal y permanece simétrica, se dice que tiene simetría radial. Las esporas alantoides o que son planas en un lado, no son radialmente simétricas; son comunes solamente en un grupo del suborden Sarcoscyphineae (Pezizales). Dichas esporas también se encuentran en otros géneros tales como *Medeolaria*, *Selenaspora*, *Chlorencoelia*, *Cordierites*, *Encoelia*, *Lambertella*, entre otros (Pfister & Kimbrough, 2001).

Otras esporas pueden ser divididas en dos transversalmente de tal forma que se obtienen mitades idénticas, por lo que se dice que tiene simetría bipolar. Las especies de los órdenes Medeolariales, Cyttariales y Pezizales tienen ascosporas unicelulares con simetría bipolar. También algunas ascosporas tienen una porción superior más ancha que la parte basal y los ascocarpos son separados transversalmente (Korf, 1972).

Las paráfisis son elementos estériles derivados del desarrollo del tejido haploide de los ascomas. El número de núcleos en las paráfisis puede variar y en la mayoría son uninucleadas, sin embargo, en al menos una familia de los Pezizales, y en las familias Sarcosomataceae y Sclerotiniaceae de los Helotiales, las paráfisis son multinucleadas (Pfister & Kimbrough, 2001).

Algunos discomycetes son patógenos de plantas, aunque se conoce que ciertos grupos como los géneros *Chloroscypha* y *Pseudopeziza*, así como los órdenes Rhytismatales y Pezizales pueden ocasionar enfermedades en plantas. Por ejemplo, los integrantes de la familia Sclerotiniaceae producen enfermedades como la podredumbre parda de frutas con semilla. Otros géneros de los Pezizales que son patógenos de plantas son *Caloscypha* y *Urnula* (Pfister & Kimbrough, 2001).

Por otra parte, se han documentado varias relaciones micorrícicas en los discomycetes. En ciertos hábitats éstos hongos predominan en las etapas tempranas de sucesión forestal después de la perturbación. Las micorrizas que forman son del tipo ectomicorriza, como en el caso de *Tuber* y algunos otros miembros de los Pezizales. También existen taxones liquenizados que han recibido atención taxonómica y ecológica. Los miembros liquenizados se encuentran entre los Arthonidales, Helotiales, Ostropales, Caliciales, Lichinales, y Lecanorales son predominantemente liquenizados. Se ha encontrado que ciertos discomycetes son endófitos,

sobre todo en las plantas leñosas e implican en particular a los Helotiales y Rhytismatales. Los estudios sugieren que la presencia de estos endófitos imparte características que limitan la herbivoría (Pfister & Kimbrough, 2001).

También se han encontrado Discomycetes creciendo sobre otros hongos, briofitas o líquenes. La naturaleza de relaciones en general no se ha comprobado por lo que se asume por observaciones de campo únicamente. Se ha demostrado que varios hongos son parásitos de los musgos y plantas hepáticas (Pfister & Kimbrough, 2001), con una gran variedad de hábitats, como saprobios (Orbiliales, Pezizales, Geoglossales), simbioses (Lecanorales, Lichinales, Arthoniales) o parásitos (Helotiales, Mediolariales) (Ekanayaka et al., 2017).

1. Clasificación

Los discomycetes son un grupo parafilético, por lo que su clasificación tradicionalmente los ha dividido en grupos taxónomicos morfológicos en función del tipo de dehiscencias, ascas, desarrollo del ascoma y morfología del mismo. Las características de las ultra estructuras que cada vez se han refinado a la vez que se combinan con análisis de secuencias de ADN. Los discomycetes pueden no ser un grupo monofiléticos pero pueden consistir en dos linajes parafiléticos de inoperculados y operculados (Alexopoulos, 1996)

Actualmente existen 21,424 especies de las 57,000 especies en Ascomycota y representa el 38% de los taxones de este *Phyllum*. Aunque los primeros sistemas clasificaron todos los discomycetes en una sola clase (Korf 1972), posteriormente divididos en Arthoniomycetes, Geoglossomycetes, Lecanoromycetes, Leotiomycetes, Lichinomycetes, Orbiliomycetes, Pezizomycetes (Ekanayaka et al., 2017).

Aunque existe un acuerdo general con respecto a la clasificación de clases de discomycetes, aún queda sin resolver los problemas que existen a nivel de órdenes y familias. De ahí las posiciones filogenéticas de muchos taxones no están claras, esto se debe principalmente a la información insuficiente para construir una clasificación natural confiable. Además, hay pocas monografías detalladas a nivel de género y muchas especies antiguas que carecen de descripciones detalladas. Lo anterior dificulta la identificación de las especies en el presente. También, muchos especímenes de herbario que carecen de notas de campo y están mal

preservados, por lo que la determinación de los caracteres morfológicos es difícil. Por otra parte, muchos discomycetes han sido mal identificados por varios científicos en los últimos 200 años. Por lo tanto, el desarrollo de claves de identificación para géneros es difícil y es una prioridad para futuros estudios (Ekanayaka et al., 2017).

a. Arthoniomycetes

La mayoría de las especies de esta clase forman talos liquenizados con algas verdes y otros saprobios. Crecen en diversos sustratos, con frecuencia en regiones tropicales. El ascoma es con frecuencia un apotecio o pseudoestromático, pero ocasionalmente tiene una abertura tipo poro. Forman apotecios típicos, por ejemplo, en los géneros *Chrysothrix*, *Cresponea* y *Lecanactis*. El himenio es una capa embebida en matriz gelatinosa con ascas y parafisis incrustadas y los excipulos están pobremente desarrollados. Las ascas son fisitunicadas (pared interna elástica del asca que al momento de liberar las esporas aparece completamente afuera de la pared exterior durante la dehiscencia) de pared gruesa y no amiloide, generalmente con una gran cúpula apical. Las ascosporas son septadas, a veces con ornamentaciones. Las formas asexuales producen picnidios. Dentro de esta clase podemos encontrar solo un orden de discomycetes, los Arthoniales (Ekanayaka et al., 2017).

b. Coniocybomycetes

Los taxones en esta clase forman líquenes costrosos. Forman apotecios estipitados que consisten en una masa pulverulenta de ascosporas libres intercaladas con elementos estériles y encerradas en un peridio. El excípulo es de poco a bien desarrollado continuo al tejido del estípite. Las ascas son prototunicadas, cilíndricas, elipsoidales o irregular, con o sin croziers. Las esporas son en su mayoría simples, esférica, lisa, verrucosa o con paredes ornamentadas. Forman varios metabolitos secundarios derivados del ácido vulpínico dentro del talo de algunas especies. Las formas asexuales producen picnidios de hifomycetes. Dentro de esta clase podemos encontrar solo un orden: los Coniocibales (Ekanayaka et al., 2017).

c. Dothideomycetes

Se caracterizan por tener ascas bitunicadas. Solo cuatro órdenes de la clase producen apotecios. Muchos géneros son saprobios con apotecios negros como *Hysteropatella*, *Patellaria*,

Rhizodiscina y *Tryblidaria* y algunos pueden formar líquenes con algas verdes. Ocurren en hábitat gregarios a ocasionalmente solitarios, sobre madera muerta descortezada en bosque tropical y bosque mesófilo de montaña (Chacon & Tapia, 2016). Dentro de esta clase podemos encontrar seis órdenes: Catinellales, Eremithalles, Hysteniales, Mytilinidiales, Patellariales y Pleosporales (Ekanayaka et al., 2017).

d. Eurotiomycetes

En esta clase, el único orden incluido en los discomycetes es Mycocaliciales. Son hongos saprobios que crecen en madera y además están ampliamente distribuidos en climas templados del norte y del sur del hemisferio. Producen ascomas con un excípulo fuertemente esclerotizado. Posee ascas bitunicadas y desarrollo ascolocular (los ascomas se desarrollan a partir de un ascostroma formado por hifas somáticas e indiferenciadas), con ascosporas de paredes muy pigmentadas y en ocasiones se producen en una masa mazaedial (material adherido a la superficie de las ascosporas) y liberado por un mecanismo de descarga pasiva de esporas. Producen varias formas asexuales de hifomycetes fialoblásticos y tálicos (Ekanayaka et al., 2017).

e. Geoglossomycetes

El orden Geoglossales incluye apotecios en forma de mazo o clavados, grandes, pigmentados, con un himenio fértil y estípites estériles. Los Geoglossales son principalmente saprobios, aunque también pueden ser endofitos de raíz. Han sido documentados en todos los continentes, excepto la Antártida, y son comunes en lugares templados y tropicales. Las ascosporas de estos hongos no germinan en medios de cultivo en el laboratorio, de manera que los estados asexuales son desconocidos. En esta clase podemos encontrar un solo orden: Geoglossales (Ekanayaka et al., 2017).

f. Lecanoromycetes

Lecanoromycetes es la clase con mayor cantidad de discomycetes, con un total de 17 órdenes: Acarospolares, Arctoniales, Baeomycetales, Caliciales, Candelariales, Hymeneliales, Lecanorales, Lecideales, Leprocaulales, Ostropales, Peltigerales, Peertusariales, Phizocarpales, Sarrameanales, Teloschistales, Trapeliales y Umbilicariales. La mayoría de forman líquenes con

algas verdes o cianobacterias y pueden ser costrosos y/o foliculares. Algunos necesitan un hábitat enriquecido con nitrógeno. Producen apotecios en el estado sexual y en el asexual forman picnidios (Ekanayaka et al., 2017).

g. Leotiomyces

Los Leotiomyces constituyen la clase más grande de discomycetes inoperculados. Pueden ser saprobios y crecer sobre hojas muertas y plantas leñosas o ser patógenos o endófitos. Habitan en regiones templadas. Estos hongos producen ascomas grandes, carnosos o globosos o estromas piriformes. Cada estroma contiene numerosas separaciones o cámaras en forma de copa llenas de una gran cantidad de ascas y ascosporas. En esta clase podemos encontrar nueve ordenes: Cyttariales, Helotiales, Lahmiales, Leotiales, Medeolariales, Phacidiales, Rhytismatales, Thelobolales y Triblidiales (Ekanayaka et al., 2017).

h. Lichinomyces

Contiene un único orden, los Lichinales. Los hongos que lo integran se liquenizan con cianobacterias y poseen un apotecio con un desarrollo himenial y está inmerso en un excipulo reducido. Las ascas son protunicadas y la estructura apical no está bien definida, por lo general con una capa externa gelatinizada, a veces evanescente. Las ascosporas son aseptadas y hialinas. Las formas asexuales en su mayoría producen picnidios (Ekanayaka et al., 2017).

i. Neolectomyces

Esta clase incluye un solo orden, una sola familia y un solo género con tres especies. Los *Neolactales* se caracterizan por poseer ascomas claviformes, bastante grandes, de coloración amarillo, morfológicamente similar a las especies de *Leotiaceae* y *Geoglossaceae*. Se diferencian más significativamente de los otros discomycetes en carecer de paráfisis y croziers y tener ascas con un apéndice truncado y una débil reacción al yodo en toda el asca. Son saprobios en el suelo o patógenos de plantas. Algunos inusualmente crecen unidos a las raicillas de las coníferas y posiblemente sean parásitos. Producen conidios y también algunos poseen estados levaduriformes (Ekanayaka et al., 2017).

j. Orbiliomycetes

Son hongos no estromáticos y solo posee un orden, que tienen apotecios con forma de pequeños discos, que son típicamente convexos, de colores brillantes o translúcidos. La mayoría de las especies tienen un excípulo ectal compuesto de células de textura prismática. La capa himenial es cerosa o gelatinosa y las ascas y las paráfisis se empaquetan juntas. Las ascas son sésiles y surgen de croziers, son hemisféricas a ampliamente cónicas, con un ápice de pared delgada. Las ascosporas son generalmente pequeñas, hialinas y ovaladas o elipsoidales. Son saprobios con formas asexuales a menudo depredadoras de nematodos. Hasta ahora, varios géneros asexuales han sido relacionados con *Orbiliaceae*, incluyendo *Anguillospora*, *Arthrobotrys*, *Dactylella*, *Dactylellina*, *Dicranidion*, *Drechlerella*, *Dwayaangam*, *Trinacrium* y *Pseudotriporiconidium*. La mayoría de especies se encuentran con frecuencia en la madera tanto en hábitats húmedos como en secos. Estas están ampliamente distribuidas, pero son más predominantes en las regiones templadas. (Ekanayaka et al., 2017).

k. Pezizomycetes

Los Pezizomycetes se caracterizan por poseer ascas que generalmente tienen una tapa o un opérculo terminal o excéntrico. El apotecio es comparativamente grande y con fructificaciones carnosas (*Helvella* y *Morchella*) con una gran cantidad de ascas y esporas. Algunas de las especies producen formas semi-hipogreas de apotecios producidos debajo del suelo. Algunas especies tienen pelos que son espinas largas y gruesas. Las formas asexuales de *Pezizomycetes* producen conidios blásticos y fiálides. Son principalmente saprobios aunque algunos son micorrízicos o patógenos de plantas. Son más comunes en regiones húmedas, pero también se encuentra en climas secos. La mayor diversidad de Pezizomycetes se encuentra en regiones templadas a grandes altitudes, en estiércol o las especies que habitan el suelo se encuentran con frecuencia en sustratos ricos en humedad y nutrientes (Ekanayaka et al., 2017).

2. Características

a. Características macroscópicas, hábitat y hábito

Las características morfológicas macroscópicas se enfocan en la determinación de las distintas estructuras del apotecio, el cual puede ser estipitado o no y puede variar desde 5 mm hasta 150 mm. Puede ser cóncavo o no, acanalado o liso. El hábito de crecimiento puede ser solitario, gregario o disperso y los hábitats que ocupan pueden ser terrestres o acuáticos. Asimismo pueden ser saprobios (lignícolas o, húmicas), patógenos o micorrícicos mutualistas de algunas plantas (Hanlin & Tortolero, 1995).

b. Características microscópicas

Las características microscópicas se basan en las distintas estructuras como los tipos de ascosporas, los ápices y paredes de las ascas. Las ascas pueden ser inoperculadas, operculadas o suboperculadas, unitunicadas o bitunicadas. Las ascosporas pueden ser unicelulares, hialinas o subhialinas, lisas, septadas, subfusoides, ornamentadas, con hendiduras y pueden poseer envolturas gelatinosas, gutuladas o multigutuladas (gotas de aceite). También la forma puede ser redondas, elipsoides, oblongadas, oblongo-elipsoides o multinucleadas (Hanlin & Tortolero, 1995).

El excípulo es un tejido estéril compuesto de hifas donde pueden encontrarse diferenciación pronunciada entre los tipos de tejidos. Tres de ellos consisten esencialmente en células cortas tales como células globosas con espacios intercelulares (textura globulosa); células isodiamétricas empaçadas muy juntas entre sí sin espacios intercelulares (textura angularis) o hifas de células cortas con las células individuales con forma más o menos de ladrillo (textura prismática). Otros tejidos compuestos por células largas pueden tener hifas muy juntas (textura intricata); hifas más o menos paralelas, aglutinadas y de pared gruesa (textura oblita) o hifas aglutinadas y juntas más que todo en una forma plana con células de forma irregular (textura epidermoidea) (Korf, 1972).

Algunos discomycetes muestra dos capas distintas dentro del excípulo: a) el excípulo ectal: La parte externa del apotecio que tiene contacto con el sustrato, el cual puede poseer

textura globulosa, angularis, prismática, porrecta, intricata, epidermoidea, oblita y puede también estar embebido en matriz mucilaginosa (anexo 4) (Pfister & Kimbrough, 2001); y b) el excípulo medular: que es la parte del contexto del apotecio que está entre el excípulo ectal y el tejido subhimenial, está formado por células con texturas similares a las del excípulo ectal; Además, los discomycetes liquenizados producen más estructuras avanzadas tales como excípulo pigmentado que consiste en hifas finas e irradiadas con una vaina gruesa gelatinosa. A veces las modificaciones de hifas en la capa más externa del excípulo dan lugar a varias estructuras peludas o tomentosas (Ekanayaka et al., 2017).

Las ascas de los discomycetes poseen modificaciones en el ápice que implica en el desarrollo de capas endoascales, las cuales se diferencian tanto morfológica como microquímicamente. Tales diferencias han proporcionado características que han sido utilizadas ampliamente en la delimitación de taxones, especialmente la reactividad al yodo utilizando el reactivo de Melzer (Pfister & Kimbrough, 2001). De acuerdo con el reordenamiento de clases según su clasificación, la clase Pezizomycetes incluye todos los discomycetes operculados, mientras que los discomycetes no operculados se encuentran en las clases Arthoniomycetes, Coniocybomycetes, Dothideomycetes, Eurotiomycetes, Geoglossomycetes, Lecanoromycetes, Lichinomycetes, Leotiomycetes, Neolectomycetes y Orbiliomycetes (Ekanayaka et al., 2017).

Las ascosporas de los discomycetes tienen un sistema de membrana periférica, llamado también vesícula de membrana o sistema de envoltura de membrana. Durante la formación de las asosporas, esta vesícula se invagina de la membrana plasmática del asca para formar dos membranas delimitantes alrededor de cada núcleo que dará lugar a cada una de las esporas. Una pared primaria se dispone entre ambas membranas y está compuesta inicialmente de β -glucanos, pero cambia químicamente a medida que se engrosa. El material depositado con posterioridad a la pared primaria se conoce como pared secundaria. Las paredes secundarias son las que definen la morfología de las esporas, contribuyen con la pigmentación y están involucradas en la formación de apéndices, si es que existen. La ornamentación de las ascosporas, sin embargo, no siempre proviene de la pared secundaria, sino que también pueden provenir de la pared primaria, como en el caso de los géneros *Phillipsia* y *Wynnea* de la familia Sarcoscyphaceae. En algunas familias las ascosporas son consistentemente uninucleadas, en otras son tetranucleadas, mientras

que en otras familias poseen esporas multinucleadas como es el caso de los discomycetes (Pfister & Kimbrough, 2001).

Las paráfisis de los discomycetes en su mayoría son filiformes, septadas, no ramificadas, con un ápice obtuso o lanceolado. Estas brindan características taxonómicas importantes ya que estas producen el tejido supra himenial, el cual se desarrolla en conjunto con las hifas dicarióticas o ascógenas que forman un tejido pseudoparenquimático cuando las hifas empiezan su división volviéndose monocarióticas o somáticas. Las paráfisis pueden exceder la longitud del asca y desarrollar estructuras compactas o similares a una red, la aglutinación de los ápices de las paráfisis pueden formar pseudoepitecios (Ekanayaka et al., 2017).

Con respecto a los organelos asociados a los septos hifales de los discomycetes, entre ellos los cuerpos de Woronin, los cuales son extremadamente variables en su morfología, principalmente entre los Pezizales donde pueden ser de grandes a globosos; de pequeños a globosos, o hexagonales. También se pueden encontrar cuerpos de Woronin largos y rectangulares en las familias Morchellaceae y Helvellaceae. Estas diferencias septales se correlacionan con los datos morfológicos y citológicos y ayudan en la delimitación de las familias de los Pezizales (Pfister & Kimbrough, 2001).

C. Phylum Basidiomycota

Este *Phylum* corresponde al 32.27% de las especies de hongos descritas y sus miembros pueden ser unicelulares o multicelulares, tener reproducción sexual y asexual o sólo una de ellas. Ocupan hábitats acuáticos o terrestres y tienen una morfología tan variable que es imposible encontrar una característica única y constante. La principal característica para este *Phylum* es la presencia de los basidios donde se producen las esporas sexuales o basidiosporas. La presencia del septo doliporo, la formación de fíbulas (no presentes en todos los Basidiomycota) y las múltiples capas que poseen las paredes de las hifas son otras de las características distintivas de este filo. El basidio que es la célula en la cual ocurre la cariogamia y meiosis y sobre la cual se forman las basidiosporas. Se reconocen tres partes: el probasidio donde ocurre la cariogamia, el metabasidio donde ocurre la miosis y los esterigmas (entre el metabasidio y la basidiospora) sobre los cuales se forman las esporas (algunos de estos grupos no poseen esterigmas). Los

basidios son muy variables en cuanto a su morfología, número de esporas producidas y forma de unión de las esporas al esterigma (Cepero, et al., 2012).

1. Estructuras vegetativas

Las hifas de los Basidiomycota se caracterizan porque además de poseer paredes con capas múltiples, son septadas y poseen septos doliporo en el cual el septo tiene un poro central rodeado por una dilatación en forma de barril de la pared septal y recubierto por los lados por una membrana perforada o parentesoma formada por repliegues de retículo endoplasmático. Los polisacáridos principales que conforman la pared de los Basidiomycota miceliares son quitina y β -glucanos. En un gran número de estos hongos la condición dicariótica se mantiene ya que poseen fíbulas o grapas de conexión, que permiten el paso de núcleos de una célula a otra, como también se caracterizan por ser principalmente heterotálicos (Cepero, et al. 2012).

2. Reproducción sexual y asexual

Los Basidiomycetes producen una diversa cantidad de basidios en cuerpos fructíferos de varios tipos denominado basidiomass, los cuales son comparables con los ascomas. Los basidiomas varían desde microscópicos hasta diámetros grandes que pueden llegar a pesar muchas libras. Otros basidiomas pueden ser delgados, gelatinosos, cartilagosos, parecidos a papel, carnosos, esponjosos, acorchados, leñosos, o de hecho casi cualquier textura conocida. En un basidioma el himenio es una capa compuesta de basidios, así como cualquier otro elemento estéril que pueden estar presentes, como lo son los basidiolos y cistidios (Anexo 5) (Alexopoulos, 1996).

El basidio se puede definir como una estructura de soporte en cuya superficie se encuentra un número definido de basidiosporas (generalmente cuatro) que se forman como resultado de la cariogamia y la meiosis. Un basidio posee una forma de masa originado por una célula hifal terminal binucleada y es delimitada del resto de la hifa por un septo. Después de que el basidio se alarga y se estrecha, este pronto se agranda y se hace más amplio, para que después los dos núcleos se sometan al proceso de cariogamia. El núcleo del cigoto pronto sufre meiosis, dando lugar a cuatro núcleos haploides (Alexopoulos, 1996).

La basidiospora es una estructura unicelular, haploide. Las basidiosporas de muchas especies germinan en un micelio primario, este tipo de germinación se conoce como la germinación directa. En algunos grupos las basidiosporas germinan para formar esporas secundarias o brotan para formar un gran número de conidios o microconidios desde el cual se puede desarrollar un micelio primario, este tipo de germinación se conoce como germinación indirecta (Alexopoulos, 1996).

La reproducción asexual se lleva a cabo por medio de gemación, por la fragmentación del micelio y por la producción de conidios, artrosporas u oídios. Algunos Basidiomycetes también producen conidios en conjunto con la formación de basidiomas. Las hifas de algunos Basidiomycetes pueden dividirse en secciones unicelulares que se convierten en artrosporas. Estos fragmentos de hifas pueden ser uninucleadas, binucleadas o multinucleadas (Alexopoulos, 1996).

D. Gasteromycetes

Los gasteromycetes son un conjunto artificial de Basidiomycetes que comparten un carácter común de que las basidiosporas son descargadas violentamente de los basidios. Estos últimos se abren en cavidades dentro del cuerpo fructífero y las basidiosporas son liberadas de estas cavidades. Luego de esto, el tejido entra en descomposición o se seca. Las basidiosporas por lo general tienen forma simétrica, sobre esterigmas o sésiles, razón por la cual se han denominado estatismosporas (Webster & Weber, 2007).

La producción interna de las basidiosporas les ha dado el nombre a los gasteromycetes (*gaster*, que significa estómago). El cuerpo fructífero se denomina gasterocarpo, el cual está rodeado por una pared o peridio y dentro se encuentra la gleba con las esporas. A veces el gasterocarpo se abre por un poro a través del cual las esporas se escapan, pero en formas con órganos subterráneos (hipogeo) el cuerpo fructífero produce una apertura especial y es posible que las esporas sean dispersadas por roedores y otros animales que viven en madrigueras. En algunos géneros como *Phallus*, las basidiosporas son expuestas en una masa pegajosa atractiva para insectos. A pesar de estas variaciones en la morfología de los gasterocarpos, los ciclos de vida de la mayoría de gasteromycetes siguen el mismo patrón general. La mayoría de las

especies son conocidas por ser heterotálicas, con basidiosporas germinando de un micelio primario moncariótico (Webster & Weber, 2007).

1. Características

a. Características macroscópicas

La anatomía de los gasterocarpos juega un rol importante en la taxonomía moderna de este grupo que la identificación raramente puede realizarse sin una disección de un basidioma, carpóforo, esporocarpio o cuerpo fructífero, nombres con los que se le conoce. Presentan una gran variedad de tamaños, formas, colores, consistencias, etc. Con respecto a tamaños, varían desde los 0.5 mm (*Nia*, como ejemplo) de diámetro hasta los 900mm, o mas (*Langermania*, por ejemplo). Los gasterocarpos son polimórficos: esféricos, globosos (*Bovista*, *Disceseda*, *Calvatia*), de forma estrellada (*Geastrum*, *Astraeus*, *Myriostma*); capitado, con un saco esporífero globoso y un pie largo (*Tulostoma*, *Battarrea*); acopado (*Crucibulum*, *Cyathus*); faloideo (*Phallus*, *Mutinus*, *Lysurus*); clatrado (*Clatrus*, *Colus*, *Ileodictyon*), etc (Calonge, 1998). Entre sus otras características este puede ser hipogeo o epígeo, que varía según el tamaño, forma y hábito. El basidioma puede crecer en solitario, en gregario, disperso, con hábitats terrestres, lignícolas, húmcolas o folícolas (Barbosa, 2013).

La pared exterior que protege la gleba se llama peridio, que puede ser individual, doble (endoperidio y exoperidio) o tiene tres capas añadiendo los últimos la mesoperidio. El endoperidio es la capa interna de peridio que puede ser correosa o papirácea, y es donde las esporas se dispersan gradualmente. La superficie puede ser granulosa o espinosa con características peculiares y tiene una gran importancia taxonómica en algunos. Sirve para proteger el desarrollo del basidioma y puede permanecer persistentemente en la base sirviendo como una volva, de la que se expande el basidioma maduro. El ostiolo es una abertura apical que facilita una dehiscencia en el endoperidio donde se liberan las esporas. La zona que rodea el ostiolo se conoce como peristoma y es importante en la familia Geastraceae, donde puede variar en la forma y altura, ser fibriloso o escanalado. Esta dehiscencia puede ocurrir a través de un agujero o varios agujeros. Algunos no desarrollan ostiolo solo tienen endoperidio y se rompe de forma irregular (Barbosa, 2013).

La gleba (himenio) es la parte interna del basidioma que contiene los elementos fértiles, la cual está comprendida por una masa de basidios (donde tiene lugar la reproducción sexual) y basidiosporas entremezclados con capilicios, cistidios, hifas y paracapilicios. Normalmente aparece cubierta y protegida por el peridio hasta alcanzar la madurez. En los basidiomas maduros la gleba puede ser polvorienta, mucilaginoso (expuestos como una masa pegajosa atractivo para insectos), lanosa o compartimentada en peridiolos, como en la familia Nidulariaceae. En algunos géneros (*Calvatia*, *Lycoperdon* y *Vacellum*) se encuentra una porción estéril que soporta la gleba y se denomina subgleba o base estéril. A veces puede tomar gran parte de la porción basal del basidioma y cuando presenta forma aguda y fina, puede ser llamado pseudoestípite. El estípite está formado por hifas longitudinales y pueden tener consistencia fibrosa (Barbosa, 2013).

En el caso de los Lycoperdales, muchas especies presentan una parte estéril bajo la gleba denominada subgleba, que no es más que una modificación del contenido glebal, que da lugar a una masa lagunosa o compacta. La pseudocolumela es una porción estéril, a modo de eje central, que penetra en la gleba. Con relación al estípite, o pie, de los gasteromycetes, es conveniente separar los que poseen un verdadero estípite de aquellos otros con pseudoestípite (Calonge, 1998).

Con respecto a los basidios, normalmente presentan formas ovoides o globosas, pero a veces también pueden ser cilíndricos o alargados (*Nidulariales*), con esterigmas largos o cortos, y en algunos casos sin ellos. Cuando las esporas al desprenderse se llevan una porción del esterigma, que permanece adherido a las mismas, se les denomina esporas pediceladas (Calonge, 1998).

Las esporas, son normalmente unicelulares y simétricas, y representan un carácter importante en la sistémica. En unas pocas especies las esporas son lisas, pero la mayoría aparecen como verrugosas, espinosas, reticuladas o estriadas, dependiendo del desarrollo de su pared celular. El capilicio en algunos grupos (*Lycoperdales*, *Tulostomatales*), consiste en una masa de hifas estériles, intrincadas y especializadas. Dentro de los gasteromycetes se puede observar varios tipos de capilicios, los cuales pueden ser segmentos cortos cubiertos de espinas, frágiles, elásticos, con y sin septos, con paredes finas y gruesas, y con o sin poros. La

pigmentación puede ser crema, de amarillenta a parda, e incluso a veces es posible observar capilicios hialinos (Calonge, 1998).

Los rizomorfos se encuentran en la parte basal de los basidiomas y están formados por cadenas de micelio que penetran en el sustrato y pueden estar ramificados o no (Barbosa, 2013).

b. Características microscópicas

Se pueden encontrar basidios colocados simétricamente en esterigmas, los cuales pueden dejar remanentes permanentemente unidos a esporas, las cuales se denominan pediceladas. Las basidiosporas pueden variar en forma, tamaño, ornamentación, presencia de pedúnculo y ápulo. Son unicelulares y simétricas, con una amplia variación en el tamaño. Poseen patrones ornamentales con paredes lisas u ornamentadas (verrugas, medios tonos, espinas, estrías, procesos columnares, huecos o salientes). Las basidiosporas de los gasteroides se diseminan por acción de impacto, las gotas de agua, animales y/o insectos (Barbosa, 2013).

2. Evolución y filogenia

En teoría, la evolución de los gasteromycetes a partir de un ancestro con himenio expuesto requirió solo dos cambios morfogenéticos, la producción de un cuerpo fructífero cerrado acompañado por la pérdida del mecanismo de descarga de esporas activo. La coincidencia de estas dos características se muestra en varios ejemplos de cuerpos fructíferos secotioides, es decir basidiocarpos en el que el margen del píleo no logra desprenderse del estípote. La mayoría de las formas secotioides parecen surgir como defecto del desarrollo causando una incompleta diferenciación de un tipo de agárico o boleto basidiocarpo (Webster & Weber, 2007).

Una presión ambiental selectiva indujo el hábito secotioide (epígeo o subepígeo) y en última instancia gasteromycete. Esta presión ambiental pudo ser la sequía, ya que la propia naturaleza activa el mecanismo de descarga de basidiosporas y se opone a su función en baja humedad. Tal vez no sea coincidencia que hongos secotioides son particularmente comunes en las zonas áridas. Los cuerpos fructíferos secotioides se supone que son en general el primer paso hacia formas gasteromycetes típicos como las bolas de tierra y falsas trufas (Webster & Weber, 2007).

a. Gasteromycetes en el Orden Agaricales

El Orden Agaricales constituye el clado más grande de los hongos formadores de setas con aproximadamente 13,233 especies distribuidas en 413 generos y 33 familias (Kirk, et al., 2008) que son más de la mitad de las especies homobasidiomycetes conocidas. Entre los gasteromycetes que se encuentran dentro de los Agaricales, las familias más importantes son Agaricaceae y Nidulariaceae.

i. Familia Agaricaceae

Esta familia es una de las más diversas e incluye aproximadamente 85 géneros y 1,340 especies. Macroscópicamente los miembros de esta familia se caracterizan por presentar cuerpos fructíferos píleo-estipitados con himenóforo lamelado. Los hongos de la familia Agaricaceae se encuentran en suelo, arena, humus, tejido de plantas vivas o muertas, sobre musgos y en madera de angiospermas y coníferas; son frecuentes en invernaderos, estepas y desiertos. Son hongos saprobios muy diversos en regiones tropicales. Los cuerpos fructíferos gasteroides son epígeos al madurar, de pequeños a grandes y su forma puede ser globosa, subglobosa o piriforme, sésiles o con estípites muy cortos o largos que pueden llegar a alcanzar los 50 cm de longitud, como ocurre en el género *Battarrea* (Cepero et al., 2012).

ii. Familia Nidulariaceae

Según Kirk, et al. (2008) esta familia es sinónima de Agaricaceae, aunque su proximidad no es del todo clara. Los hongos de esta familia se caracterizan por producir cuerpos fructíferos epígeos, pequeños y con forma de urna o nido, que pueden o no presentar una cubierta membranosa en la parte superior denominada epifragma. En el interior del cuerpo fructífero están los peridiolos que pueden estar libres o adheridos a la pared del endoperidio por funículos. Los miembros de esta familia presentan hábito a menudo gregario, son saprobios y crecen sobre restos vegetales y excremento, y están ampliamente distribuidos en muchos ecosistemas (Cannon & Kirk, 2007).

b. Gasteromycetes en el orden Boletales

El orden Boletales, según la definición molecular filogenética, contiene hongos con una amplia gama de tipos de cuerpos fructíferos, incluyendo laminosa, boletoide y formas resupinadas. Los hongos gasteromycetes también surgieron de miembros antepasados de este orden. Por ejemplo, la familia Sclerodermataceae que tiene afinidad con *Gyropus* y la Rhizopogonaceae con *Suillus*. Ambas familias contienen principalmente hongos ectomicorrízicos. La capacidad para formar un amplio sistema de rizomorfos puede explicar por qué las micorrizas de los gasteromycetes que pertenecen al orden Boletales son particularmente prominentes en hábitats secos (Webster & Weber, 2007).

i. Familia Sclerodermataceae

Esta familia comprende unas 50 especies en siete géneros, incluyendo a *Scleroderma*, *Calostoma*, *Pisolithus* y *Astraeus*. Todos los miembros parecen estar en estado ectomicorrízico (Webster & Weber, 2007).

c. Gasteromycetes en el Orden Geastrales

Las especies de este orden producen cuerpos fructíferos hipogeos o epígeos, solitarios, gregarios o cespitosos, con un estroma común o subículo, encerrados con aperturas como estrellas (estelados) o rayos irregulares en la madurez, y un cuerpo endoperidial sésil a estipitado. Los rizomorfos a menudo visibles en la base del basidioma, hifas vesiculosas con acantocistidios de contenido amarillento. El peridio presenta de dos a cinco capas: si el exoperidio se abre en la madurez, el endoperidio puede poseer uno o múltiples poros, presentar dehiscencia irregular o peridiolo. La gleba a menudo pulverulenta en la madurez y puede difundirse desde una columela central, dividirse en uno o varios peridiolos o en lóculos esféricos o alargados, de color amarillo a naranja, marrón a negro. El capilicio puede estar presente o ausente. Los basidios son globosos, claviformes, piriformes o tubulares, a menudo con ápice reducido redondeado, con cuatro a ocho esporas. Las esporas son estatismospóricas, simétricas, globosas, subglobosas a elipsoides, lisas a verrucosas, equinuladas o con crestas ramificadas, hialinas a marrón en Hidróxido de Potasio (KOH), inamiloides en reactivo de Melzer (Webster & Weber, 2007).

i. Familia Geastraceae

Esta familia se caracteriza porque sus cuerpos fructíferos son gasteroides, epígeos raramente hipogeos; su forma puede ser ovoide, con extremos romos o acuminados; superficie lisa a rugosa. El exoperidio es de paredes gruesas, se divide desde el ápice del cuerpo fructífero para formar de 4 a 12 rayos, lóbulos o brazos que se abren en forma de estrella. El endoperidio es de pared delgada puede ser sésil o pedicelado con superficie glabra o rugosa, ostiolado y con peristoma. La gleba se desarrolla radialmente desde una pseudocolumela central, ovoide y blanca, marrón con la madurez; usualmente se rompe mostrando una masa polvosa. Los miembros de esta familia son saprobios y crecen sobre suelo y algunos forman ectomicorrizas. Su distribución es cosmopolita (Cannon & Kirk, 2007).

d. Gasteromycetes en el Orden Phallales

Los hongos de este orden poseen desarrollo angiocárpico y una gran variedad de formas. Inicialmente parecen un huevo y al madurar emerge el basidiocarpo como una clava con un pseudoestípite, sin anillo pero con volva y con ápice ensanchado. La gleba es gelatinosa y generalmente fétida, vital para la dispersión de sus esporas, aunque puede ser inodora o tener olores dulces. Pueden llegar a tener unos 20 cm de alto, con consistencia carnosa, fuertemente pigmentados de color rojo o blanco. Los basidiomas que se desarrollan en el suelo son epígeos al madurar. La mayoría son saprobios debido a su hábitat lignícola, pero algunas especies han sido registradas como ectomicorrizas. Su distribución es cosmopolita (Cepero, et al. 2012).

i. Familia Phallaseae

Los hongos pertenecientes a esta familia son de formas y colores muy diversos. Se caracterizan por tener un receptáculo simple, no ramificado y una gleba unida a la parte superior externa del receptáculo. La gleba es viscosa de olor nauseabundo fuerte, importante para la dispersión de sus esporas, ya que atrae moscas y otros insectos que se llevan las masas de esporas en sus extremidades hacia otros lugares. Durante los primeros estadios del desarrollo del cuerpo fructífero presenta forma de huevo, que luego se rompe y se expande y, en algunos casos, desaparece totalmente durante la madurez (Cepero, et al. 2012).

E. Estudios realizados en Guatemala

Los hongos han tenido gran importancia en el área mesoamericana desde la época de la cultura Maya. Las primeras exploraciones micológicas en Guatemala fueron realizadas por Sharp (1948), quien recolectó algunos hongos y los comparó con los del este de México y Estados Unidos. Este su trabajo citó diversas especies silvestres entre las que se encuentra *Crucibulum vulgare* (familia Nidulariaceae).

Sommerkamp (1984) realizó un estudio de hongos procedentes del Biotopo Universitario “Licenciado Mario Dary Rivera” para la conservación del Quetzal, situado en Purulha, Baja Verapaz. En este trabajo se describieron un total de 119 especímenes entre los cuales se reportaron *Cookeina* y *Lycoperdon*.

Guzmán (1985) y colaboradores, describieron una nueva especie de hongo comestible en un bosque de *Quercus* y *Cupressus* en el departamento de Chimaltenango, denominándola como *M. guatemalensis*.

Rizzo (1999) realiza el primer estudio taxonómico en el norte de Guatemala, específicamente en el Parque Nacional Tikal, ubicado en el Departamento de Petén. Este estudio brindó nuevos registros para el país en un bosque sub-tropical húmedo, en el que se citaron 40 especies, cuatro de discomycetes y cuatro de gasteromycetes.

Morales (2001) realizó un estudio etnomicológico en la cabecera municipal de Tecpán Chimaltenango Guatemala, brindando conocimientos sobre la identificación de hongos en las diferentes etnias que habitan el país, mediante la entrevista y colectas de hongos en bosques de pino y encino del lugar. En este estudio se reportaron *Helvella crispa*, *H. lacunosa* (discomycetes) y *L. perlatum* (gasteromycetes).

Calonge, Moreno-Arroyo y Gómez (2008) en Ecuador y Guatemala colectaron algunas especies de gasteromycetes que representan un aporte en lo que a la corología y taxonomía fúngica se refiere. En este estudio se citó *S. leptopodium*.

Morales, García, Cáceres, Bran, Gurriarán y Flores (2009) presentaron una revisión bibliográfica de las publicaciones comprendidas entre los años de 1948 y 2008 sobre

macrohongos, en las cuales se identificaron 21 especies pertenecientes a 12 géneros de Gasteromycetes de Guatemala tomando en cuenta su distribución, hábitat y localidad.

Flores, Comandini y Rinaldi (2012) documentaron una lista basada en la literatura de la diversidad de macrohongos de las diferentes regiones de Guatemala, donde se reportaron 19 especies de Pezizales, cinco especies de Geastrales y cuatro especies de Phallales.

Medel, Morales, Castillo y Cáceres (2013) enriquecieron aún más el conocimiento que se tenía de los Ascomycetes al brindar nuevos registros de especies para Guatemala. El estudio se basó en una revisión bibliográfica y material adicional reportado principalmente en bosques de robles y bosques nubosos de occidente de Guatemala. En el estudio se reportaron cuatro especies de Helotiales, cinco de Hypocreales, dos Orbiliales y 18 Pezizales.

Pérez, Muñoz y Bonilla (2016) también contribuyeron a enriquecer el conocimiento al realizar un estudio en las áreas verdes y boscosas del cinturón ecológico metropolitano de la ciudad de Guatemala. En el estudio se reportaron *Scleroderma* sp. y *Geastrum* sp.

Castañaza (2017) realizó un estudio de macrohongos gasteromycetes y Polyporales asociados a *Quercus*, en el bosque de la granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En este estudio se reportaron tres gasteromicetes: *Calvatia* sp., *S. areolatum*, *Langermannia* sp.; y un discomycete: *M. guatemalensis*, enriqueciendo de esta manera el conocimiento de hongos en Guatemala.

F. Parque Natural Ixpanpajul, Petén

El parque natural posee una extensión de 9 km², equivalentes a 450 hectáreas, se localiza a 468 Km de la ciudad Capital sobre la carretera CA-13. La altitud varía entre los 180 y los 360 m y la temperatura que oscila entre 24°C y 36°C a la sombra; la humedad relativa va de 15% hasta 81% entre los meses de Junio y Diciembre. Posee más de 200 especímenes de árboles, más de 150 especies de aves y alrededor de 40 especies de mamíferos (Ixpanpajul 2018).

IV. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es considerado un país megadiverso en el cual se han reportado alrededor de 380 especies de macrohongos, documentados principalmente en departamentos del occidente, por lo que existen vacíos de información en otras áreas del país. En el departamento de Petén, el más extenso de Guatemala solamente se ha realizado un estudio de macrohongos, en el cual se documentó la micobiota del Parque Nacional Tikal (Rizzo, 1999), por lo que el conocimiento de las especies de esa región es mínimo.

El Parque Natural Ixpanpajul es un refugio natural localizado en el departamento de Petén, el cual posee una amplia variedad de animales, plantas y árboles, sin embargo, en dicho lugar no se ha documentado ninguna especie de hongos. Por tal motivo, en este estudio se propone identificar la riqueza de discomycetes (Ascomycota) y gasteromycetes (Basidiomycota) que se desarrollan en dicha área, tomando como base el inventario realizado por Rizzo (1999).

Lo anterior no solamente con el fin de incrementar el conocimiento de la diversidad de macrohongos del país, sino que también porque es esencial, ya que la deforestación en este departamento atenta contra la diversidad fúngica. Además, documentar la diversidad de macrohongos en el Parque Natural Ixpanpajul añadirá valor ecológico y se contribuirá con la conservación y el enriquecimiento del conocimiento general del país.

V. OBJETIVOS

Objetivo General

- Documentar los macrohongos de discomycetes y gasteromycetes del Parque Natural Ixpanpajul, Santa Elena, Petén, a través de la determinación de la riqueza de especies.

Objetivos Específicos

- Determinar la riqueza específica de discomycetes y gasteromycetes a través de la elaboración de un listado de especies.

VI. HIPÓTESIS

Por ser un estudio descriptivo no se plantean hipótesis.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Universo

Los discomycetes y gasteromycetes recolectados en el Parque Natural Ixpanpajul, Santa Elena, Petén.

B. Muestra

Discomycetes y gasteromycetes recolectados en dos parcelas de 100 m x 100 m., ubicadas en el Parque Natural Ixpanpajul, Santa Elena, Petén, durante los meses de julio a diciembre.

C. Recursos

1. Humanos

- a. Estudiante: Br. Fernando Antonio de León Coronado.
- b. Asesores: Lic. Osberth Isaac Morales Esquivel y Licda. María del Carmen Bran.

2. Institucionales

Departamento de Microbiología. Unidad de Biodiversidad, Tecnología y Aprovechamiento de los Hongos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

Micoteca “Ruben Mayorga Peralta” –MICG- del Departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (USAC).

Parque Natural Ixpanpajul, Santa Elena, Petén.

D. Materiales

1. Materiales

- Bolsas con cierre hermético
- Cajas Plásticas con compartimientos ajustables marca DURAMAX®
- Papel encerado

- Cinta métrica
- Tubos de PVC de 20 cm de longitud
- Canastas
- Bolsas plásticas
- Bolsas Ziploc®
- Vasos plásticos desechables
- Lápices
- Lapiceros
- Cuadernos empastados
- Capas plásticas
- Reglas de 10cm, 20cm y 30cm.
- Papel Bond tamaño carta 80g.
- Papel Bond para reciclar
- Navaja
- Machete
- Lupa
- Botas altas de hule
- Calcomanías (3 x 2 cm.)
- Tijeras
- Portaobjetos
- Cubreobjetos
- Papel limpia lentes
- Papel absorbente
- Hojas de bisturí No. 10 y 11
- Mango No. 3 de bisturí

2. Equipo

- GPS (Sistema de Posicionamiento Global)
- Medidor de temperatura y humedad VWR®
- Cámaras fotográficas OLYMPUS® SP-61OUZ y Panasonic LUMIX® DMC-FH8

- Deshidratadoras portátiles Marca Nesco®, modelo FD-60 y FD-37A
- Computadoras portátiles DELL®, TOSHIBA® y HP®.
- Microscopios Leica® modelo CME con objetivos 40x y 100x
- Congelador a -8°C
- Deshidratadoras artesanales
- Microscopio Estereoscopio LW Scientific® con ojetivos de 10x y 40x0

3. Reactivos de laboratorio

- Solución de KOH 5%
- Colorante Rojo Congo al 1%
- Reactivo de Melzer
- Colorante Azul de Lactofenol
- Aceite de Inmersión

4. Económico

- Los reactivos a utilizar para el estudio, material de laboratorio e instrumental serán 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

Es un estudio de tipo longitudinal, observacional y descriptivo.

2. Unidad de análisis

El estudio se basa en todos los especímenes de discomycetes y gasteromycetes recolectados en el área del bosque de la Reserva Natural Ixpanpajul durante los meses de junio a diciembre, cada uno con un intervalo de un mes.

F. Procedimiento

1. Delimitación del área de muestreo

El procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Mueller et al., (2004).

- Se seleccionaron dos áreas de bosque dentro del Parque Natural Ixpanpajul, Santa Elena, Flores, Petén, sin efecto de borde.
- Se delimitaron dos parcelas de 100 x 100. La primera ubicada a una altitud de 315 a 260 m y la segunda a 180 a 245 m sobre el nivel del mar, las cuales se muestrearon cada mes en el transcurso de los meses de julio a diciembre.
- Cada parcela fue dividida en 10 transectos en 100 metros de longitud, dispuestos paralelamente a intervalos de 10 metros.

2. Recolección de los especímenes

Se realizó de acuerdo a lo recomendado por Mueller et al. (2004).

- Los especímenes fueron recolectados en el área delimitada por el método oportunístico, que consiste en caminar en los transectos marcados. Paralelamente se tomaron las coordenadas de geolocalización.
- Se tomaron fotografías de cada ejemplar para crear un registro macroscópico de los hongos *in situ*.
- Para los hongos que fueron encontrados sobre madera se recolectó con parte del sustrato cortándolo con un cuchillo. Para los hongos que fueron encontrados en el suelo se utilizó un cuchillo para cavar alrededor con el fin de obtener el espécimen intacto, para los encontrados en ramas u hojarasca se recolectó con parte del sustrato donde estos estaban.
- Se tomó nota del hábitat y el tipo de sustrato (hojarasca, madera, suelo).
- Una vez recolectados se marcaron con número de recolecta, de espécimen y de parcela y se colocaron en una bolsa o recipiente adecuado.
- Las muestras se transportaron de vuelta a la estación de campo en canastas para la posterior clasificación, descripción y secado de las mismas.

3. Descripción macroscópica de los cuerpos fructíferos

Para la descripción de los gasteromycetes, el procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Calonge, (1998). Se tomaron en cuenta las características: tamaño, forma, consistencia y color de los basidiomas.

Para la descripción de los discomycetes, el procedimiento se realizó de acuerdo con lo recomendado por Korf, (1972). Se tomaron en cuenta las características: tamaño, forma, consistencia y color de los apotecios.

4. Descripción microscópica de especies

Se realizó de conformidad con lo recomendado por Calonge, (1998) y Korf, (1972).

- Los especímenes se cortaron con una hoja de afeitar en fragmentos manejables con la ayuda de un estereoscopio.
- A cada fragmento se le realizaron cortes más finos de manera transversal.
- Con cada espécimen se observaron cuatro cortes realizados en montajes húmedos, con reactivo de Melzer, KOH al 5%, rojo congo al 1% y azul de lactofenol.
- Los montajes fueron observados en un microscopio óptico, se describieron las características microscópicas anotándolas en la bitácora de trabajo.
- Para la identificación del género y especie se utilizaron distintas claves, según los criterios para cada grupo. Para los gasteromycetes se utilizaron Calonge, (1998) y (2005), Sunhede, (1989) y Morales, Nassar y Saenz, (1974). Para los discomycetes se utilizaron: Korf, (1972), Ekanayaka et al., (2016), Denison, (1967) y (1969), Calonge, Mata y Umaña, (2006), Moravec, (1969).

5. Tratamiento y conservación de especímenes

El procedimiento se realizó tomando como base lo recomendado por Mueller, et al. (2004).

- Cada espécimen recolectado se colocó individualmente en una bandeja de papel con una ficha de datos con el código del espécimen (número de colecta, número de parcela, número de ejemplar), fecha de recolección, el recolector y el sustrato.

- Todos los especímenes fueron colocados en una desecadora por 24 horas a 65°C.
- Posteriormente los especímenes se guardaron en bolsa plástica individual y fueron tratados por 48 horas en congelación a -8°C.
- Seguidamente de la congelación se extrajeron los especímenes y se colocaron nuevamente en la desecadora por 24 horas a 65°C.
- Por último cada espécimen fue colocado individualmente dentro de bolsas de nylon junto con la ficha de datos, esta fue sellada por tratamiento térmico para su almacenamiento en la Micoteca “Ruben Mayorga Peralta” -MICG- .

6. Análisis de datos

La riqueza de especies se determinó basándose únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de la importancia de las mismas (Moreno, 2001).

VIII. RESULTADOS

A. Riqueza específica

Se recolectaron 52 especímenes de los cuales, para el *Phylum* Ascomycota se identificaron tres familias, cinco géneros e igual número de especies. En el *Phylum* Basidiomycota se identificaron tres familias y siete géneros e igual número de especies. La riqueza específica fue de 12 especies y en total siete fueron nuevos registros para el país (Tabla 1).

Tabla 1. Género y especies recolectadas en el Parque Natural Ixpanpajul, Petén.

Phylum/Orden	Familia	Género y Especie
Ascomycota		
Orbiliiales	Orbiliaceae	<i>Orbilia</i> sp.
Pezizales	Sarcoscyphaceae	* <i>Cookeina tricholoma</i> (Mont.) Kuntze. * <i>Cookeina speciosa</i> (Fr.) Dennis. * <i>Phillipsia dominguensis</i> (Berk.) Berk.
	Pyrenomataceae	* <i>Pulvinula globifera</i> (Berk. & Curt.) Le Gal
Basidiomycota		
Agaricales	Agaricaceae	<i>Calvatia</i> sp. * <i>Morganella fuliginea</i> (Berk. Et Curt) Kreisel & Dring.
Geastrales	Geastraceae	<i>Geastrum fimbriatum</i> (Fries). Fries. <i>Geastrum saccatum</i> (Fr.) Fr. * <i>Geastrum rufescens</i> (Pers.) Pers. <i>Geastrum triplex</i> (Jungh), Tijdschr. Natuul. Gesch.
Phallales	Phallaceae	* <i>Phallus multicolor</i> (Berk. & Broome) Cooke

*Nuevo registro para el país.

B. Descripción Taxonómica

1. Discomycetes

a. *Cookeina speciosa* (Fr.) Dennis (Figura 1, A)

Apotecio de 1.5 - 1.6 cm de diámetro, estipitado, cupulado, liso, sésil, color naranja salmón tanto la cara externa como la cara himenial. Estípite de 1.3-1.6 cm y de 0.2 cm, cilíndrico atenuado hacia la base. En el borde del apotecio posee unas filas o hileras de pelos dispuestos en todo el margen, los cuales no sobrepasan 1.0 mm de longitud. Exípulo ectal textura globulosa-angularis, exípulo medular textura intricata. Ascas de 262.0-312.0 × 17.0-25.0 μm, de pared

gruesa redondeadas con base clavada con 7-8 ascosporas. Ascosporas de $18.0 - 42.0 \times 12.0 - 27.0 \mu\text{m}$ alantoides, paráfisis cilíndricas, septadas de $4.0 - 6.0 \mu\text{m}$ de diámetro.

Hábito: Solitario.

Hábitat: Lignícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural

Ixpanpajul, 01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 38 (Anexo 6).

b. *Cookeina tricholoma* (Mont.) Kuntze (Figura 1, B)

Apotecio de 2.9-0.4 cm de diámetro, estipitado, cupulado con pelos rígidos de color blanco a negro, color rojo salmón tanto la cara externa como la cara himenial. Estípite de $0.4-3.6 \times 0.1-0.3 \text{ cm}$, atenuado hacia la base con pelos color negro del ápice a la base. Exípulo ectal textura globulosa-intrincata y exípulo medular textura intrincata. Ascas de $250.0-355.0 \times 17.5-121.5 \mu\text{m}$ operculadas, no amiloides, de pared gruesa, redondeadas, base clavada, 7-8 ascosporas. Ascosporas de $15.0-42.0 \times 12.0-32.0 \mu\text{m}$ alantoides, con 1-2 gúttulas de aceite, paráfisis de $1.0-3.0 \mu\text{m}$ de diámetro, cilíndricas septadas.

Hábito: Solitario.

Hábitat: Lignícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural

Ixpanpajul, 04 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 10. 29 de septiembre de 2015, F. de

León-Coronado 24, 25 y 26. 31 de octubre de 2015, F. de León-Coronado 31, 32, 33, 34 y 35.

01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 45, 46, 47, 48, 49 y 50 (Anexo 6).

c. *Orbilina* sp. (Figura 1, C)

Apotecio de 0.1 cm de diámetro, cupulado, esparcido, liso ligeramente cóncavo, ondulado, color blanco amarillento en la superficie himenial, superficie externa lisa color amarillento. Hongo muy inmaduro estéril posee ascas no desarrolladas. Exípulo medular prismático.

Hábito: diseminado.

Hábitat: Lignícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural

Ixpanpajul, 01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 51 (Anexo 6).

d. *Phillipsia dominguensis* (Berk.) Berk. (Figura 1, D)

Apotecio de 1.4-7.0 cm de diámetro, con forma de disco con un estípote rudimentario, cartilaginoso en fresco. Cara himenial color corinto-pálido y cara externa blanca, tomentosa. Exipulo ectal textura prismática-intrincata y exípulo medular textura intrincata. Ascas de 250.0-328.0 × 10.0-17.5 μm, pared gruesa, paráfisis de 2.0-6.0 μm de diámetro, ascas de 7-8 ascosporas. Ascosporas de 15.0-33.0 × 10.0-20.0 μm, asimétricas alantoides con surcos, con 1 o 2 gúttulas.

Hábito: Solitario.

Hábitat: Lignícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural Ixpanpajul, 04 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 09. 31 de octubre de 2015, F. de León-Coronado 30. 01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 39, 40, 41, 42, 43 y 44 (Anexo 6).

e. *Pulvinula globifera* (Berk. & Curt.) Le Gal (Figura 1, E)

Apotecio de 0.2-0.3 cm de diámetro, cupulado, esparcido, liso ligeramente cóncavo, ondulado, color blanco en su superficie fértil y carnosa en su superficie externa. Exipulo ectal textura angularis y exípulo medular textura intrincata embebido en matriz gelatinosa. Ascas de 112.5-150.0 × 7.5-10 μm, terminaciones redondas, base rectangular redondeadas bifurcadas con 7-8 ascosporas, simetría radial. Asosporas de 8-11 μm, 1 o 2 gúttulas. Paráfisis de 2.0-3.0 μm de diámetro, más largas que las ascas, con forma de bastón (curvadas) con dos septos.

Hábito: Gregario.

Hábitat: Lignícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural Ixpanpajul, 31 de octubre de 2015, F. de León-Coronado 27 (Anexo 6).



Figura 1. Ascomas de Discomycetes. A. *C. speciosa*. B. *C. tricholoma*. C. *Orbilina* sp. D. *P. dominguensis*. E. *P. globifera*.

2. Gasteromycetes

a. *Calvatia* sp. (Figura 2, A)

Basidioma de 3.5 × 4.5 cm de diámetro, globoso-piriforme con cordones miceliares basales. Exoperidio en forma de placas irregulares, planas, blanco. Endoperidio papiráceo amarillo pardo. Gleba pardo-amarillenta oscura, subgleba bien desarrollada. Capilicio de 2.0-4.0 µm de diámetro, fragmentado. Esporas de 3.0-4.0 µm de diámetro, con verrugas sublisas con una pequeña vacuola excéntrica.

Hábito: Solitario.

Hábitat: Terrestre.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural Ixpanpajul, 04 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 08 (Anexo 6).

b. *Geastrum fimbriatum* (Fries). Fries, Syst, Mycol. (Figura 2, B)

Basidioma abierto de 1.5-5.0 cm de diámetro. Exoperidio no higroscópico, que se escinde en 5-8 lacinias curvadas hacia dentro por debajo, de hasta 0.1 cm de ancho, longitud de 1.8-3.5 cm desde la base, color beige que terminan en apices agudos. Capa pseudoparenquimatosa amarillo pálido a café pardo en seco; capa miceliar café, cubierta por restos del substrato. Endoperidio globoso de 0.8-1.6 cm de diámetro, sésil, no pedicelado, superficie lisa, cubierta por tomento finísimo pardo amarillento o beige. Peristoma fimbriado, cónico, sin delimitar, ligeramente más oscuro que el resto del endoperidio. Columela subglobosa a elipsoide. Capilicio de 2.0-7.0 µm de diámetro con o sin lumen. Esporas de 3.0-5.0 µm de diámetro, globosas con verrugas de 0.3-1.0 µm de longitud.

Hábito: Solitario – Gregario.

Hábitat: Humícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural Ixpanpajul, 31 de julio de 2015, F. de León-Coronado 01 y 02. 04 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 06. 29 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 11, 13, 14, 15, 16 y 17. 31 de octubre de 2015, F. de León-Coronado 28. 01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 36 (Anexo 6).

c. *Geastrum rufescens* (Pers.) Pers., Syn. Meth. (Figura 2, C)

Basidioma de 2.0-5.4 cm de diámetro en estado completamente abierto. Exoperidio no higroscópico que se escinde en 6-7 lacinias. Capa pseudoparenquimatosa de 0.5-2.0 mm de grosor en fresco, que se agrieta y se desprende en placas. Capa fibrosa coriácea, color rosa en ambas caras. Capa miceliar con abundante substrato rosa grisáceo en la cara interna. Endoperidio de 1.4-2.3 cm de diámetro, sésil globoso, pseudoestipitado, con superficie finamente hirsuta, parda, sin apófisis. Peristoma fimbriado sin delimitar que sobresale ligeramente, columela globosa. Capilicio de 3-6 μm de diámetro con lumen estrecho. Esporas de 3.0-5.0 μm de diámetro, globosas con verrugas cilíndricas de 0.4-0.9 μm .

Hábito: Solitario – Gregario.

Hábitat: Humícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural

Ixpanpajul, 29 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 20, 21 y 23. 31 de octubre de 2015, F. de León-Coronado 29 (Anexo 6).

d. *Geastrum saccatum* (Fr.) Fr. Syst. Mycol. (Figura 2, D)

Basidioma de 4.0-4.5 cm de diámetro en estado completamente abierto. Exoperidio no higroscópico que se escinde en 6-9 lacinias por debajo del disco exoperidial de 1.0 mm de grosor. Capa pseudoparenquimática amarilla parda. Capa fibrosa amarilla. Endoperidio de 1.1-1.8 cm de diámetro, sésil, globoso pardo grisáceo, liso, sin apófisis. Peristoma cónico, fimbriado, bien delimitado por un círculo. Columela globosa. Capilicio de 2.0-7.0 μm con o sin lumen. Esporas de 2.0-4.0 μm de diámetro, globosas con verrugas cilíndricas de 0.4-0.8 μm de altura.

Hábito: Solitario.

Hábitat: Terrestre.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural

Ixpanpajul, 04 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 5 y 7 (Anexo 6).

e. *Geastrum triplex* (Jungb), Tijdschr. Natuul. Gesch. (Figura 2, E)

Basidioma de 3.4 - 4.8 cm de diámetro en estado completamente abierto. Exoperidio no higroscópico que se escinde en 6-8 lacinias. Capa pseudoparenquimatosa de 2.0 mm de espesor en fresco, amarillo o amarillo naranja. Durante el desarrollo la capa se agrieta alrededor del endoperidio y forma un collar característico. Capa fibrosa papirácea. Capa miceliar adherida a la fibrosa, parda, con fisuras. Endoperidio de 1.4-2.4 cm de diámetro, sésil, globoso, superficie parda, sin apófisis. Peristoma fimbriado y delimitado. Columela globosa. Capilicio de 4.0-7.0 μm de diámetro con lumen estrecho o sin él. Esporas de 3.0-6.0 μm de diámetro, globosas con verrugas cilíndricas de 0.2-0.8 μm .

Hábito: Gregario.

Hábitat: Humícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural Ixpanpajul, 29 de septiembre de 2015, F. de León-Coronado 18, 19 y 21 (Anexo 6).

f. *Morganella fuliginea* (Berk. Et Curt) Kreisel & Dring (Figura 2, F)

Basidioma globoso de 0.9-1.5 \times 0.8-1.9 cm de diámetro. Exoperidio café ocre que se oscurece a medida que llega al ápice, con una serie de espinas formadas por cadenas de células isodiamétricas de 9.0-24.0 μm de largo y 6.0-15.0 μm de ancho, con un crecimiento lateral parecido a abrazadera. Endoperidio café, liso, papiráceo, con gleba y subgleba compacta. Dehiscencia por una ruptura irregular. Capilicio de 3.0-6.0 μm . Esporas de 4.0-5.0 μm , globosas con espinas de 0.8-1.0 μm de largo, con un pequeño aro o burbuja que se asemeja a una envoltura hialina.

Habito: Gregario a Cespitoso.

Hábitat: Lignícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural Ixpanpajul, 31 de julio de 2015, F. de León-Coronado 03. 01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 37 (Anexo 6).

g. *Phallus multicolor* (Berk. & Broome) Cooke (Figura 2, G)

Basidioma maduro de hasta 22.5 cm de altura en estado fresco. Exoperidio residual de 3.5 × 4.5 cm de diámetro, volviforme, cilíndrico con tonalidades grisáceas y rojizas en fresco. Pseudoestípite cilíndrico de 12.8 cm de longitud, 2.9 cm de diámetro en la base y 2.5 cm en el ápice, atenuado hacia el receptáculo, esponjoso, hueco, blanco-amarillento, reticulado. Receptáculo de 3.5-1.8 x 3.8 de longitud en fresco, cónico, reticulado, color grisaseo-amarillento con alveolos reticulados blancos, termina en corona ondulada blanca. Indusio de 12.0 cm de longitud de color naranja en fresco, con perforaciones desiguales de hasta 1.1 × 1.9 cm de diámetro. Cordones miceliáres o rizomorfos bien formados en la base de la volva. Indusio con células globosas hialinas de 55.0-30.0 × 40.0-25.0 μm de diámetro. Pseudoestípite con textura angularis, con células de 45.0-25.0 x 30.0-12.0 μm de diámetro. Receptáculo/gleba con células polihedricas de diámetro 40.0-15.0 x 25.0-12.0 μm. Volva con hifas en varias direcciones. Esporas 5.0-4.0 × 3.0-2.0 μm, elípticas, hialinas, sin ornamentos.

Hábito: Solitario.

Hábitat: Humícola.

Localidad: Guatemala, Departamento de Petén, Municipio de Santa Elena, Parque Natural

Ixpanpajul, 01 de diciembre de 2015, F. de León-Coronado 52 (Anexo 6).



Figura 2. Basidiomas de Gasteromycetes. A. *Calvatia* sp. B. *G. fimbriatum*. C. *G. rufescens*. D. *G. saccatum*. E. *G. triplex*. F. *M. fuliginea*. G. *P. multicolor*.

IX. DISCUSIÓN

En Guatemala, la diversidad de hongos gasteromycetes y discomycetes se ha estudiado muy poco en bosques tropicales (Rizzo, 1999), por lo que, con el fin de contribuir a llenar el vacío de información existente, este estudio determinó la riqueza de estos macrohongos en el Parque Natural Ixpanpajul, Petén.

Con respecto a los gasteromycetes, estudios previos realizados por Morales et al., (2009) indicaron que en un periodo de 60 años (1948 a 2008), se reportaron 21 especies pertenecientes a 12 géneros. En dicho estudio se indicó que en el departamento del Petén se han citado solamente *Cyathus olla* (Batsch) Pers y *G. fimbriatum* Fr. Sin embargo, con los resultados que aporta este estudio se documentó que también se desarrollan hongos de los géneros *Calvatia*, *Morganella* y *Phallus*, así como dos especies más del género de *Geastrum*.

Con respecto al género *Geastrum*, la mayoría de especies han sido descritas en el altiplano guatemalteco, específicamente en los departamentos de Chimaltenango y Guatemala (*G. pectinatum*), Guatemala y Sacatepéquez (*G. saccatum*), Huehuetenango, Totonicapán y San Marcos (*G. triplex*). También en otros departamentos como Escuintla (*G. quadrifidum*) y Petén (*G. fimbriatum*) se ha reportado este género, por lo que se destaca que es de amplia distribución en el país (Flores, Comandini, Rinaldi, 2012). Por otra parte, el género *Morganella* se describe por primera vez en Guatemala. *M. fuliginea* se conoce que es de amplia distribución en América ya que se ha reportado desde las selvas de Brasil hasta Costa Rica en climas similares a los de los bosques de Petén (Morales et al., 1974; Alfredo, Leite, Braga-Neto, Baseia, 2012).

Del género *Phallus* en el país solamente se ha reportado *P. impudicus* (Medel, et al., 2013) quizás porque es muy poco común. En el caso particular de *P. multicolor*, el único registro para América hasta la fecha se encontró en un bosque en la Guayana Francesa, Sudamérica a 30 msnm, con datos proporcionados por el Centro para el estudio de la biodiversidad en la Amazonía -CEBA-, el cual constituye el único registro en el continente hasta la fecha. La mayor distribución de *P. multicolor* se encuentra en Asia entre los países de Australia, Japón, Malasia,

Taiwán y Guam, por lo que este estudio revela importantes resultados no solo para el país, sino incluso para América (Global Biodiversity Information Facility –GBIF-, 2014)

El género *Calvatia* ha sido reportado en el país en los departamentos de Guatemala, Huehuetenango y Totonicapán (*C. cyathiformis*), Escuintla y Santa Rosa (*C. lilacina*) (Flores, Comandini, Rinaldi, 2012) aunque no se tienen registros en bosques del departamento del Petén. El espécimen encontrado en este trabajo no pudo identificarse por estar inmaduro y no se encontró en ningún otro muestreo.

Con respecto a los discomycetes se indica que es un grupo cuya clasificación taxonómica es aun controversial. Korf (1972) los describió e incluyó en ocho órdenes, los cuales se mantuvieron hasta que Ekanayaka et. al. (2017), por medio de técnicas de secuenciación genética, indicaron que existen un total de 43 órdenes.

En Guatemala existen muy pocos estudios sobre estos hongos, ya que se han descrito 29 especies pertenecientes a tres órdenes, de los cuales ninguno está reportado en el departamento del Petén (Medel et. al. 2013). Los resultados de este trabajo demuestran la presencia de los géneros de *Orbilia*, *Cookeina*, *Phillipsia* y *Pulvinula* en Petén, con los cuales se incrementa el conocimiento micológico del país.

Del género *Cookeina*, solo se tienen registros de *C. sulcipes* en el departamento de Santa Rosa (Sommerkamp y Guzman, 1990), sin embargo este estudio aporta dos nuevos registros, *C. tricoloma* y *C. speciosa*, las cuales también se conocen en Centro América y México. El género *Cookeina* es de distribución mundial y se encuentran en muchas regiones de América, África, Madagascar, Indonesia, Asia e Indias Orientales (Ekanayaka et al., 2016; Iturriaga & Pfister, 2006), por lo que era de esperarse que se encontrara en Guatemala.

En el género *Pulvinula*, la especie reportada en este estudio, *P. globifera*, debido a su pequeño tamaño que no sobrepasa los 0.5 cm ha sido poco estudiada. El hallazgo de esta especie es de gran importancia debido a que en países tropicales solamente se ha reportado de color blanco, aunque se cree que el color del mismo hongo pueda variar en el trópico.

Lamentablemente los registros de especímenes en fresco de otros países son de clima templado como Estados Unidos, por lo que no se pueden hacer comparaciones (Pfister, 1976).

El género *Phillipsia* es de distribución tropical y subtropical, cuya característica macroscópica más relevante es tener una coloración rojo carmesí, vino tinto, naranja o verde. Deninson (1969) incluyó 10 especies en dicho género. Es de amplia distribución y se le ha encontrado actualmente en Madagascar, Australia, Argentina, China y Costa Rica. En Guatemala es la primera vez que se describe *P. dominguensis* ya que previamente estaba reportada *P. guatemalensis* (Paden, 1977) por lo que se incrementa el conocimiento micológico para el país.

El género *Orbilina* en Guatemala se ha descrito en el departamento de Guatemala en los bosques de reservas naturales en la capital (*O. juruensis*) 1500 msnm (Medel et al., 2013), por lo que no se tienen registros de este espécimen en climas tropicales y subtropicales de bosques a menos de 500 msnm. Este espécimen no se pudo identificar por ser inmaduro al momento de su recolecta y no se encontró en ningún otro muestreo.

Los datos de este estudio revelaron que la funga (Kuhar, Furci, Drechsler-Santos, Pfister, 2018) del Parque Natural Ixpanpajul Petén, posee una gran riqueza de especies de hongos, muchos que han sido poco estudiados, por lo que se debe de continuar realizando investigaciones de hongos en el parque y en otras regiones del departamento del Petén, así como también las distintas reservas ecológicas que se encuentran en los departamentos de la franja transversal del norte, Petén, Alta Verapaz e Izabal, para que de esta manera se contribuya al conocimiento de la funga existente en los bosques tropicales de Guatemala.

X. CONCLUSIONES

- La riqueza específica encontrada en el sitio de estudio fue de 12 especies.
- Se describieron 52 especímenes de los cuales se identificaron cinco especies pertenecen al *Phylum* Ascomycota y siete especies para el *Phylum* Basidiomycota, de los cuales *C. Tricholoma*, *C. speciosa*, *G. rufescens*, *M. fuliginea*, *P. multicolor*, *P. dominguensis* y *P. globifera* constituyen nuevos registros para el país.

XI. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigaciones de hongos gasteromycetes y discomycetes en el Parque Natural Ixpanajul, así como en otras regiones del departamento del Petén, también en las distintas reservas ecológicas que se encuentran en los departamentos de la franja transversal del norte, Petén, Alta Verapaz e Izabal, para que de esta manera se contribuya al conocimiento de la funga existente en los bosques tropicales de Guatemala.

XII. REFERENCIAS

- Alexopoulos, C. (1996). *Introductory Mycology*. (4th. ed.). Texas: John Wiley & Sons, inc.
- Alfredo, D.S., Leite, A.G., Braga-Neto, R., Baseia, I.G. (2012). Two new *Morganella* species from the Brazilian Amazon rainforest. *Mycosphere* 3(1), 66-61.
- Barbosa, B. (2013). *Estudos sobre fungos gasteroides (Basidiomycota) no nordeste brasileiro*. (Tesis de doctorado). Universidad Federal de Pernambuco, Brasil.
- Calonge, F. (1998). Gasteromycetes, I., Lycoperdales, Nidulariales, Phallales, Sclerodematales, Tulostomales. *Flora Mycologica Ibérica*, 3, 1-271.
- Calonge, F. (2005). A tentative key to identify the species of *Phallus*. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*, 29, 9-17.
- Calonge, F., Mata, M. y Umaña, L. (2006). El género *Phillipsia* (Ascomycota) en Costa Rica, con una clave para identificar las especies. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*, 30, 35-42.
- Calonge, F., Moreno-Arroyo, B. y Gómez, J. (2008). Estudios sobre hongos tropicales: Algunas especies colectadas en Ecuador y Guatemala. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*, 32, 97-100.
- Calonge, F., Guzmán, G. y Medel, R. (2006). Nuevos registros de Pezizales (Ascomycota) de Veracruz. *Revista Mexicana de Micología*, 23, 83-86.
- Cannon, P. & Kirk, P. (2007). *Fungal families of the world*. London: British Library.
- Chacon, S. y Tapia, F. (2016). Algunas especies saprobias de Dothideomycetes y Lecanoromycetes (pezizomycotina: Ascomycota) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1169-1176.
- Cepero, M., Restrepo, S., Franco-Molano, A., Cardenas, M. y Vargas, N. (2012). *Biología de los hongos*. Bogotá: Ediciones Uniandes.
- Denison, W. (1967). Central American Pezizales. II. The genus *Cookeina*. *Micologia*, 59, 306-317.

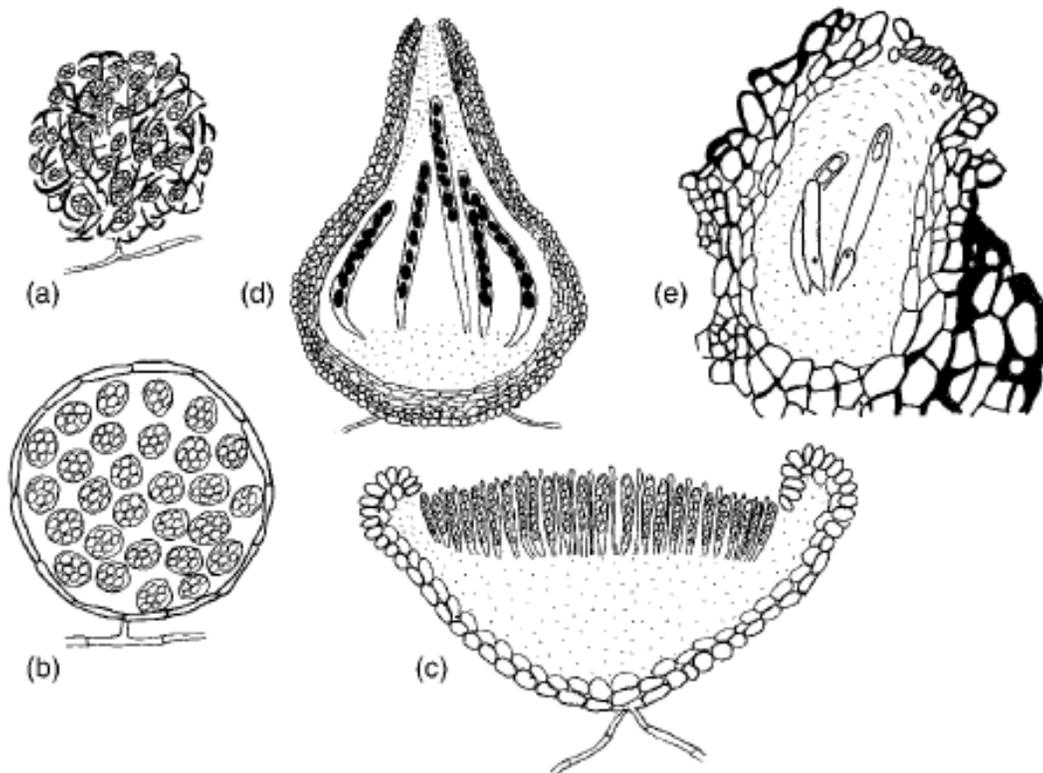
- Denison, W. (1969). Central American Pezizales. III. The genus *Phillipsia*. *Mycologia*, 61, 289-304.
- Ekanayaka, A., Hyde, K., Zhao, Q. (2016). The genus *Cookeina*. *Mycosphere*, 7(9), 1399-1413.
- Ekanayaka, A., Ariyawansa, H., Hyde, K., Jones, E., Daranagama, D., Phillips, A., Hongsanan, S., Jayasiri, S. & Zhao, Q. (2017). Discomycetes: the apothecial representatives of the Phylum Ascomycota. *Fungal Diversity*, 87(1), 237-298.
- Flores, R., Comandini, O. & Rinaldi, A. (2012). A preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge. *Mycosphere*, 3(1), 1-12.
- Global Biodiversity Information Facility. (2014). *Phallus multicolor* (Berk. & Broome) Cooke in GBIF Secretariat, Copenhagen, Dinamarca. Recuperado: 03/08/2019, de GBIF Sitio web: <https://www.gbif.org/species/8618631>
- 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.
- Hanlin, R., y Tortolero, M. (1995). *Géneros ilustrados de ascomicetes*. Barquisimeto: Editorial Botánica.
- Iturriaga, T. Pfister, D. (2006). A monograph of the genus *Cookeina* (Ascomycota, Pezizales, Sarcoscyphaceae). *Mycotaxon*, 95, 137-180.
- Ixpanpajul. (2018). Parque Natural Ixpanpajul Petén Guatemala. Recuperado de: <http://www.ixpanpajul.com/>
- Kirk, P., Cannon, P., Minter, D. & Stalpers, J. (2008). *Dictionary of the fungi* (10th ed.). Wallingford: CABI Publishing.
- Korf, R. (1972). Synoptic key to the genera Pezizales. *Mycologia*, 64(5), 937-994.
- Kuhar, F., Furci, G., Drechsler-Santos, E. Pfister, D. (2018). Delimitation of Funga as a valid term for the diversity of fungal communities: the Fauna, Flora & Funga proposal (FF&F). *IMA Fungus* 9(2): 71-74.

- Medel, R., Morales, O., Castillo, R. & Cáceres, R. (2013). New Ascomycete records from Guatemala. *Mycotaxon*. 124, 73-85.
- Morales, M., Nassar, M., Saénz, J. (1974). *Lycoperdaceae* of Costa Rica. I. The Genus *Morganella*. *Revista Biologica Tropical*, 21(2), 221-227.
- Morales, O. (2001). *Estudio etnomicológico de la cabecera municipal de Tecpán Guatemala, Chimaltenango*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- 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
- Moravec, J. (1969). Some operculate discomycetes from the district of Mladá Boleslav and Jic (Bohemia). *Ceská Mykologie*. 23 (4): 222-235
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: M&T-Manuales y tesis.
- Mueller, G., Schmit, J., Huhndorf, S., Ryvarden, L., O'Dell, T., Lodge, J. ... Czederpiltz, D. (2004). Recommended protocols for sampling macrofungi. En G. Mueller, G. Bills & M. Foster (Eds.), *Biodiversity of fungi, inventorying and monitoring methods*. (pp. 168-172). San Diego: Elsevier Academic Press.
- Paden, J. (1977). Two new species of *Phillipsia* from Central America. *Canadian Journal of Botany*, 55(21).
- Pérez, C. Muñoz, E. Bonilla, O. (2016). *Análisis de la diversidad de macrohongos basidiomicetes de la reserva ecológica Cayalá*. (Seminario de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Pfister, D. & Kimbrough, J. (2001). Discomycetes. En D. McLaughlin, E. McLaughlin & P. Lemke (Eds.), *The Mycota VII, systematics and evolution*. (Part A). (Pp.257-281). Berlin: Springer-Verlag.

- Pfister, D. (1976). A Synopsis of the Genus *Pulvinula*. *Occasional Papers of the Farlow Herbarium of Cryptogamic Botany*, 9, 1-19. Harvard University Herbaria.
- Rizzo, E. (1999). *Estudio taxonómico de la mycobiota del parque arqueológico Tikal*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Sharp, A. (1948). Some Fungi common to the highlands of México and Guatemala and Eastern United States. *Mycologia*, 40(4), 499-502.
- Sommerkamp, Y., G. Guzmán, 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.
- Sunhede, S. (1989). *Geastraceae (Basidiomycotina)*. Oslo: Fungiflora.
- Webster J. & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. (3rd. ed). New York: Cambridge University Press.

XIII. ANEXOS

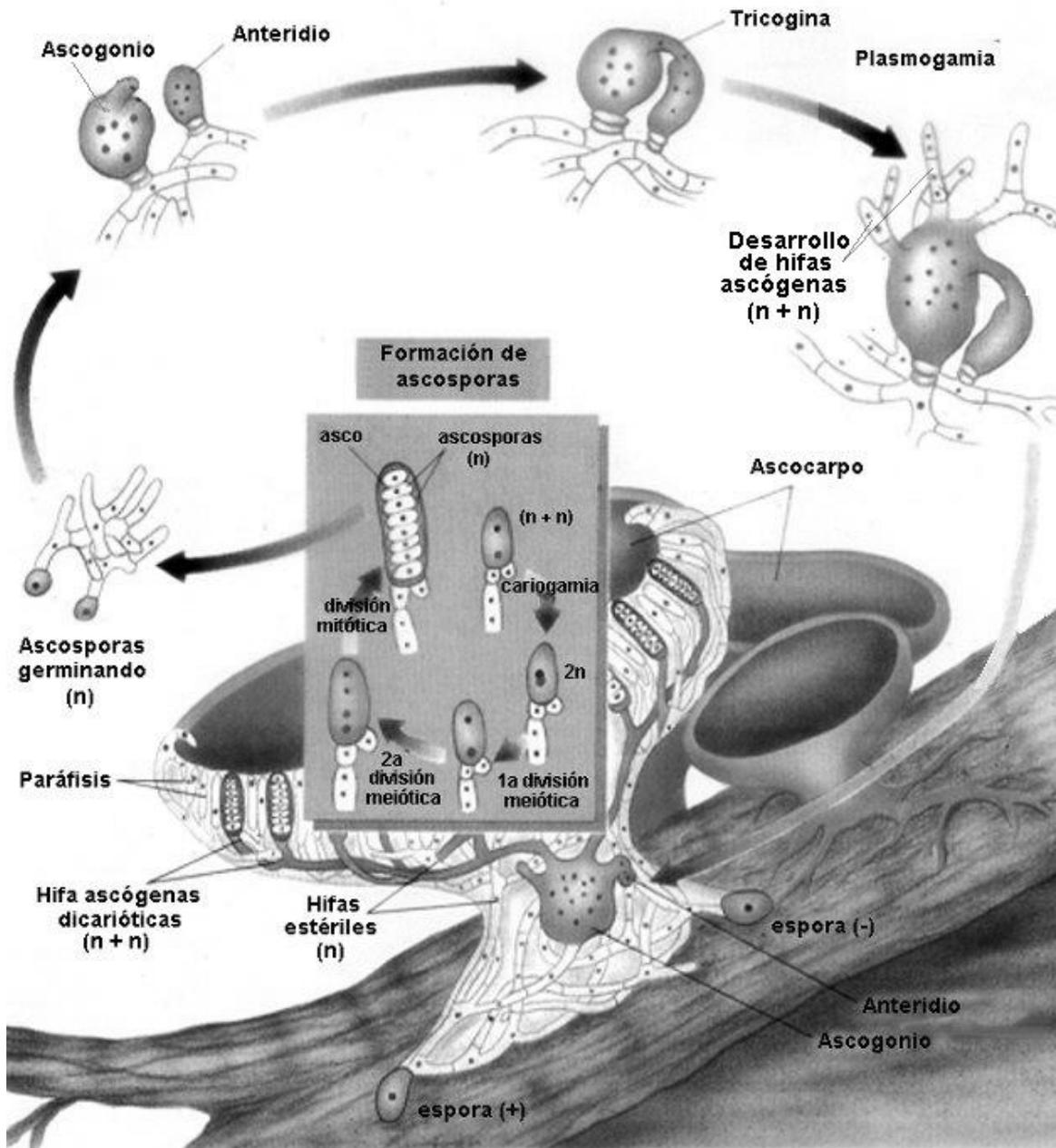
Anexo 1. Tipos de Ascocarpos



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

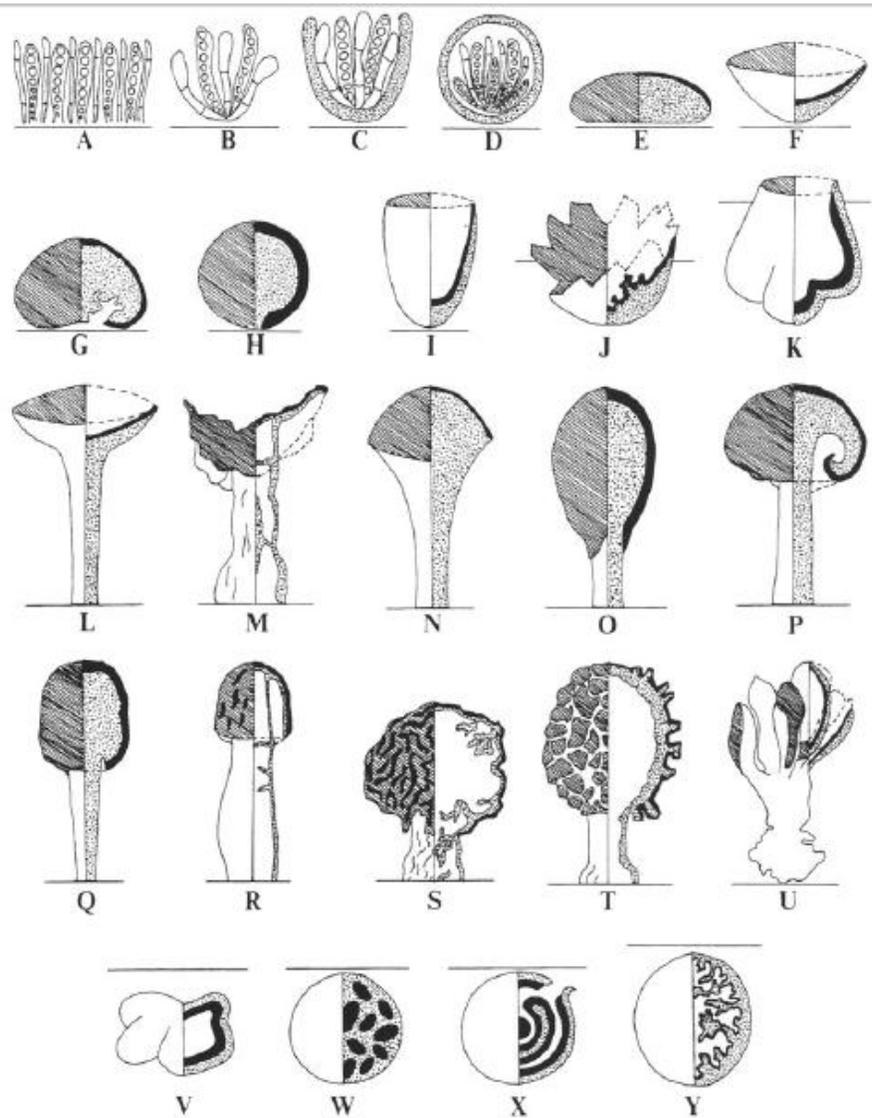
(a) Gimenotecio. (b) Clestotecio. (c) Apotecio. (d) Peritecio. (e) Pseudotecio,

Anexo 2. Reproducción sexual de Ascomycete.



Fuente: Hipertextos del Área de Biología. (2007). Recuperado de: <http://www.biologia.edu.ar/fungi/fungiclas.htm>

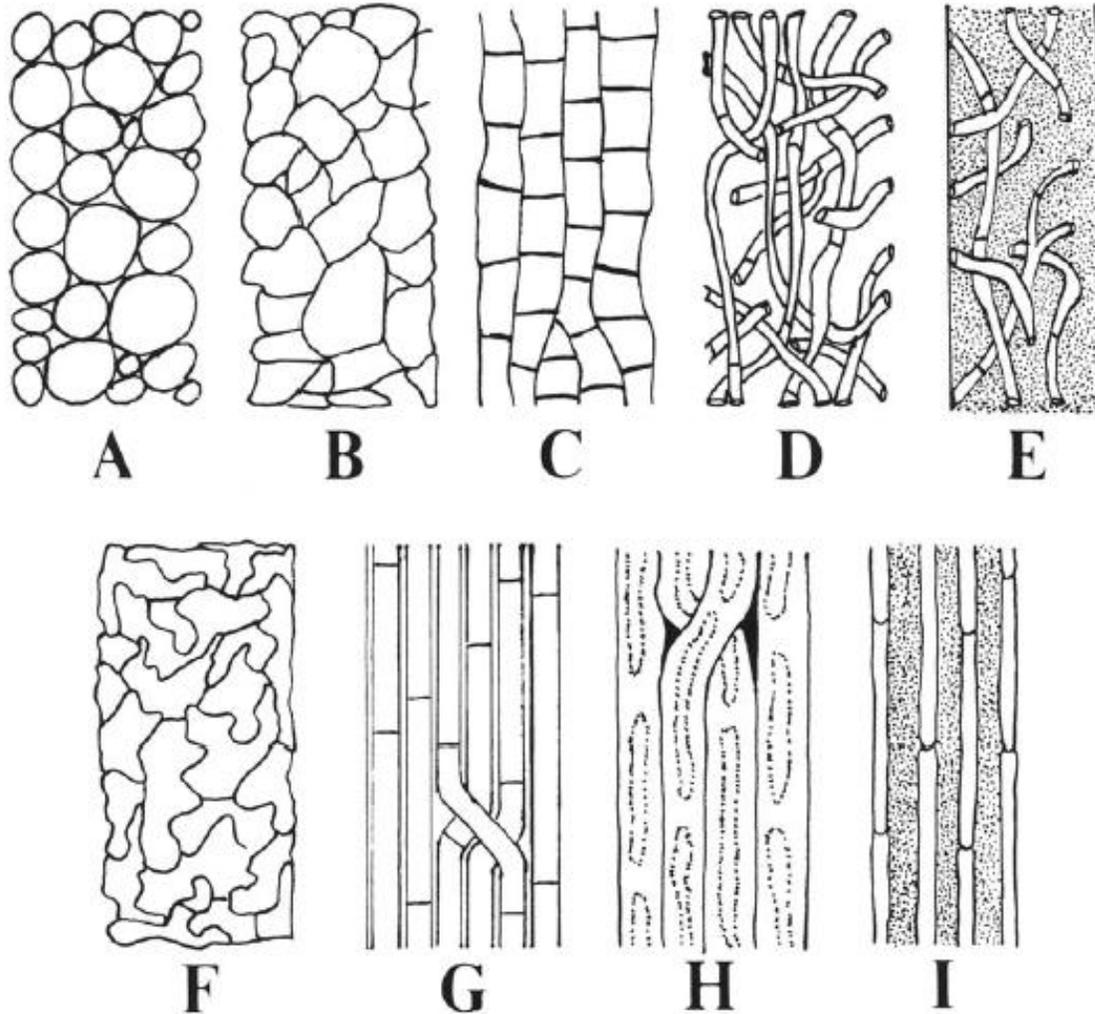
Anexo 3. Tipos de ascomas y configuraciones de himenios.



Fuente: Pfister, D., & Kimbrough, J. (2001). *Discomycetes*. (Pp.257-281). En D. McLaughlin, E. McLaughlin & P. Lemke (Eds.), *The Mycota VII, systematics and evolution. Part A*. Berlin: Springer-Verlag

A. ascas empalisadas y paráfisis en excípulo. B. ascas y paráfisis en forma de facículo. C. pequeño apotecio con algunas ascas. D. un ascoma cleitohymenial. E. un apotecio pulvinado. F. un apotecio cupulado. G. apotecio subpherical. H. apotecio o exotecia esférico. I. apotecio cupulado profundo. J. apotecio cupulado parcialmente sumergido en sustrato. K. apotecio parcialmente hipogeo. L. apotecio cupulado, estipitado. M. apotecio helveloide estipitado. N. apotecio turbinado estipitado. O. apotecio clavado. P. apotecio convexo estipitado. Q. apotecio clavado estipitado. R. apotecio verpoide estipitado. S. apotecio giroide estipitado. T. apotecio morqueloide. U. varios himenios en un estípite. V. ptycotecio. W. estereotecio. X. ptycotecio. Y. ptycotecio.

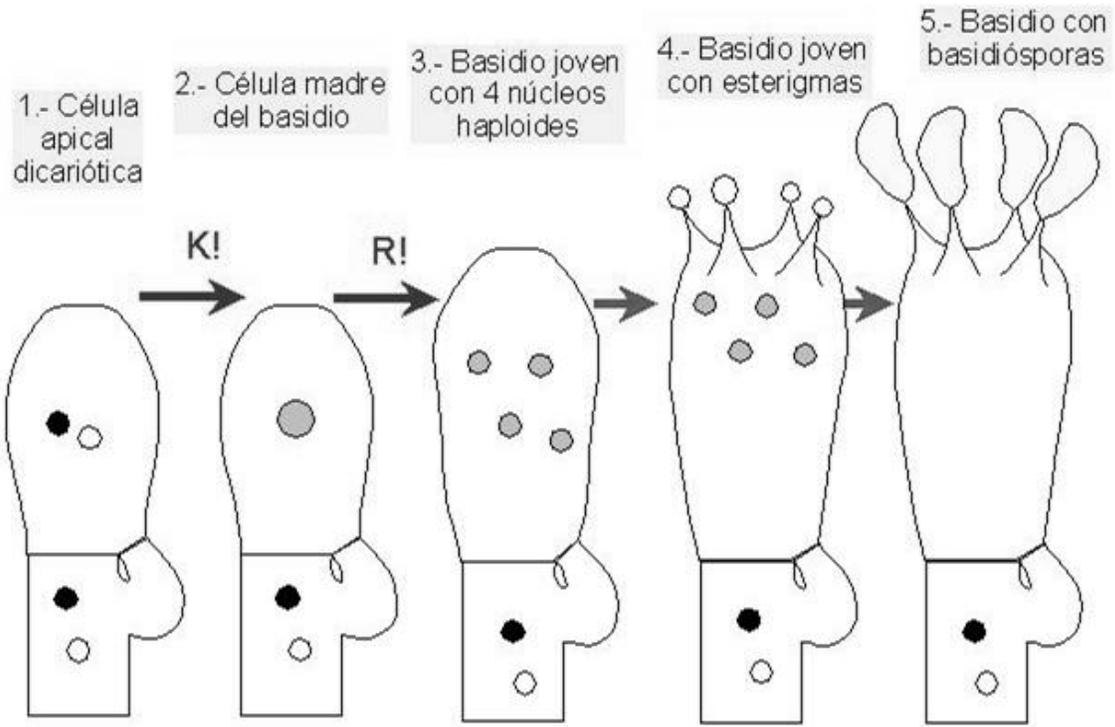
Anexo 4. Representación esquemática de los arreglos de las hifas en el excípulo.



Fuente: Pfister, D., & Kimbrough, J. (2001). *Discomycetes*. (Pp.257-281). En D. McLaughlin, E. McLaughlin & P. Lemke (Eds.), *The Mycota VII, systematics and evolution. Part A*. Berlin: Springer-Verlag

A. textura globulosa; B. textura angularis; C. textura prismática; D. textura intricata; E. textura intricata con hifas embebidas en matriz gelatinosa; F. textura epidermoidea; G. textura porrecta; H. textura oblita; I. hifas paralelas embebidas en matriz gelatinosa.

Anexo 5. Formación de un basidio en Basidiomycetes

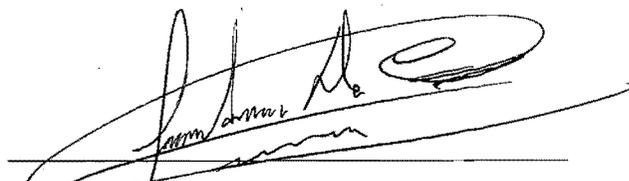


Fuente: Alexopolus, C. (1996). *Introductory Mycology*. (4er ed.). Texas: John Wiley & Sons, inc.

Anexo 6. Lugares de muestreo de Discomycetes y Gasteromycetes en la reserva natural Ixpanpajul.

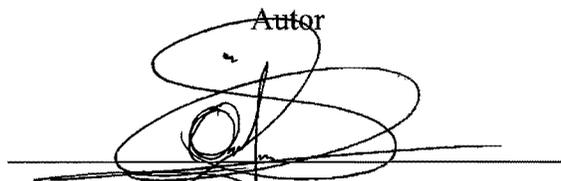
Sitio	Geroreferencia
Parcela 1	N16°52'14.5" - W089°49'13.5"
	N16°52'13.4" - W089°49'10.1"
Parcela 2	N16°52'24.7" - W089°19'00.5"
	N16°52'25.6" - W089°49'00.4"

Fuente: datos tomados experimentalmente en reserva natural Ixpanpajul, Petén.



Fernando Antonio de León Coronado

Autor



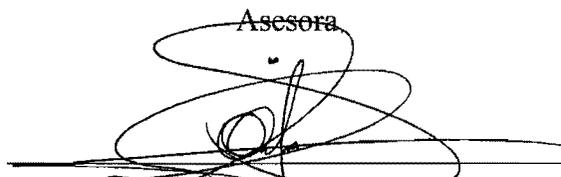
Lic. Osberth Morales Esquivel

Asesor



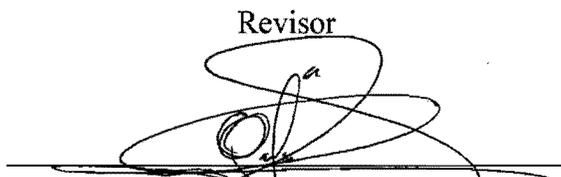
Licda. María del Carmen Bran

Asesora



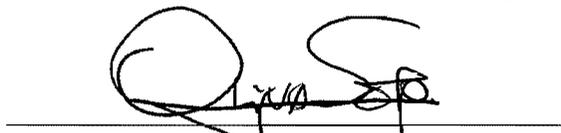
Lic. Osberth Morales Esquivel

Revisor



Lic. Osberth Morales Esquivel

Director de Escuela de Química Biológica



M.A. Pablo Ernesto Oliva Soto

Decano de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia