



# Universidad Autónoma de Tlaxcala

---

## Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta Posgrado en Ciencias Biológicas

Estudio comparativo de los myxomycetes que se desarrollan sobre cuatro  
géneros de plantas rosetófilas en diferentes localidades del Valle de Tehuacán-  
Cuicatlán

# T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

**Berenice Díaz Pérez**

**Co-Directores**

Dra. Ma. Mercedes Rodríguez Palma

Dr. Arturo Estrada Torres

Tlaxcala, Tlax.

Septiembre, 2015





# Universidad Autónoma de Tlaxcala

## Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta Posgrado en Ciencias Biológicas

Estudio comparativo de los myxomycetes que se desarrollan sobre cuatro  
géneros de plantas rosetófilas en diferentes localidades del Valle de Tehuacán-  
Cuicatlán

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

P r e s e n t a

**Berenice Díaz Pérez**

**Comité Tutorial**

Dra. María Mercedes Rodríguez Palma

Dr. Arturo Estrada Torres

Dra. Margarita Villegas Ríos

Dr. José Luis Marínez y Pérez

Dr. Carlos Alberto Lara Rodríguez

Tlaxcala, Tlax.

Septiembre, 2015

El presente trabajo se realizó con apoyo de la beca 486980, otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), para realizar estudios en la Maestría en Ciencias Biológicas del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, programa registrado en el Programa para el Fortalecimiento del Posgrado Nacional, Padrón Nacional de Posgrado-CONACyT, registro PNPC 00-30-03. Se desarrolló en el Laboratorio de Biodiversidad del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, bajo la dirección de la Dra. María Mercedes Rodríguez Palma y del Dr. Arturo Estrada Torres, como parte del proyecto "Myxomycetes de la Reserva de la Biosfera del Valle de Tehuacán-Cuicatlán", con clave JF062, financiado por la Comisión Nacional para el Estudio y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), con apoyo para terminación de tesis del proyecto "Estudios Selectos sobre Biodiversidad (Protistas, Hongos y Plantas)", con clave CACyPI-2014-UATx-26, financiado por el Programa estratégico "Cuerpos Académicos Calidad y Productividad para su Internacionalización 2014 (CACyPI-2014)" de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.



Universidad Autónoma de Tlaxcala  
Secretaría de Investigación Científica y Posgrado



POSGRADO EN CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

Maestría en Ciencias Biológicas

COORDINACIÓN MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA  
P R E S E N T E

Los abajo firmantes, miembros del jurado evaluador del Proyecto de tesis que **Berenice Díaz Pérez** realiza para la obtención del grado de Maestra en Ciencias Biológicas, expresamos que, habiendo revisado la versión final del documento de tesis, damos la aprobación para que ésta sea impresa y defendida en el examen correspondiente. El título que llevará es “Estudio comparativo de los myxomycetes que se desarrollan sobre plantas rosetófilas del Valle de Tehuacan-Cuicatlán”.

Sin otro particular, le enviamos un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
TLAXCALA, TLAX., DICIEMBRE 19 DE 2014

\_\_\_\_\_  
DRA. MARÍA MERCEDES RODRÍGUEZ PALMA

\_\_\_\_\_  
DR. ARTURO ESTRADA TÓRRES

\_\_\_\_\_  
DRA. MARGARITA VILLEGAS RÍOS

\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ LUIS MARTÍNEZ Y PÉREZ

\_\_\_\_\_  
DR. CARLOS ALBERTO LARA RODRÍGUEZ



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado Bajo la Norma:  
ISO 9001:2000-NMX-CC-9001-IMNC-2000



Km. 1.5 Carretera Tlaxcala-Puebla CP 90070 Tel/Fax: 01(246)462-15-57 e-mail: [posgradoctbcuat@gmail.com](mailto:posgradoctbcuat@gmail.com)  
Tlaxcala, Tlax.

## AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta de la Universidad Autónoma de Tlaxcala por darme la oportunidad de iniciar, desarrollar y concluir la Maestría en Ciencias Biológicas así como a todos los profesionales que integran dicho Posgrado, Gracias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca, la cual fue de gran apoyo en mi desarrollo profesional, gracias.

A la Comisión Nacional para el Estudio y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como parte del proyecto "Myxomycetes de la Reserva de la Biosfera del Valle de Tehuacán-Cuicatlán", con clave JF062.

Al Programa estratégico "Cuerpos Académicos Calidad y Productividad para su Internacionalización 2014 (CACyPI-2014)" de la Universidad Autónoma de Tlaxcala que colaboró en la terminación de tesis como parte del proyecto "Estudios Selectos sobre Biodiversidad (Protistas, Hongos y Plantas)", con clave CACyPI-2014-UATx-26. Gracias por su apreciable apoyo.

Gracias al comité, a mis directores de tesis a la Dra. María Mercedes Rodríguez Palma, Dra. Margarita Villegas Ríos, Dr. Arturo Estrada Torres, Dr. José Luis Ramírez y Pérez, Dr. Carlos Alberto Lara Rodríguez. Así como a la Dra. Citlalli Castillo Guevara y a la Dra. Adriana Montoya Esquivel.

## AGRADECIMIENTOS A TÍTULO PERSONAL

Agradezco a Dios por ser mi creador, el motor de mi vida, por no haber dejado que me rinda en ningún momento, por darme la sabiduría y el entendimiento para poder concluir esta etapa, por proveerme de todo lo necesario para salir adelante, porque todo lo que tengo, lo que puedo, y lo que recibo es un regalo que él me ha dado.

A mis Padres por su cariño, por creer en mí, educándome con valores inquebrantables, Gracias.

A mis hermanos por estar conmigo apoyándome en todo momento que los necesito.

A una gran mujer, a mi maestra, un ser de gran corazón, con gran actitud y enorme fortaleza que siempre recibe a las personas con una sonrisa, mi directora de tesis Dra. Ma. Mercedes Rodríguez Palma a quién admiro y respeto. ¡Mil gracias Dra.!

A mi director de tesis, una gran persona de ejemplo, que admiro por su disciplina, puntualidad, inteligencia y compromiso, Dr. Arturo Estrada Torres gracias por todo el apoyo, por su valioso tiempo y conocimiento que dedicó para la elaboración de este proyecto.

A la Dra. Margarita Villegas Ríos por aceptar ser mi tutora externa, por la disposición de su valioso tiempo, por enriquecer el proyecto con ideas frescas, además de tener siempre frases de motivación con actitud positiva, Gracias.

Al Dr. José Luis Ramírez y Pérez por sus valiosos y acertados comentarios, gracias por su apoyo.

A la Dra. Adriana Montoya Esquivel una mujer sonriente y carismática, que me brindo su amistad, siempre motivándome en el laboratorio, además de compartir el café conmigo, gracias Dra.

Así mismo agradecer a una persona con gran personalidad, con buena vibra, carismática y sonriente, quien me brindó su valiosa amistad, su apoyo y conocimiento, al M. en C. José Rubén Montes Montiel, Gracias.

A los biólogos, Víctor Fragoso, Laura Teomitzi, Samuel Nolasco y Eduardo Ferraez quienes me brindaron su valiosa amistad apoyándome en el muestreo de campo.

A un gran ser humano, que ha sido más que un hermano, a mi gran amigo Biol. Luis Enrique Alonso Aguilar quién siempre me ha brindado su amistad y apoyo incondicional, gracias Kike.

Finalmente a una persona muy especial, un lindo ser humano y gran hombre, mi novio, Roberto Pérez L. que llego en el tiempo justo a fortalecer mi vida, por todo lo que eres, por tu respeto, comprensión y cariño. Gracias.

“Si se siembra la semilla con fe y se cuida con perseverancia, sólo será cuestión de tiempo recoger sus frutos”.

Thomas Carlyle (Historiador, pensador y ensayista inglés)

“El mundo entero se aparta cuando ve pasar a un hombre o mujer que sabe a dónde va”.

Antoine de Saint-Exupery

## Resumen

El estudio de mixomicetes en zonas áridas se ha intensificado en los últimos años, observado que la mixobiota de estos lugares es más rica y variada de lo que se pensaba, además de ser particular y distintiva. Sin embargo, la mayor parte de los estudios se han enfocado a mixomicetes que se desarrollan sobre cactáceas por lo que es importante considerar otro tipo de microambientes como los que se forman en plantas rosetófilas, especies muy abundantes en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Se seleccionaron cuatro especies de rosetofilas, *Beaucarnea gracilis*, *Yucca periculosa*, *Hechtia* sp. y *Dasyilirion* sp., que fueran abundantes y se encontraran presentes en 4 sitios diferentes. En cada localidad se recolectaron aproximadamente 150 g de restos de estructuras, inflorescencias, hojas y tallos o cortezas de 10 individuos de cada especie estudiada, obteniéndose 90 muestras por cada especie de cada localidad, dando un total de 360 muestras con las que se realizó el montaje de cámaras húmedas. La identificación se realizó con la ayuda de claves taxonómicas especializadas. El análisis ecológico incluyó la evaluación del porcentaje de cámaras positivas, la riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetes con el índice de Shannon-Wiener. Todas las variables fueron evaluadas para cada especie de rosetófila y la comparación se realizó a través de pruebas estadísticas.

Se obtuvo un total de 301 especímenes que correspondieron con 47 especies, 20 géneros y 8 familias. El orden Physarales predominó con un 45% del total, seguido del orden *Trichiales* con 22%, *Stemonitales* con 21%, *Liceales* con 11% y *Echinosteliales* con el 1%. De las especies encontradas, 14 representan nuevos registros para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, 11 para Puebla, 4 para Oaxaca y *Physarum columellatum*, *Comatricha pulchelloides*, *Stemonitis pallida* var. *rufescens* y *S. mussoriensi* var. *emotoi* se reportan por primera vez para México.

Hasta el momento se conocían 104 especies y una variedad de mixomicetes para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con el presente estudio se incrementó a 119 taxones, lo que representa el 32% de las especies conocidas para México. En cuanto al análisis ecológico, se observó que el mayor porcentaje de cámaras positivas lo presentó *Yucca periculosa* con 92%, seguido de *Beaucarnea gracilis* con 87%, *Hechtia* sp. con 64% y *Dasyilirion* sp. con 34%. Por otro lado la

riqueza más alta de mixomicetes se encontró en *Dasytirion* sp. seguida de *Hechtia* sp, aunque de manera general los valores fueron más o menos cercanos. Las diferencias más patentes se observaron en los valores de abundancia, siendo *Y. periculosa* la que presentó la mayor abundancia, mientras que *Hechtia* sp,. presentó valores más bajos. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre las plantas rosetófilas.

Se concluyó que la composición de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos depende tanto de la planta como de la estructura vegetal además la productividad de los sustratos, medida por el número de cámaras positivas, evidenció que la presencia y desarrollo de los mixomicetes dependen de la especie y la estructura de las plantas estudiadas. El pH mostro ser una variable sumamente importante debido a la influencia en el desarrollo de los mixomicetes, para este estudio el pH óptimo de desarrollo de las especies asociadas con los sustratos analizados se encuentro en el intervalo de 6.505 a 7.005 en el que se presentó la mayor abundancia y riqueza de especies de mixomicetes. Así mismo la capacidad máxima de retención de agua (CRA) fue otra variable determinante en el desarrollo y establecimiento de los mixomicetes. La CRA óptima en el desarrollo de los mixomicetos de los sustratos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán se mantuvo entre 201% y 250%, que es donde se encontraron la mayor abundancia y riqueza de especies. Efectivamente en las cortezas, hojas e inflorescencias albergaron comunidades de mixomicetes exclusivos en cada estructura. Las características físicas y químicas en las estructuras, así como los factores bióticos y abióticos propios de cada especie, dan lugar a diversos microhábitats apropiados para el desarrollo de ciertas especies de mixomicetes.

Este estudio hace referencia a la importancia que tienen las diferentes estructuras de las rosetófilas, especialmente a las inflorescencias que resultaron ser sustratos potenciales para el desarrollo de los mixomicetes ya que han sido poco exploradas en zonas áridas.

De manera general podemos concluir que es necesario realizar ese tipo de estudios ecológicos para complementar el conocimiento de la gran diversidad poco estudiada de estos organismos que podrían contribuir como bio-indicadores de los cambios complejos que presentan las comunidades vegetales.

## ÍNDICE

1.- INTRODUCCIÓN.....	8
2.- GENERALIDADES.....	11
2.1.- Ciclo de vida.....	12
2.2.- Caracteres morfológicos.....	14
2.3.- Importancia.....	15
3.- ANTECEDENTES.....	16
3.1.- Estudios de mixomicetos sobre plantas rosetófilas en zonas áridas de México.....	17
4.- OBJETIVO GENERAL.....	21
4.1.- Objetivos particulares.....	21
5.- ÁREA DE ESTUDIO.....	22
6.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
6.1.- Selección de sustratos y sitios de muestreo.....	24
6.2.- Localidades de muestreo.....	26
6.3.- Recolección de los sustratos.....	27
6.4.- Montaje de cámaras húmedas.....	29
6.5.- Observación de cámaras húmedas.....	29
6.6.- Identificación y herborización de los especímenes.....	29
6.7.- Caracterización de los sustratos (pH y CRA).....	30
7.- ANÁLISIS ECOLÓGICO.....	31
7.1.- Porcentaje de cámaras positivas.....	31
7.2.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetos.....	31
7.3.- Amplitud de nicho.....	32
8.- ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	33
8.1.- Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos.....	33
8.2.- Porcentaje de cámaras positivas.....	33
8.3.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetos.....	33
9.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
9.1.- Análisis taxonómico.....	34
9.1.1.- Composición global de especies y especímenes por órdenes de mixomicetos.....	41
9.1.2.- Proporción de especies y especímenes por órdenes de mixomicetos en las plantas rosetófilas estudiadas.....	42
9.1.3.- Proporción de especies y especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos en las diferentes estructuras vegetales.....	50
9.1.4.- Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos en cada estructura vegetal en las diferentes especies vegetales.....	55
10.- ANÁLISIS ECOLÓGICO.....	64
10.1.- Porcentaje de cámaras positivas (CP).....	64
10.2.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetos por especie de planta rosetófila.....	70
10.3.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetos por estructura de planta rosetófila.....	73
10.4.- Características de los sustratos (pH y CRA).....	79
10.4.1.- pH.....	79
10.4.2.- Capacidad de retención de agua (CRA).....	87
10.5.- Amplitud de nicho.....	93

10.6.- Selectividad y frecuencia de fructificación de mixomicetes en zonas áridas.....	95
11.- CONCLUSIONES .....	96
12. PERSPECTIVAS.....	98
13.- LITERATURA CITADA.....	99
ANEXOS.....	107

## 1.- INTRODUCCIÓN

México es un país que presenta una gran cantidad de cadenas montañosas, lo cual, sumado a su posición latitudinal en el mundo, le confiere una gran variedad de tipos de climas, desde zonas cálidas y muy secas, hasta zonas frías y muy lluviosas. Estas características favorecen la presencia de una gran cantidad y variedad de plantas y animales, razón por la cual podemos decir que México es un país con una biodiversidad muy alta.

En últimas fechas, la gran biodiversidad de nuestro país está en peligro debido a que el hombre ha provocado alteraciones en la naturaleza, que han llevado a la destrucción de muchos hábitats naturales. Algunas plantas y animales que sólo se encuentran en ciertas regiones del país, son particularmente importantes para nuestra biodiversidad. A estos seres vivos se les conoce como endémicos o raros (Rzedowski, 1987).

Las zonas áridas de México mantienen una diversidad aproximada de 6000 especies de plantas y son a su vez depositarias de los más altos niveles de endemismo del país, lo que las coloca como áreas potenciales para la obtención de recursos naturales, que constituyan la materia prima para el desarrollo. Ocupan un poco más del 40% de la superficie total de México, lo que representa aproximadamente 800,000 km<sup>2</sup> y se presentan en diferentes proporciones en 19 estados de la República. Aproximadamente un 20 % de la población total se asienta en estos ambientes (Rzedowski, 1987).

Aunque estas regiones tienen en común una deficiencia en el suministro de humedad, que las hace similares, desde el punto de vista ecológico son muy diferentes entre sí, lo cual se refleja en la diversidad de sus comunidades bióticas. No obstante, sólo algunos grupos como las plantas y los vertebrados han sido relativamente bien estudiados en estos ambientes (Toledo, 1988), en tanto otros, entre los que se encuentran los mixomicetos, apenas han sido considerados en su exploración, por lo que su conocimiento es escaso o nulo. No hay duda de la importancia que tiene el conocimiento de la biodiversidad y la conservación de las zonas

áridas de México, principalmente de aquellas áreas que aún poseen la mayoría de sus características originales (Heredia, 1989).

Los mixomicetes son un grupo relativamente pequeño y homogéneo de organismos eucariontes. Reciben el nombre común de hongos mucilaginosos y forman un grupo excepcional de organismos que, aunque históricamente se han considerado como hongos, tienen una morfología y tipos de vida muy diferentes, ya que poseen caracteres morfológicos intermedios entre los protozoos y los hongos (Moreno *et al.*, 2001).

Las diferentes fases tróficas de estos organismos son de gran importancia ya que por ejemplo, se sabe que las mixamebas representan el 95% de las poblaciones de protozoarios de algunos suelos (Stephenson y Cavender, 1996), por lo que resultan el grupo más importante para el consumo de bacterias y hongos en dichos ambientes. Su influencia directa sobre la estructura de las comunidades microbianas del suelo, hace que sean relevantes en el ciclo de los nutrimentos.

De igual forma, tanto los plasmodios como los esporóforos, sirven de hospedaje y alimento a una gran cantidad de ácaros e insectos como colémbolos y coleópteros o inclusive, pueden ser atacados por algunos hongos ascomicetes o hifomicetes (Samuels, 1973; Rogerson y Stephenson, 1993). Por su parte, las fases somáticas de los mixomicetes, tanto plasmodios como mixamebas, se alimentan del micelio de algunos hongos filamentosos (Howard y Currie, 1932), o de sus esporas, así como de levaduras y bacterias (Martin y Alexopoulos, 1969).

Los mixomicetes son habitantes comunes de la materia vegetal en descomposición y son particularmente abundantes en zonas boscosas húmedas, donde los troncos caídos, tocones y hojas muertas ofrecen un suministro abundante de sustratos potenciales para su desarrollo (Stephenson y Stempen, 1994). No obstante, también se han encontrado en ecosistemas de tundra (Stephenson y Laursen, 1993), regiones alpinas (Elliasson y Gilert, 2007) y áreas desérticas (Evenson, 1961; Ramón, 1968; Blackwell y Gilbertson, 1980; 1984; Moreno *et al.*, 2006; Estrada-Torres *et al.*, 2009), debido principalmente a las condiciones microambientales y los diferentes tipos de sustratos que ahí se encuentran. Algunas especies muestran un alto

grado de especificidad hacia algún tipo de sustrato como hojas, ramas o cortezas de árboles vivos, e incluso llegan a ser exclusivas de restos vegetales particulares como las plantas suculentas (Lado *et al.*, 1999a; Mosquera *et al.*, 2000a, b; 2003; Estrada-Torres *et al.*, 2001). Asimismo, los mixomicetes dependen de las condiciones ambientales para su dispersión y para continuar con su ciclo de vida (Lakhanpal y Mukerji, 1981). La humedad ambiental, así como la capacidad de retención de agua de los sustratos es primordial para su propagación y desarrollo, lo que depende a su vez del estado en que se encuentra la vegetación en donde crecen, es decir, que tan degradada o expuesta se encuentra (Stephenson *et al.*, 1993).

En zonas áridas, se ha observado que los restos de las plantas suculentas conforman microambientes ideales para el desarrollo de microorganismos, ya que estos sustratos retienen la humedad por varias semanas y los mixomicetes completan su ciclo de vida en dicho lapso de tiempo (Lado *et al.*, 1999a; Mosquera *et al.*, 2000a; 2003; Estrada-Torres *et al.*, 2001). Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados en estas zonas han sido puntuales y muy pocos han incluido a la técnica de la cámara húmeda, la cual se utiliza como complemento de las recolecciones en campo, ya que muchas especies son sumamente pequeñas, raramente alcanzan 1mm de altura o son esporádicas en su ocurrencia, siendo así, difíciles de observar en el campo. A pesar de ello, en estudios recientes se han descrito muchas nuevas especies de estas regiones, principalmente de plantas suculentas como las cactáceas, no obstante, en este tipo de ambientes, además de las cactáceas, existe una diversidad muy grande de plantas que presentan condiciones ideales para el desarrollo de los mixomicetes, como son las plantas que desarrollan sus hojas en forma de roseta o rosetófilas (Rzedowski, 1978).

Las plantas rosetófilas son un grupo artificial diferenciado por presentar hojas gruesas y alargadas, a veces espinosas y dispuestas en roseta, como son las especies de los géneros *Agave*, *Dasyilirion* o *Yucca*. Estos géneros incluyen especies de porte arbustivo, con tallo bien desarrollado, o bien con hojas basilares, es decir, casi a nivel del suelo (Rzedowski, 1978). Además de la succulencia, por la anatomía que presentan, queda atrapada una gran cantidad de materia orgánica y humedad entre sus tallos y hojas, lo que propicia el desarrollo de muchos

microorganismos incluyendo a los mixomicetes, además de quedar retenidas una gran cantidad de esporas cuando éstas son dispersadas por el viento.

En la Reserva de la Biosfera del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, ubicada entre los estados de Puebla y Oaxaca, se encuentra una gran diversidad vegetal y se ha considerado como una de las zonas áridas con mayor riqueza florística y número de endemismos (Villaseñor *et al.* 1990), además de considerarse como un importante centro de diversidad de cactáceas y agaváceas (Arias-Montes 2000). De igual forma, existe un importante número de plantas rosetifolias entre las que se encuentran especies de los géneros *Agave*, *Dasyllirion*, *Yucca*, *Hechtia*, *Beucarnea*, etc. (Valiente-Banuet *et al.* 2000). En un estudio realizado sobre la mixobiota del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Estrada-Torres *et al.*, 2009), se encontró que las plantas rosetófilas fueron las que presentaron la mayor riqueza de especies de mixomicetos comparadas con otros sustratos, incluso a pesar de que con cactáceas se realizó un estudio sistemático intensivo de cultivo en laboratorio que hasta ahora no se ha realizado con plantas rosetófilas. Así, la diversidad vegetal de esta importante región geográfica y el hecho de que los mixomicetes pueden desarrollarse en prácticamente cualquier ecosistema, brindan la oportunidad para realizar un estudio intensivo y comparativo sobre las comunidades de mixomicetes que crecen sobre este tipo de plantas.

## **2.- GENERALIDADES**

Los mixomicetes son organismos eucariontes, aerobios estrictos, que carecen de pared celular. Viven sobre materia orgánica en descomposición, hojas, frutos, excrementos de herbívoros, así como en restos de plantas suculentas y sitios en donde se funde la nieve. Su nutrición es quimioheterótrofa y holozoica, es decir, ingieren partículas alimenticias que engloban por medio de pseudópodos. Por las características de las fases vegetativas o tróficas, los mixomicetes recuerdan a los protozoarios, pero en sus fases reproductivas se asemejan a los hongos, pues forman esporas con pared celular bien definida que contiene polímeros de la galactosamina (Ing, 1994).

## **2.1.- Ciclo de vida**

Son organismos unicelulares y de vida libre durante las primeras fases de su existencia. Presentan tres etapas en su ciclo de vida, la primera es la amebiode o de mixameba, la cual se alimenta de protozoarios, esporas de hongos y bacterias; la segunda fase es llamada plasmodial, crece formando una masa mucilaginosa multinucleada, reticulada y móvil; la tercera es la propagativa, en la que forman una masa de esporas cubiertas por una membrana simple o compleja (Martin y Alxopoulos, 1969).

El ciclo de vida de los mixomicetes comienza con la germinación de la espora, originando una o más mixaebras las cuales se dividen por mitosis y originan una extensa población de células con undulipodios que son compatibles fusionándose de dos en dos (singamia) y dan origen a un cigoto, el cual por sucesivas divisiones mitóticas sincronizadas, originan al plasmodio el cual es unicelular y multinucleado. Los plasmodios presentan corrientes citoplasmáticas que les permiten desplazarse y eliminar los residuos de las sustancias empleadas como alimento. En condiciones adversas sufren una compleja transformación morfológica que da origen a los esporóforos (Figura 1).

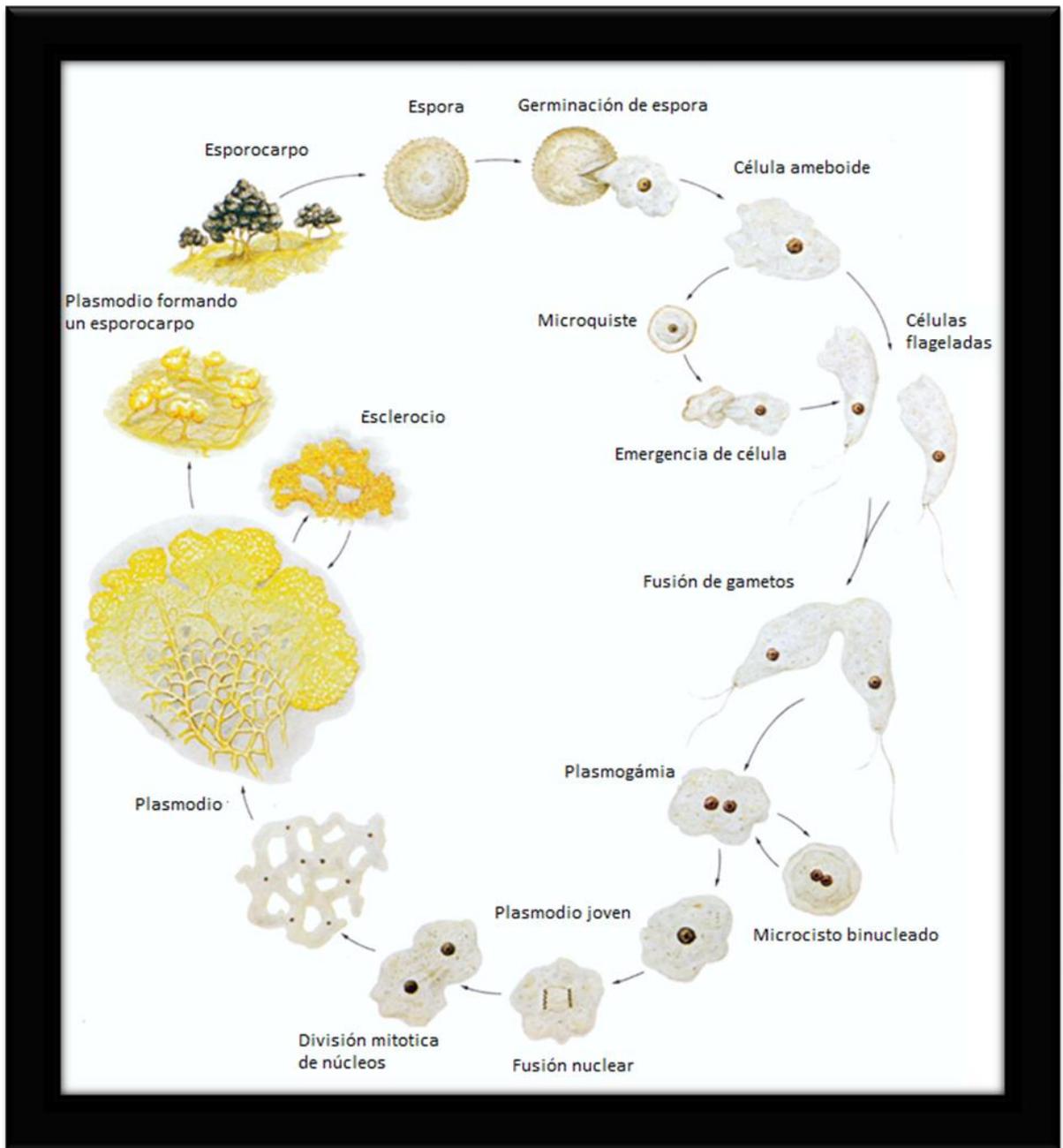


Figura 1. Ciclo de vida (tomado de Carolina Biological Supply Company, 1979).

La meiosis suele ocurrir dentro de las esporas jóvenes, tres de cuatro núcleos meióticos se desintegran originando una espora madura, haploide y uninucleada. En condiciones adversas, las fases móviles pueden transformarse en estructuras de resistencia llamadas microquistes o esclerocios (Alexopoulos y Mims, 1979).

## **2.2- Caracteres morfológicos**

Las características morfológicas en los distintos estados en el ciclo de vida del plasmodio y esporóforo, resultan importantes desde el punto de vista taxonómico.

Plasmodio: Es una masa mucilaginosa multinucleada que presenta diversos colores. Corresponde con la fase activa y se alimenta fagocitando bacterias, levaduras o filamentos de hongos, del mismo modo como lo hace una ameba, el plasmodio en muchos mixomicetes se desplaza mediante un lento movimiento ameboide. En los estados tempranos de desarrollo, los diferentes tipos de plasmodios son semejantes morfológicamente pero poco a poco se van diferenciando y se reconocen tres tipos: protoplasmodio, afanoplasmodio y faneroplasmodio.

Debido a que estos organismos realizan sus funciones en la materia orgánica en descomposición como los troncos, hojarasca, ramas etc., es difícil trabajar con la fase plasmodial, por lo que los esporóforos son las estructuras en las que se ha basado la determinación taxonómica de las especies. El tipo de desarrollo de los esporóforos y sus estructuras maduras han sido los elementos más importantes en la sistemática de los mixomicetes.

Esporóforos: Son la fase reproductora de los mixomicetes y se caracterizan por la formación de estructuras simples o complejas, sésiles o no, que portan a las esporas. La información es escasa acerca de los factores que inician la formación de los esporóforos, pero la luz y la humedad se han considerado relevantes en este proceso (Aldrich y Daniel, 1982; Gray y Alexopolulos, 1968), aunque también otros factores como la disponibilidad de alimento, el pH, la temperatura y algunas sustancias bioquímicas pueden estar involucradas (Frederick,

1990). Se reconocen cuatro tipos de esporóforos: los etalios, pseudoetalios, plasmodiocarpos y esporocarpos (Nannenga-Bremekamp, 1991).

### **2.3.- Importancia**

Las estructuras reproductoras de los mixomicetes no están exentas de ser atacadas por otros organismos como ácaros, insectos, colémbolos y coleópteros que además de ser alimento para ellos, les sirven de hospedaje. De igual forma, son atacados por algunos hongos ascomicetes o hifomicetes (Samuels, 1973; Rogerson y Stephenson, 1993). Por otro lado, las fases somáticas de los mixomicetos, tanto plasmodios como mixamebas, se alimentan del micelio de algunos hongos filamentosos o de sus esporas, así como de levaduras y bacterias (Martin y Alexopoulos, 1969). Así mismo las poblaciones de mixamebas que existen en distintos suelos como agrícolas y forestales regulan de manera importante a las poblaciones de bacterias, levaduras y hongos, que podrían ser patógenas en variedad de ambientes (Stephenson y Cavender, 1996).

Por otro lado, estos organismos resultan de gran utilidad en el campo de la investigación experimental debido a sus características morfofisiológicas (Collins, 1979). La exploración, aislamiento, cultivo, identificación y caracterización química de productos naturales derivados de las mixamebas o plasmodios pueden conducir al descubrimiento de nuevos compuestos antimicrobiales. Recientemente, Lima *et al.* (2011) aislaron extractos de las fases reproductoras de *Lycogala epidendrum* y *Tubifera bombardata* con efecto inhibitorio contra *Candida albicans*, *C. tropicalis* y *C. lipolytica*. Además se reportó la producción de enzimas exocelulares como la fosfatasa ácida, ribonucleasa y diferentes proteasas,  $\beta$ -galactosidasa, varias glucosidasas, carboximetil celulasa y enzimas agarolíticas principalmente en cultivos de *Physarum polycephalum* Berk. & M. A. Curtis (Magurran, 1998). Por lo anterior, los mixomicetes podrían servir como productores potenciales de enzimas, proteínas y antibióticos.

### 3.- ANTECEDENTES

Entre los primeros estudios de mixomicetes procedentes de zonas áridas se encuentran los de Evenson (1961), quien reportó un total de 22 especies para las zonas semi-áridas del Desierto de Arizona. Blackwell y Gilbertson (1980) realizaron un estudio para el Desierto de Sonora y reportaron 46 especies, señalando que los sustratos más comunes fueron restos de cactáceas y excretas de animales herbívoros. Más tarde, los mismos autores en 1984, cultivaron 68 muestras de *Carnegiea gigantea* en cámaras húmedas y encontraron que las especies más comunes fueron *Badhamia melanospora* T. Macbr., *Physarum straminipes* Lister, *Didymium eremophilum* M. Blackw. & Gilb., *Perichaena corticalis* Rostaf. y *Protophysarum phloiogenum* M. Blackw. & Alexop. Todas ellas se desarrollaron en valores de pH entre 8.7 y 10.4.

Recientemente, Novozhilov *et al.* (2003) reportaron una gran riqueza y variedad de mixomicetes de las regiones secas y semi-desérticas de la Meseta de Colorado, basados en el estudio de 1165 especímenes obtenidos de diferentes cultivos de cámara húmeda. Dichos autores encontraron 93 especies y una variedad de 27 géneros cosechados en 433 cámaras húmedas. Las especies más comunes que reportaron fueron *Badhamia melanospora* y *Didymium mexicanum* G. Moreno, Lizárraga & Illana G. Moreno, Lizárraga & Illana, principalmente sobre restos de *Opuntia* y *Agave*. Los autores reportaron doce especies de mixomicetos desarrollándose sobre hojas de *Yucca*: *Badhamia melanospora*, *Didymium dubium* Rostaf., *Echinostelium arboreum* H. W. Keller & T. E. Brooks, *E. colliculosum* K. D. Whitney & H. W. Keller, *E. elachiston* Alexop., *E. minutum* de Bary in Rostafin'ski, *Licea nannengae* Pando & Lado, *Perichaena depressa* Wallr. ex Rostaf., *P. quadrata* (T. Macbr.) Torrend, *P. vermicularis* (Schwein.) Rostaf., *Physarum bivalve* (Bull.) Weinm y *P. notabile* (Peck) G. Lister.

### 3.1.- Estudios de mixomicetes sobre plantas rosetófilas en zonas áridas de México.

Los estudios de los mixomicetes de las zonas áridas mexicanas se iniciaron a finales del siglo XX, con el trabajo de Lizárraga *et al.* (1997) para la península de Baja California, en el cual se reportaron 10 especies desarrolladas sobre diferentes sustratos. De los taxones encontrados, *Badhamia melanospora* (citada como *B. gracilis*) se encontró sobre hojas de *Agave schawii* y tallos de *Yucca* sp., y *Physarum straminipes* sobre tallos de *Agave schawii*.

Moreno *et al.* (1997) describieron a *Didymium mexicanum*, una especie que se desarrolla sobre tallos muertos de *Agave schawii* y *Yucca* sp. en las zonas desérticas de Baja California.

Moreno *et al.* (2000) describieron a *Hemitrichia agaves*, una especie que se desarrolla sobre hojas y tallos descompuestos de *Agave schawii* y *A. americana*. La misma especie fue descrita casi simultáneamente por Mosquera *et al.* (2000) como *Trichia perichenoides*, la cual se encontró desarrollándose sobre hojas en descomposición de *Agave*, *Yucca* y *Hechtia*. Lado (2001) la validó más tarde como *Trichia agaves* (G. Moreno, Lizárraga & Illana) Mosquera, Lado, Estrada & Beltrán-Tej.

Moreno *et al.* (2001) continuaron con la exploración de la península de Baja California, registrando 80 especies de mixomicetes pertenecientes a 20 géneros. Entre ellas destaca *Trichia contorta* R. E. Fr., Ark. Bot., que se registró sobre restos de *Agave schawii*.

Mosquera *et al.* (2003) describieron a *Licea succulenticola* de las Islas Canarias y los estados mexicanos de Hidalgo, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Se encontró creciendo en varias plantas suculentas, entre las que destacan restos de *Agave americana*, *Agave atrovirens* y cortezas de *Yucca filifera* y *Nolina laxiflora*.

Lizárraga *et al.* (2003) dieron a conocer la primera lista de mixomicetes del estado de Chihuahua, las cuales procedían de diferentes tipos de vegetación como matorrales xerófilos y selvas bajas caducifolias. Citaron 61 especies, de las cuales destacan algunas de sustratos

característicos de zonas secas como *Badhamia melanospora*, *Physarum pusillum* (Berk. & M.A. Curtis) G. Lister y *Protophysarum phloiogenum* sobre hojas de *Yucca elata*, y *Didymium dubium*, *Echinostelium colliculosum* K. D. Whitney & H. W. Keller, *Licea biforis* (Nann.-Bremek.) Y. Yamam, *Physarum pusillum* y *P. straminipes* sobre hojas de *Yucca* sp. Más tarde, Lizárraga *et al.* (2005a) citaron del mismo estado a *Didymium vaccinum* (Durieu & Mont.) Bouchet. y Lizárraga *et al.* (2005b) a *Trichia agaves* y *Ph. Didermoides* Berk. & Broome, las tres especies sobre hojas de *Agave* sp.

Moreno *et al.* (2006) estudiaron la mixobiota de la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, que incluye diferentes tipos de vegetación entre los que sobresalen el matorral desértico micrófilo, el matorral subtropical y el mezquital. Entre las especies citadas se encuentran *Didymium squamulosum* (Alb. & Schwein.) sobre hojas de *Agave* sp. y *Licea biforis*, *Perichaena chrysosperma* (Curr.) Lister, *Physarum straminipes* y *Trichia agaves* se encontraron sobre hojas de *Agave parryi*. Más tarde, Moreno *et al.* (2008) volvieron a citar de Sonora a *Trichia agaves* sobre hojas de *Agave* sp.

Wrigley de Basanta *et al.* (2008) describieron una nueva especie de *Didymium*, *D. umbilicatum* D. Wrigley, Lado & Estrada, de los estados de Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Querétaro, la cual se desarrolla sobre cortezas de *Yucca* spp., en la base de las hojas muertas de *Nolina parviflora* y restos de *Agave* spp.

Recientemente, Estrada-Torres *et al.* (2009) realizaron un estudio intensivo de la mixobiota asociada con cactáceas y otras plantas suculentas de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (Puebla-Oaxaca). En este trabajo revisaron 1200 especímenes de campo y cámara húmeda, pertenecientes a 104 especies y una variedad. Se describió una nueva especie para la ciencia que se desarrolla sobre *Agave*: *Didymium tehuacanense* Estrada, D. Wrigley & Lado. Entre las especies más representativas de la zona incluyeron a *Arcyria cinerea* Rostaf, *Badhamia melanospora*, *Didymium eremophilum* M. Blackw. & Gilb, *Didymium vaccinum* Durieu & Mont, *Echinostelium colliculosum* K. D. Whitney & H. W., *Perichaena chrysosperma* (Curr.) Lister, *P. corticalis* (Batsch.) Rostaf, *P. depressa*, *P. luteola* (Kowalski) Gilert, *P. vermicularis.*, *Physarum pusillum* (Berk. & M.A. Curtis) G.

Lister y *Trichia agaves*. Los mismos autores realizaron un estudio comparativo de los mixomicetos que se desarrollan sobre 10 especies de cactáceas en cultivos en cámara húmeda, encontrando que las especies de mixomicetos que crecen sobre ellas son diferentes, siendo las cactáceas columnares los sustratos con mayor riqueza, y las cactáceas globosas las más pobres. No obstante, los sustratos más ricos en especies en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán fueron las plantas rosetófilas de los géneros *Agave*, *Beaucarnea*, *Dasyllirion*, *Hechtia* y *Yucca*, sobre las que se encontraron 64 especies de mixomicetos, a pesar de que con éstas no se realizó un estudio similar al realizado con cactáceas. Los autores también resaltaron la importancia del pH de los sustratos estudiados en cámara húmeda e indicaron que los valores más básicos de los tejidos internos de las cactáceas (7.5 – 10.0) podrían estar jugando un papel relevante en la selección de las especies de mixomicetos a través del control de microorganismos que ahí se desarrollan, favoreciendo así la predominancia de ciertas especies de mixomicetos.

Montes-Montiel (2009) realizó la evaluación de la mixobiota asociada con *Agave*, *Opuntia* y *Yucca*, procedentes del Bolsón de Mapimí, del Desierto de Chihuahua, donde obtuvo un total de 160 especímenes pertenecientes a 46 especies y 12 géneros. El orden predominante fue el de *Physarales* que incluyó al 40% de las especies encontradas, seguido de los *Stemonitales* con el 22%, los *Trichiales* con el 20%, los *Liceales* con 11% y finalmente los Echinosteliales con el 7%. El género *Didymium* fue el más rico en especies. Este autor puntualizó que la diversidad de mixomicetos fue diferente entre las especies de plantas estudiadas. Mencionó la importancia de realizar estudios sistemáticos para saber qué tan específica puede ser la mixobiota que se desarrolla sobre las diferentes estructuras de las plantas, ya que en los resultados que obtuvo sugieren que hay diferencias entre las mixobiotas que se desarrolla sobre los escapos y las hojas de la misma especie de *Agave*.

En un estudio realizado por Keller *et al.* (2009) cuyo objetivo fue saber si las estructuras reproductoras de algunas plantas de las familias *Agavaceae*, *Asclepiadaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae* y *Pinaceae* eran un micro hábitat adecuado para el desarrollo de los mixomicetos, se seleccionaron como estructuras de interés las cápsulas, inflorescencias secas de flores

compuestas, folículos, piñas y vainas de semillas que se secan y quedan en la planta para una o más estaciones de crecimiento. En dicho estudio, el autor concluyó que éstas estructuras reproductivas de plantas vasculares proporcionan un micro hábitat único en el que se desarrolla un peculiar y muy particular ensamblaje de mixomicetes, además coincide con otros estudios al considerar el pH como uno de los más importantes parámetros ambientales que influyen sobre su distribución. El autor propone incluir en los siguientes estudios a las inflorescencias ya que han resultado ser micro-hábitats únicos para el desarrollo de los mixomicetes.

Los antecedentes presentados muestran que las plantas rosetófilas son un microambiente favorable para el desarrollo de mixomicetes en las zonas áridas, siendo incluso un sustrato potencialmente más favorable que el de otras plantas suculentas como las cactáceas. Aunado a esto, se ha mostrado que las inflorescencias pueden ser un microambiente favorable para una mixobiota peculiar y que probablemente las especies desarrolladas sobre estos sustratos pueden diferir de las encontradas sobre restos de otras partes vegetales. Por lo anterior y dada la riqueza y abundancia de plantas rosetófilas presentes en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, es necesario complementar de manera precisa el conocimiento sobre la mixobiota que se desarrolla sobre los restos de estas plantas, que hasta el momento no han sido estudiados de manera sistemática, generando información que ayude a comprender mejor la biología de estos organismos en zonas áridas. Para esto, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Los restos de diferentes géneros de plantas rosetófilas que crecen en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán soportarán mixobiotas diferentes?

¿Las diferentes estructuras de la planta (hojas, tallos o cortezas, e inflorescencias) de cada especie albergarán mixobiotas similares?

#### **4.- OBJETIVO GENERAL**

Comparar a las comunidades de mixomicetes obtenidas en cámara húmeda que se desarrollan sobre cuatro géneros de plantas rosetófilas provenientes de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán.

##### **4.1.- Objetivos particulares**

Caracterizar la composición de especies de las comunidades de mixomicetes que se desarrollan sobre diferentes estructuras vegetales (hojas, tallos/cortezas e inflorescencias) de una especie de los géneros *Beaucarnea*, *Dasyilirion*, *Hechtia* y *Yucca*.

Evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetes presentes en cada género de planta estudiada.

Comparar la productividad de las cámaras húmedas entre especies y estructuras vegetales.

Evaluar la amplitud de nicho de las especies de mixomicetes encontradas.

Comparar los ensambles de especies de mixomicetes presentes entre las estructuras, y plantas rosetófilas estudiados.

Analizar la influencia del pH y la capacidad de retención de agua de los sustratos sobre las comunidades de mixomicetes.

## 5.- ÁREA DE ESTUDIO

El Valle de Tehuacán-Cuicatlán cubre un área aproximada de 10,000 km<sup>2</sup> y se encuentra ubicado entre los estados de Puebla y Oaxaca, cuyas coordenadas extremas son, Latitud N: 17° 31' 39" a 18° 52' 38". Longitud W: 96° 41' 5" a 97° 55' 03". Es considerada una región semiárida, con una temperatura media anual de 21°C y una precipitación media anual de 400 mm. Las condiciones áridas del valle son principalmente el resultado del efecto de "sombra orográfica" que produce la Sierra Madre Oriental (Villaseñor *et al.*). Fue declarado como Reserva de la Biosfera en 1988 (Jaramillo-Luque y González-Medrano 1983). Es parte de la provincia Mixteca-Oaxaqueña (Villaseñor *et al.*, 1990), con amplios valles secos y regiones montañosas húmedas. Comprende un gradiente altitudinal que va de los 600 a 2950 m. El valle presenta una zona de convergen zonas áridas del norte y el trópico sureño de México (Rzedowski, 1973) y a pesar de su pequeña extensión geográfica, se encuentra entre las zonas áridas de mayor riqueza florística (Villaseñor *et al.* 1990) (Fig. 2).

Se han reconocido 29 tipos de vegetación, entre ellos los que corresponden con ambientes áridos como las "tetecheras" dominadas por *Neobuxbaumia tetetzo*, los "cardonales" dominados por *Pachycereus weberi*, los "izotales" por *Yucca periculosa* y *Beaucarnea gracilis*, los matorrales espinosos con especies de *Prosopis* y *Fouquieria*, los palmares dominados por *Brahea dulcis* y el bosque tropical caducifolio con elementos del género *Bursera* y *Mimosa*. También incluye vegetación arbolada de montaña con 5 tipos de bosques y un izotal de montaña, y vegetación asociada con cuerpos de agua en ríos y manantiales que comprende bosques de galería y tulares (Valiente-Banuet *et al.*, 2000). Se estima que crecen 2,700 especies y 900 géneros de plantas vasculares de las cuales aproximadamente el 30% son endémicas y es considerado como un importante centro de diversidad de cactáceas y agaváceas (Arias-Montes, 2000).

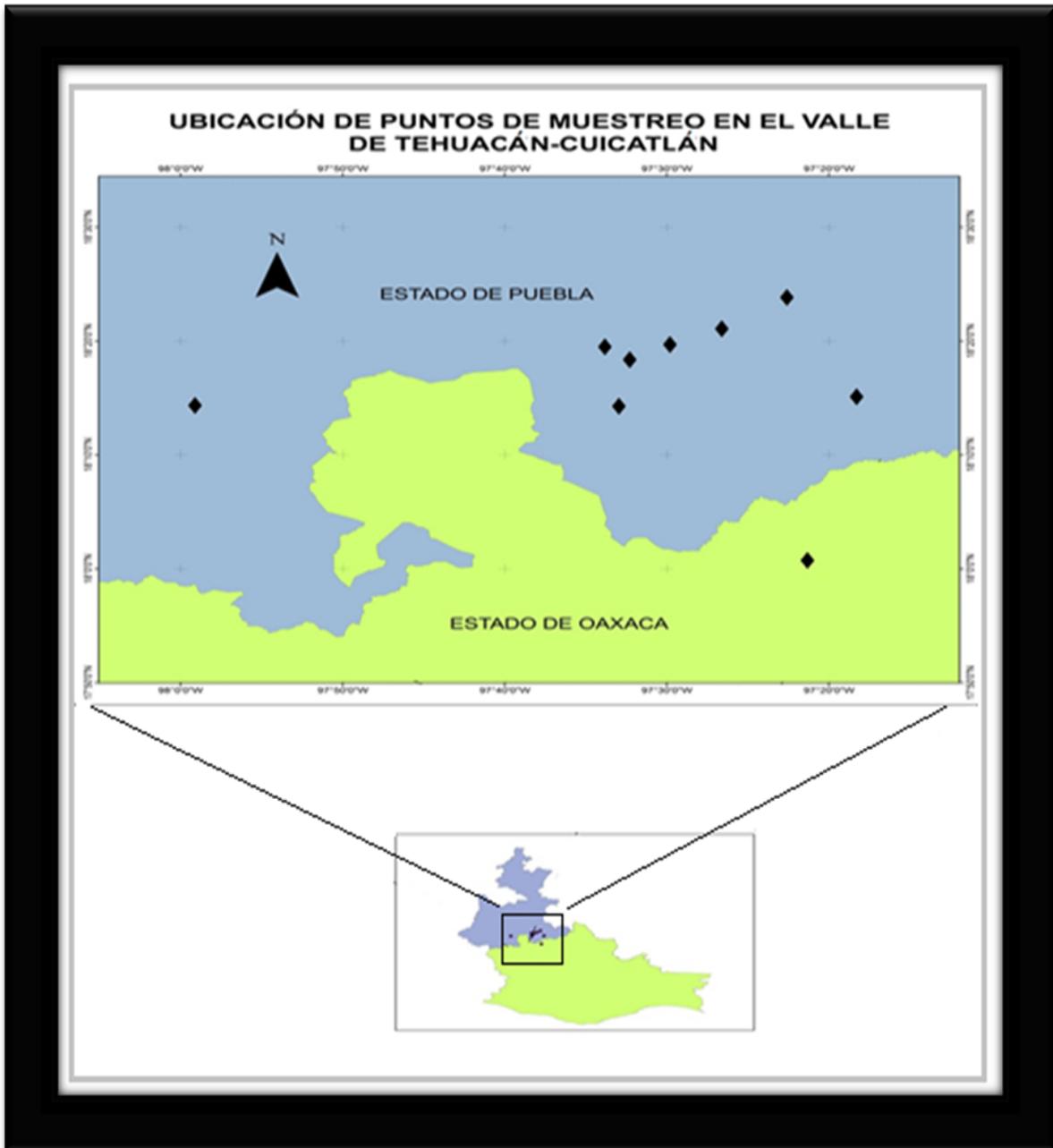


Figura 2. Ubicación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán

## 6.- MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1.- Selección de sustratos y sitios de muestreo.

Para poder comparar a la mixobiota presente en diferentes tipos de sustratos ha sido de gran utilidad el uso de la cámara húmeda, una técnica que ofrece varias ventajas, ya que por un lado se pueden detectar con mayor facilidad muchas de las estructuras reproductoras que no son visibles en el campo, y por el otro, se pueden obtener esporóforos en tiempos más cortos y en períodos de sequías o de fríos, cuando normalmente la mayoría de las especies no esporulan.

Por lo anterior, el muestreo se realizó en temporada de sequía con la finalidad de obtener restos de las diferentes estructuras de plantas rosetófilas secas, en diferentes estados de descomposición y que pudieran retener alguna o varias de las estructuras de latencia de los mixomicetes como esporas, quistes, microquistes o esclerocios, por lo que las fechas de muestreos fueron: 11 y 12 de Noviembre 2012, 3 de Enero 2013 y del 23 al 26 de Marzo 2013. Es probable que si el muestreo se hubiera realizado en temporada de lluvias, las diferentes estructuras de latencia de los mixomicetes podrían ser lixiviadas y los sustratos no hubieran funcionado de manera adecuada para las cámaras húmedas.

Los criterios considerados para la selección tanto de los sitios como de las especies de rosetófilas fueron los siguientes:

- 1) Que cada una de las especies se encontrara en tres localidades distintas.
- 2) Que cada especie de rosetófila fuera representativa de la zona y que presentara una abundancia de moderada a elevada para hacer la recolección de los sustratos sin dificultades.
- 3) Que tanto la zona como las especies a muestrear fueran accesibles.

Tomando en cuenta todos estos criterios se seleccionaron las especies *Beucarnea gracilis*, *Dasyilirion* sp, *Hechtia* sp. y *Yucca periculosa* (Fig. 3).

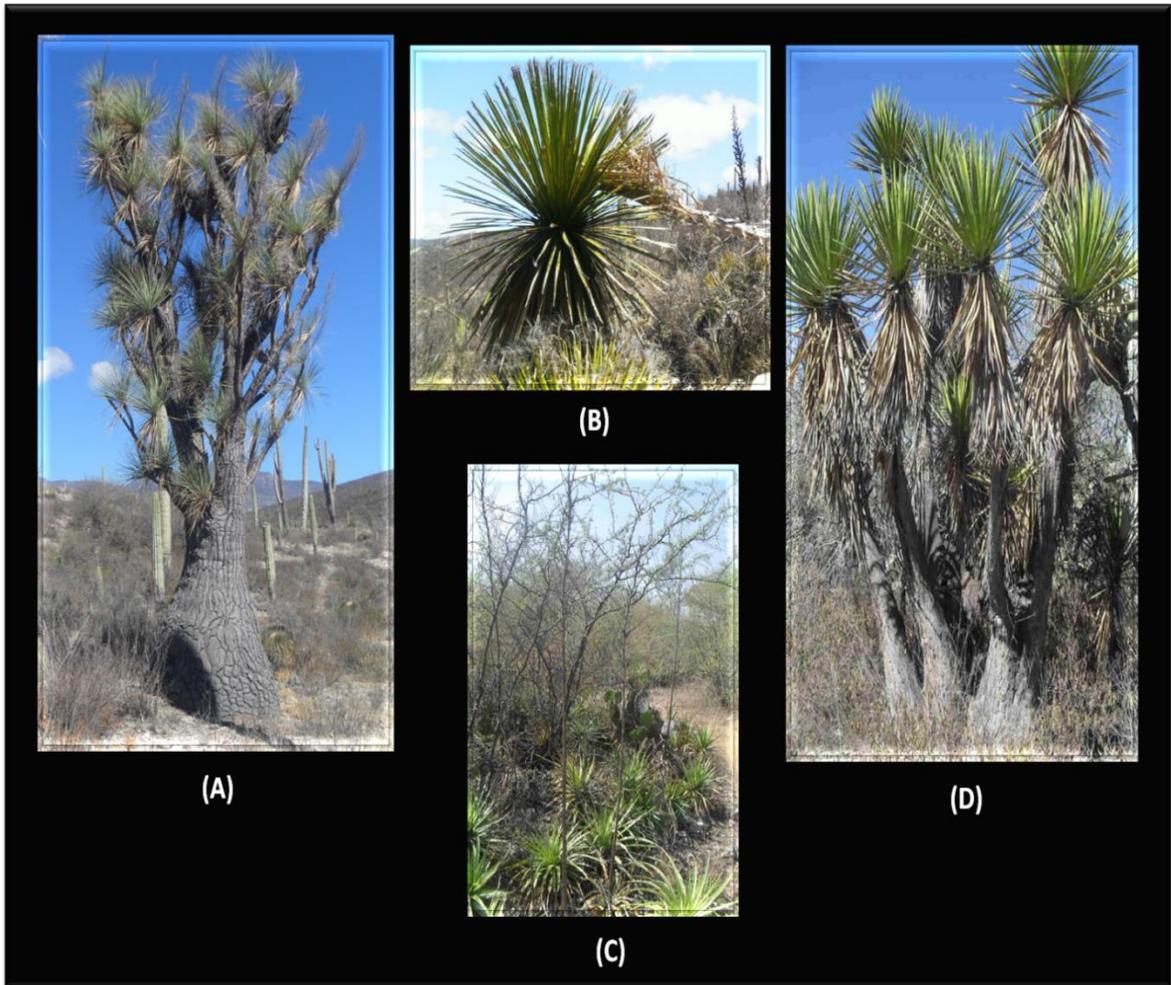


Figura 3. A) *Beucarnea gracilis*. B) *Dasyilirion* sp. C) *Hechtia* sp. y D) *Yucca periculosa*

## 6.2.- Localidades de muestreo.

En total fueron 10 localidades de muestreo, cabe señalar que en algunas localidades se muestrearon de una a dos especies de interés.

Las localidades que cumplieron con los supuestos antes señalados fueron las siguientes:

Localidad 1. km 108, carretera Tehuacán-Oaxaca, municipio de Tepelmeme, ubicada entre 18° 00'44'' latitud Norte y 97° 21'19'' longitud Oeste con una altitud de 96 msnm. Presentó matorral xerófilo con *Dasyilirion*, *Agave*, *Cnidoscolus*, *Hechtia* entre otros.

Localidad 2. Barranca Grande camino a San Juan Raya, municipio de Zapotitlán de las Salinas, ubicada entre 18° 18'21'' latitud Norte y 97° 32'17'' longitud Oeste con una altitud de 1578 msnm. Con izotal de *Yucca* asociado con *Beaucarnea* y matorral espinoso.

Localidad 3. Km 53, carretera Tehuacán-Oaxaca, municipio de San Gabriel Chilac, ubicada entre 18° 23'49'' latitud Norte y 97° 22'35'' longitud Oeste con una altitud de 1464 msnm. Presentó Matorral espinoso con *Yucca*, *Hechtia*, *Agave*, *Opuntia*, *Cnidoscolus* entre otros.

Localidad 4. km 73, carretera Tehuacán-Oaxaca, municipio de Miahuatlán, ubicada entre 18° 15'0.6'' latitud Norte y 97° 18'17'' longitud Oeste con una altitud de 1189 msnm. Presentó vegetación de Matorral espinoso con *Prosopis*, *Agave*, *Cnidoscolus*, *Opuntia* y *Dasyilirion*, entre otros.

Localidad 5. Barranca Grande camino a San Juan Raya municipio de Zapotitlán de las Salinas, ubicada entre 18° 18'21'' latitud Norte y 97° 32'17'' longitud Oeste con una altitud de 1578 msnm. Presentó izotal de *Yucca* asociado con *Beaucarnea* y matorral espinoso.

Localidad 6. Km 30, carretera Tehuacán-Oaxaca, Santa Anna Teloxtoc, municipio de Tehuacán, ubicada entre 18° 19'29'' latitud Norte y 97° 33'49'' longitud Oeste con una altitud de 1638 msnm. Presentó Matorral espinoso asociado con izotal de *Yucca*.

Localidad 7. San Gabriel Tetzoyucan Cerro del Tepehuey, municipio de Yehualtepec, Puebla, entre los 18° 14'20'' latitud Norte y 97° 59'6'' longitud Oeste con una altitud de 2100 msnm.

Con izotal de *Yucca* asociado con *Eschontria*, *Stenocereus*, *Myrtillocactus*, *Opuntia*, *Prosopis*, *Agave triangularis* y *A. marmorata*.

Localidad 8. Loma Tambor, municipio de Zapotitlán Salinas, ubicada entre 18° 19'41'' latitud Norte y 97° 29'48'' longitud Oeste con una altitud de 1568 msnm. Constituida principalmente por izotal de *Beaucarnea* asociado con cactáceas columnares arborescentes como *Neobuxbaumia* spp, y los llamados localmente “cardones” como el cardonal de *Stenocereus*.

Localidad 9. El Rincón del Platanal, municipio de Zapotitlán de las Salinas, 18° 14'16'' latitud Norte y 97° 32'57'' longitud Oeste con una altitud de 1911 msnm. Presentó matorral espinoso asociado con izotal de *Yucca*, *Agave triangularis*, y *Dasyllirion* principalmente.

Localidad 10. La recta de caja de agua para Las Ventas, municipio de Zapotitlán de las Salinas, entre 18° 21'4'' latitud Norte y 97° 26'36'' longitud Oeste. Presentó matorral xerófilo con *Dasyllirion*.

### **6.3.- Recolección de los sustratos**

En cada localidad se recolectaron aproximadamente 150 g de inflorescencias, hojas o tallos y cortezas, todas en diferentes grados de descomposición. Cada tipo de sustrato se recolectó de 10 individuos de cada especie de planta rosetófila (*Yucca periculosa*, *Beaucarnea gracilis*, *Dasyllirion* sp. y *Hechtia* sp.) (Fig. 4). Se obtuvieron 360 muestras en total. Cada muestra se colocó en bolsas de papel para evitar la contaminación por hongos, anotando sus respectivos datos, como número de muestra, tipo de sustrato, localidad, fecha, especie, tipo de vegetación y coordenadas geográficas. El material se transportó al laboratorio y se almacenó a temperatura ambiente hasta su montaje en cámaras húmedas.



Figura 4. A) recolección de inflorescencias de *B. gracilis*. B) recolección de inflorescencias de *Y. periculosa*

#### **6.4.- Montaje de cámaras húmedas.**

Se montaron un total de 360 cámaras húmedas, 90 de cada planta rosetófila, 30 por estructura (cortezas, hojas e inflorescencias) correspondientes a las tres localidades. Para su montaje, se siguió la técnica propuesta por Keller y Braun (1999) que consistió en colocar cinco fragmentos de sustrato sobre un disco de papel filtro dentro de una caja Petri. Las muestras se hidrataron con agua destilada hasta punto de saturación y se dejaron reposar durante 24 h. Pasado ese tiempo se retiró el excedente de agua con una pipeta. Nuevamente se dejó en reposo por 24 h. Transcurrido el tiempo se inició la observación bajo el microscopio.

#### **6.5.- Observación de cámaras húmedas**

Las observaciones se realizaron cada tres días por tres meses, con la finalidad de detectar rastros de mixomicetes como esclerocios, plasmodios y huellas, así como estructuras reproductoras.

Al detectar la presencia de plasmodios, se apartaban las cámaras para ser monitoreadas diariamente, checando que la cámara húmeda no se deshidratara (factor determinante en el ciclo de vida de los mixomicetes) y tratando de evitar la contaminación por hongos, colémbolos, pulgones y nemátodos.

#### **6.6.- Identificación y herborización de los especímenes.**

Una vez detectadas las estructuras reproductoras de los mixomicetes, se cosecharon y herborizaron tomando la muestra con pinzas y fijándola en cajas de cartón, anotando sus datos respectivos.

Para la determinación taxonómica de las especies se realizaron observaciones en estereomicroscopio, microscopía de campo claro y contraste de interferencia de Normaski, haciendo preparaciones fijas con solución de Hoyer (Martin y Alexopoulos, 1969). De cada espécimen se tomaron medidas de las estructuras macro y microscópicas.

La identificación se llevó a cabo con las claves y descripciones específicas de Martin y Alexopoulos (1969), Nannenga-Bremekamp (1991), Lado y Pando (1997), Mitchell (2000).

Los ejemplares identificados se rotularon con las siglas BDP (Berenice Díaz Pérez) y su número correspondiente. Todos los ejemplares identificados fueron almacenados en el herbario TLXM del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.

### **6.7.- Caracterización de los sustratos (pH y CRA)**

Los sustratos se caracterizaron haciendo mediciones de las siguientes características químicas:

**pH:** La medición se realizó en las cámaras húmedas que se prepararon. Los sustratos se humedecieron adicionando agua hasta saturación y dejando reposar durante 24 h, después se retiró el sobrenadante. La medición se hizo con un potenciómetro marca Conductronic, colocando directamente un electrodo plano sobre tres puntos del sustrato.

**Capacidad de retención de agua (CRA):** para su medición, se pesó 1 g de sustrato. Las muestras se colocaron en frascos de vidrio, agregando agua destilada y dejando reposar durante 24 h, posteriormente se retiró todo el excedente de agua, se obtuvo el peso húmedo y se introdujeron en una estufa a 70°C hasta obtener el peso seco constante. La CRA se calculó con base en la diferencia de pesos registrada y con la siguiente formula: (ENCB, IPN, 1982).

$$\% \text{ capacidad de retención de agua} = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco constante}}{\text{peso seco constante}}$$

## 7.- ANÁLISIS ECOLÓGICO

### 7.1.- Porcentaje de cámaras positivas

Para su evaluación se consideró como cámara positiva, la cámara húmeda de un sustrato particular en el que se encontrara cualquier evidencia de la presencia de mixomicetes como plasmodios, esclerocios, huellas o los mismos esporóforos. El porcentaje se obtuvo por la relación de una cámara positiva de un sustrato determinado entre el número total de cámaras para dicho sustrato.

### 7.2.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetes

La riqueza de especies se evaluó a través del conteo total de especies encontradas por cada estructura y especie de planta rosetófila estudiada.

La abundancia fue estimada mediante el número de cámaras húmedas en las que se encontró una especie particular de mixomiceto por cada estructura y tipo de sustrato.

La diversidad se evaluó con el índice de diversidad de Shannon-Weaver (Magurran, 1988; Stephenson, 1988) mediante la siguiente fórmula:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

Donde:

$H'$  = Índice de diversidad

$\ln$  =logaritmo natural

$P_i$  = proporción del número de individuos de la especie  $i$  con respecto al total ( $n_i/N_t$ )

$N_i$  = número de individuos de la especie  $i$

$N_t$  = número total de individuos de todas las especies

Este índice varía de un valor de 0 en una comunidad que presenta una sola especie, incrementándose en una comunidad donde se presentan varias especies. El valor del índice generalmente oscila entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa los valores de 4.5. Este índice se utilizó debido a que los valores de diversidad reflejan tanto la riqueza de las especies como la distribución de los individuos entre las mismas.

### **7.3.- Amplitud de nicho**

La amplitud de nicho (NB) sensu Whittaker *et al.* (1973) se calculó como lo describe Stephenson (1988) utilizando la siguiente fórmula:

$$NB = 1 / (n \sum P_{ij}^2)$$

Donde:

N= número de estados de la fuente disponibles

P<sub>ij</sub>= proporción de las especie i asociada con el estado j del recurso dividida entre la abundancia total de las especie i de todos los estados del recurso.

El rango para los valores de amplitud del nicho es de 1/n (cuando todos los individuos de la especie i están asociados con un estado del recurso) a 1.0 (cuando un número igual de una especie individual i está asociado con cada estado del recurso).

Como dimensiones de nicho se utilizaron los siguientes parámetros: tipo de sustrato, pH y capacidad de retención de agua. Así mismo se establecieron intervalos fijos para poder analizar el comportamiento de las especies de mixomicetes en los diferentes valores de pH y CRA .

## **8. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS**

### **8.1.- Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos.**

Para determinar si la proporción de especímenes encontrados de cada orden de mixomicetos dependía de la planta o de la estructura se utilizaron tablas de contingencia. De igual forma, para determinar qué valores observados se encontraban por arriba o por debajo de los valores esperados, se realizó un análisis de residuales ajustados. Se aplicó también una tabla de contingencia para cada especie vegetal por separado, con el objeto de determinar si la proporción de Physarales con respecto a otros órdenes dependía de la estructura vegetal. Se determinó también cuáles eran los valores observados que se desviaban significativamente de los esperados en cada caso. Todos estos análisis se realizaron por medio de la página <http://vassarstats.net/newcs.html>.

### **8.2.- Porcentaje de cámaras positivas**

Para determinar si el número de cajas positivas dependía de la especie de planta o de la estructura se utilizaron tablas de contingencia. De igual manera, para saber qué valores observados se encontraban por arriba o por debajo de los valores esperados, se realizó un análisis de residuales estandarizados. Se realizó el mismo tipo de análisis, para determinar si la proporción de cámaras húmedas positivas y negativas dependía de la estructura vegetal de cada planta estudiada. Este análisis también se realizó por medio de la página <http://vassarstats.net/newcs.html>.

### **8.3.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetes**

Para saber si había diferencias estadísticas en la riqueza, abundancia y diversidad de los mixomicetes por cada estructura y especie de planta rosetófila, se realizó una prueba de ANOVA bifactorial para un diseño mixto, ya que se consideró que los valores de dichas

variables de las diferentes estructuras de una planta para la misma localidad guardaban cierto grado de dependencia al estar sujetos a las mismas condiciones macroclimáticas. Para saber con certeza entre que especies de plantas y estructuras existían dichas diferencias, se aplicó una prueba de Tukey.

## 9.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 9.1.- Análisis taxonómico

De las cuatro especies de plantas rosetófilas estudiadas se obtuvieron un total de 301 especímenes que correspondieron con 47 especies, 20 géneros y 8 familias. Se encontraron los cinco órdenes reconocidos para la clase Myxomycetes. Del total de especímenes cosechados, 268 se pudieron confirmar a nivel específico, sin embargo, 10 se dejaron a nivel genérico, ya que sus características no correspondieron con ninguna especie descrita y fueron asignadas como sp. Además 23 especímenes se excluyeron del estudio ya que el material era muy escaso, inmaduro o se encontraba en malas condiciones (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de mixomicetes encontradas en el estudio.

ÓRDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
<i>Echinosteliales</i>	<i>Echinosteliaceae</i>	<i>Echinostelium</i>	<i>E. minutum</i>
<i>Liceales</i>	<i>Cribrariaceae</i>	<i>Cribraria</i>	<i>C. minutísima</i>
			<i>C. lepida</i>
			<i>Cribraria</i> sp. 1
	<i>Liceaceae</i>	<i>Licea</i>	<i>L. succulenticola</i>

			<i>L. rugosa</i> var. <i>Fujiokana</i>
			<i>L. kleistobolus</i>
			<i>Licea</i> . sp 1
<i>Trichiales</i>	<i>Dianemaceae</i>	<i>Dianema</i>	<i>D. harveyi</i>
	<i>Trichiaceae</i>	<i>Perichaena</i>	<i>P. quadrata</i>
			<i>P. depressa</i>
			<i>P. chrysosperma</i>
			<i>P. vermicularis</i>
			<i>P. luteola</i>
		<i>Hemitrichia</i>	<i>H. pardina</i>
		<i>Arcyria</i>	<i>A. cinerea</i>
			<i>A. denudata</i>
			<i>Arcyria</i> . sp 1
		<i>Trichia</i>	<i>T. contorta</i>
			<i>T. agaves</i>
<i>Physarales</i>	<i>Didymiaceae</i>	<i>Didymium</i>	<i>D. difforme</i>
			<i>D. columella-cavum</i>
			<i>D. anellus</i>
			<i>D. verrucosporum</i>

			<i>D. minus</i>
			<i>D. megalosporum</i>
			<i>D. vaccinum</i>
			<i>D. aplanatum</i>
			<i>D. melanospermum</i>
			<i>Didymium. sp 1</i>
			<i>Didymium. sp 2</i>
			<i>Didymium. sp 3</i>
			<i>Didymium. sp 4</i>
	<i>Physaraceae</i>	<i>Badhamia</i>	<i>B. melanospora</i>
		<i>Physarum</i>	<i>P. pusillum</i>
			<i>P. flavicomum</i>
			<i>P. columellatum</i>
			<i>P. auriscalpium</i>
			<i>P. didermoides</i>
			<i>P. oblatum</i>
			<i>P. spectabile</i>
			<i>Physarum. sp 1</i>
		<i>Protophysarum</i>	<i>P. phloiogenum</i>

		<i>Willkomlangea</i>	<i>W. reticulata</i>
<i>Stemonitales</i>	<i>Stemonitaceae</i>	<i>Comatricha</i>	<i>C. tenerrima</i>
			<i>C. laxa</i>
			<i>C. pulchelloides</i>
			<i>Comatrichia. sp 1</i>
		<i>Stemonitis</i>	<i>S. pallida</i> var. <i>rubescens</i>
			<i>S. mussooriensis</i> var. <i>emotoi</i>
			<i>Stemonitis. sp 1</i>
		<i>Stemonitopsis</i>	<i>S. subscaespitosa</i>
		<i>Paradiacheopsis</i>	<i>P. rigida</i>
			<i>P. microcarpa</i>
		<i>Lamproderma</i>	<i>L. arcyrionema</i>
		<i>Enerthenema</i>	<i>E. papillatum</i>
		<i>Macbrideola</i>	<i>M. decapillata</i>

De las especies encontradas, 14 representan nuevos registros para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, 11 para Puebla, 4 para Oaxaca y 4 para México (Cuadro 2). Hasta el momento se conocían 104 especies y una variedad de mixomicetes para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Cabe señalar que a nivel mundial se conocen aproximadamente 1000 especies de mixomicetes (Lado, 2001) de las cuales, 364 se han reportado para México lo que representa el 36.4% (Rodríguez-Palma, 2014). Con el presente estudio, el número de especies conocidas para el

Valle de Tehuacán se incrementa 119 taxones, lo que representa el 32% de las especies conocidas para México (Cuadro 2).

Cuadro 2. Nuevos registros de mixomicetes encontrados en el presente estudio.

<b>Especie de mixomicete</b>	<b>México</b>	<b>Valle de Tehuacán- Cuicatlán</b>	<b>Oaxaca</b>	<b>Puebla</b>
<i>Stemonitis missouriensis</i> <i>var. emotoi</i>	X	X	X	X
<i>Stemonitis pallida</i> <i>var.</i> <i>rubescens</i>	X	X		X
<i>Paradiacheopsis rigida</i>	X	X		X
<i>Comatricha pulchelloides</i>	X	X		X
<i>Dydimium</i> <i>columellacavum</i>		X	X	
<i>Dianema harveyi</i>		X		X
<i>Cribraria minutisima</i>		X		X
<i>Didymium minus</i>		X		X
<i>Didymium megalosporum</i>		X	X	
<i>Didymium</i> <i>melanospermum</i>		X		X
<i>Physarum auriscalpium</i>		X	X	

<i>Physarum collumelatum</i>		X		X
<i>Protophysarum phloiogenum</i>		X		X
<i>Stemonitis subscaespitosa</i>		X		X

Los nuevos registros que ha generado este estudio son sumamente importantes ya que contribuyen al conocimiento de la diversidad y distribución de los mixomicetes en zonas áridas de México, las que han sido pobremente estudiadas, particularmente en sustratos como son los de las especies rosetófilas (Figura 5, 6 y 7).

Los sustratos estudiados propician microhábitats que brindan condiciones particulares para el establecimiento de mixomicetes que no habían sido encontrados en otros sustratos de dicha zona. De ahí la importancia de estudiar sistemáticamente sustratos potenciales para el establecimiento y desarrollo de mixomicetes, que aporten nueva información sobre la biología de estos organismos en ambientes relativamente poco estudiados.



(A)



(B)



(C)

Figura 5. Nuevos registros para México. A) *Stemonitis pallida* var. *rubescens*, B) *Comatrichia pulchelloides* y C) *Stemonitis missouriensis* var. *emotoi*.

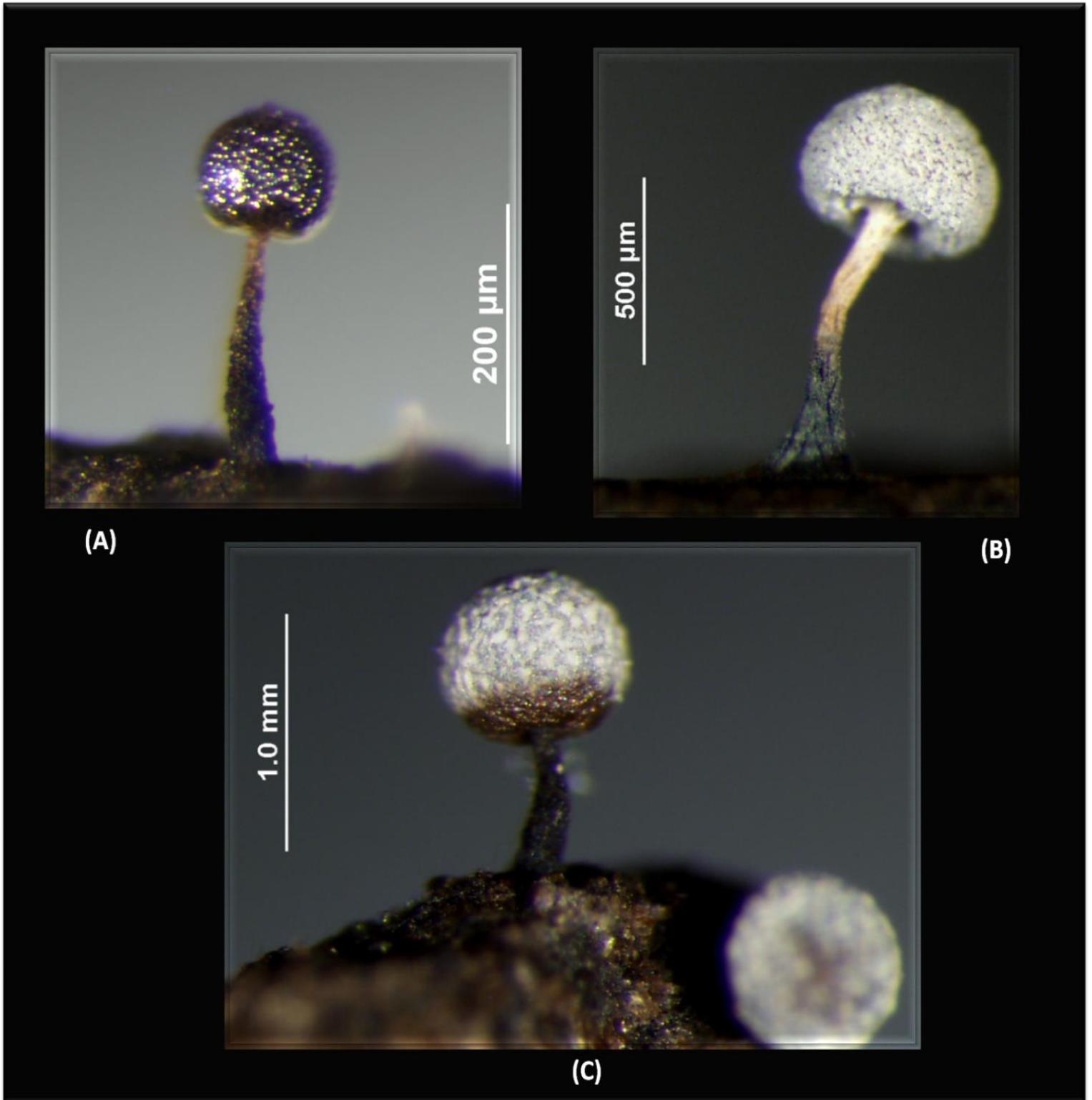


Figura 6. Nuevos registros para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. A) *Protophysarum phloiogenum*, B) *Dydimium columella-cavum* y C) *Physarum collumelatum*.

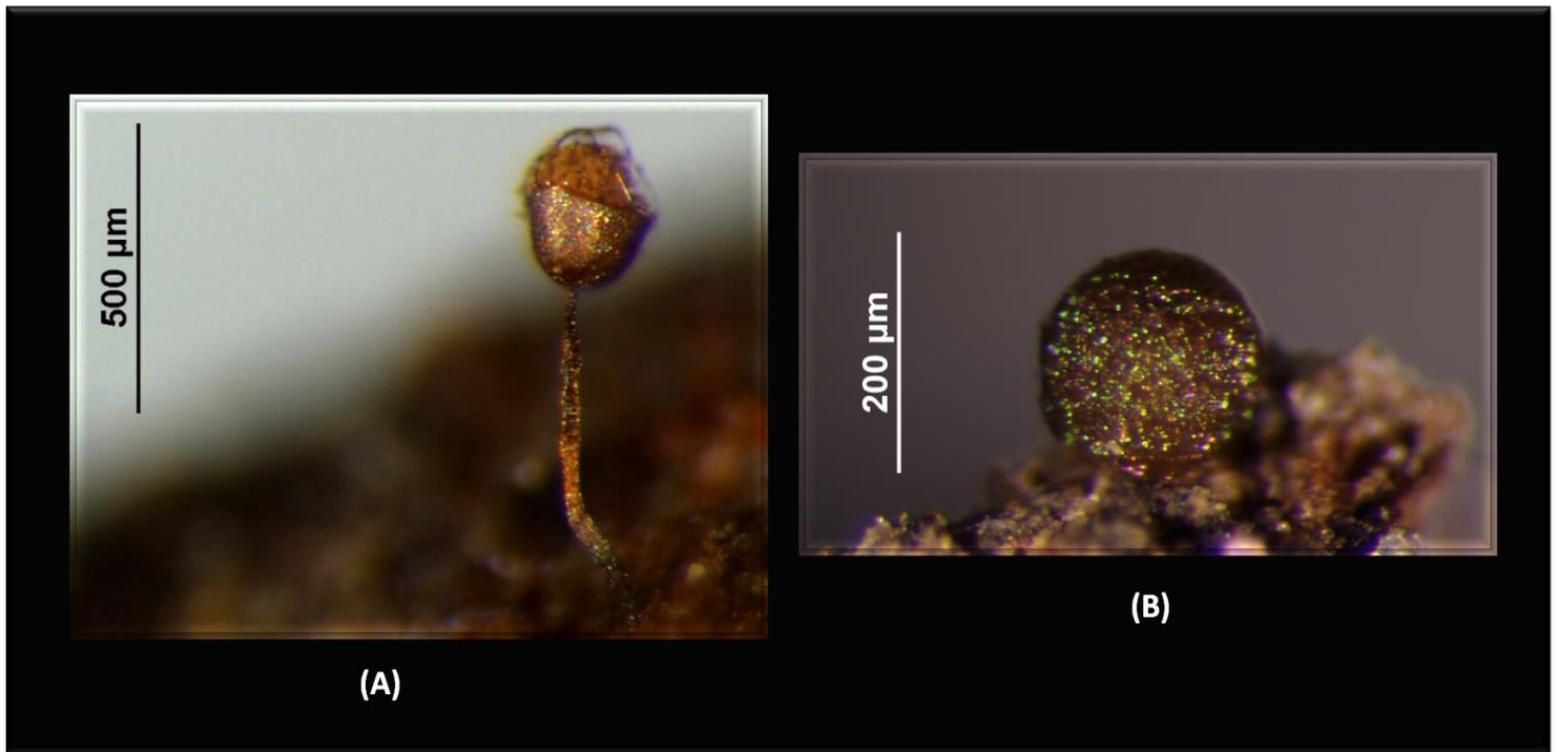


Figura 7. Nuevos registros para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. A) *Cribraria minutisima* y B) *Dianema harveyi*

La presencia de un número de especies asociadas principalmente con o únicamente a sustratos particulares parece ser un indicador de la especificidad que algunos mixomicetes aparentemente muestran para determinados recursos alimenticios y/o características del sustrato, así como la importancia de diversos factores que influyen en la dinámica de los mixomicetes. Por ejemplo *E. papillatum* se desarrolló de forma abundante solo en las cortezas de *Beaucarnea gracilis*, aunque es una especie corticícola, no se encontró en las demás cortezas de las otras especies vegetales

### 9.1.1.- Composición global de especies y especímenes por órdenes de mixomicetes.

El orden que presentó el mayor número de especies y de especímenes, fue el de los Physarales, seguido de los órdenes *Stemonitales* y *Trichiales* cuyos porcentajes en especies y especímenes fueron similares. El orden *Liceales* ocupó el penúltimo lugar con menor porcentaje de especies y especímenes. El orden menos representado en este estudio correspondió con los *Echinosteliales* (Fig. 8).

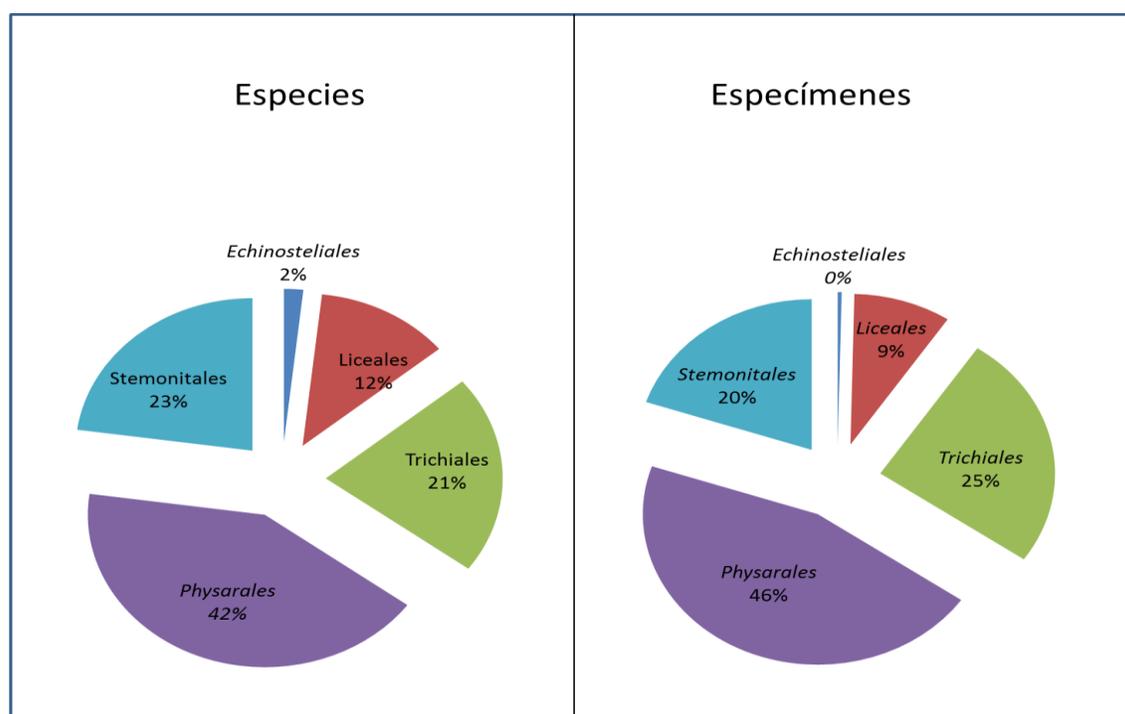


Figura 8. Proporción global de especies y especímenes de los órdenes de mixomicetes encontrados en las plantas estudiadas.

La mixobiota encontrada en las plantas rosetófilas estudiadas fue característica de ambientes áridos, dominada por el orden *Physarales*, relación que parece ser constante para estos ambientes (Blackwell y Gilbertson 1980b, 1984; Novozhilov *et al.*, 2003; Lado *et al.*, 2007a; Estrada-Torres *et al.*, 2009). Algunos autores han considerado que las especies de este orden son las que están mejor adaptadas a las condiciones estresantes de dichos ambientes (Lado *et al.*, 2007; Estrada-Torres *et al.*, 2009) y otros (Alexopoulos *et al.*, 1979) han argumentado que la formación de faneroplasmodios confiere ventajas a este grupo, ya que este tipo de plasmodio presenta mayor tolerancia y resistencia a las variaciones de humedad y temperatura.

En la mayoría de los estudios realizados en zonas áridas, se ha reportado mayor riqueza de especies de mixomicetes de la familia *Didymiaceae*, por ejemplo, Estrada-Torres *et al.* (2009) mencionaron que este género incluyó el 19% de las especies encontradas en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. De igual forma, Lado *et al.* (2007) reportaron que el género más rico en especies en el Desierto de Atacama fue *Didymium*, con cinco de las 24 ahí encontradas, representando el 20.8% del total estudiado. En el presente estudio, encontramos la misma tendencia, ya que el género *Didymium* representó el 27% de la mixobiota total encontrada.

#### **9.1.2.- Proporción de especies y especímenes por órdenes de mixomicetes en las plantas rosetófilas estudiadas.**

En las figuras 9-12 se muestra la proporción de especies y especímenes por cada orden de mixomicetos en las plantas rosetófilas estudiadas. En el caso de *Beaucarnea gracilis*, el orden *Physarales* presentó la mayor riqueza seguido de los *Stemonitales*, pero no fue el orden dominante ya que 44% de los especímenes correspondieron con el orden *Stemonitales*, seguido del orden *Physarales* con un 38%. Los órdenes *Trichiales* y *Liceales* ocuparon el tercer y cuarto lugar tanto en especies como en especímenes. En esta planta, no se registró el orden *Echinosteliales* (Fig. 9).

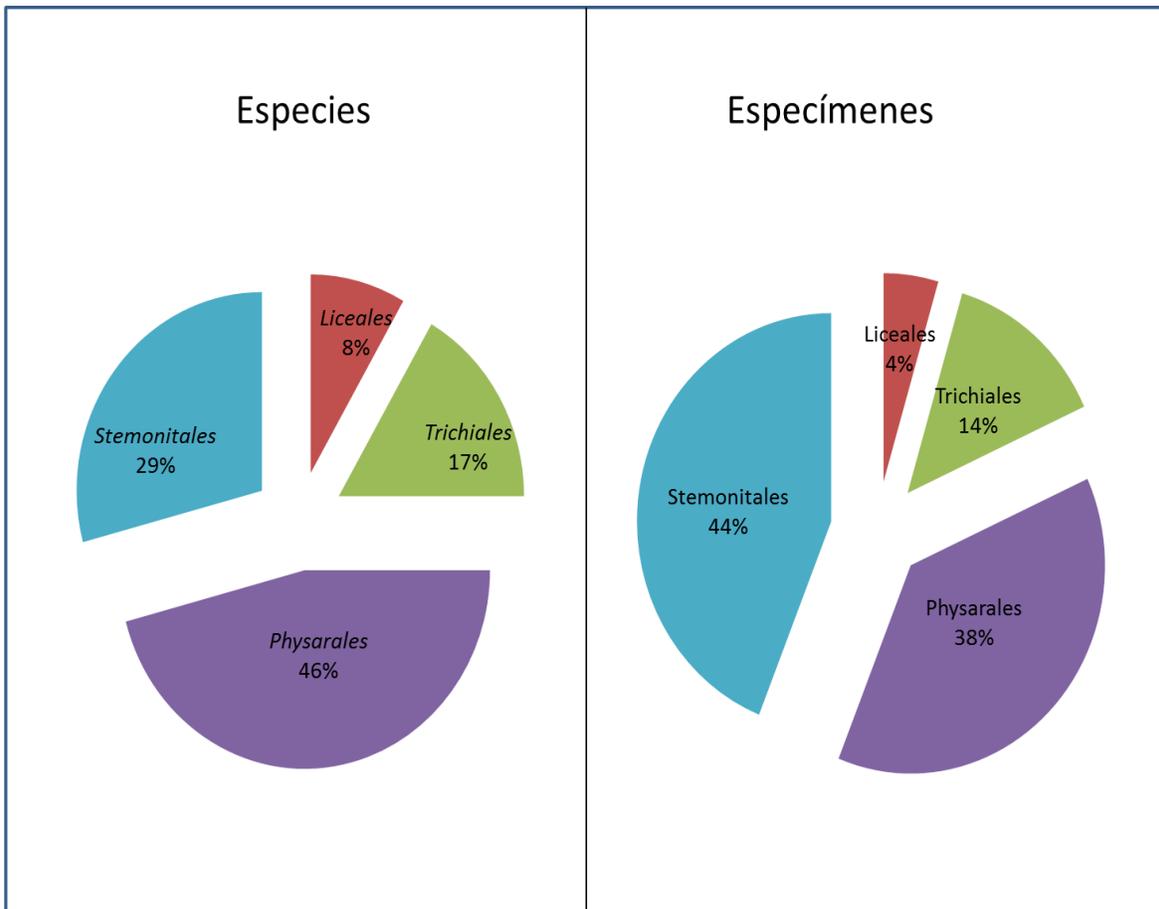


Figura 9. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en *Beaucarnea gracilis*.

Para *Hechtia* sp., el orden con mayor riqueza fue el de los Physarales con un 57%, es decir, aproximadamente una de cada dos especies pertenece a dicho orden, mismo que además fue el grupo dominante, con 67% de los especímenes registrados, esto es que dos de cada tres especímenes pertenecían a dicho orden. Los órdenes que lo precedieron fueron los *Trichiales* y *Liceales* tanto para el número de especies como para el de especímenes (Fig. 10).

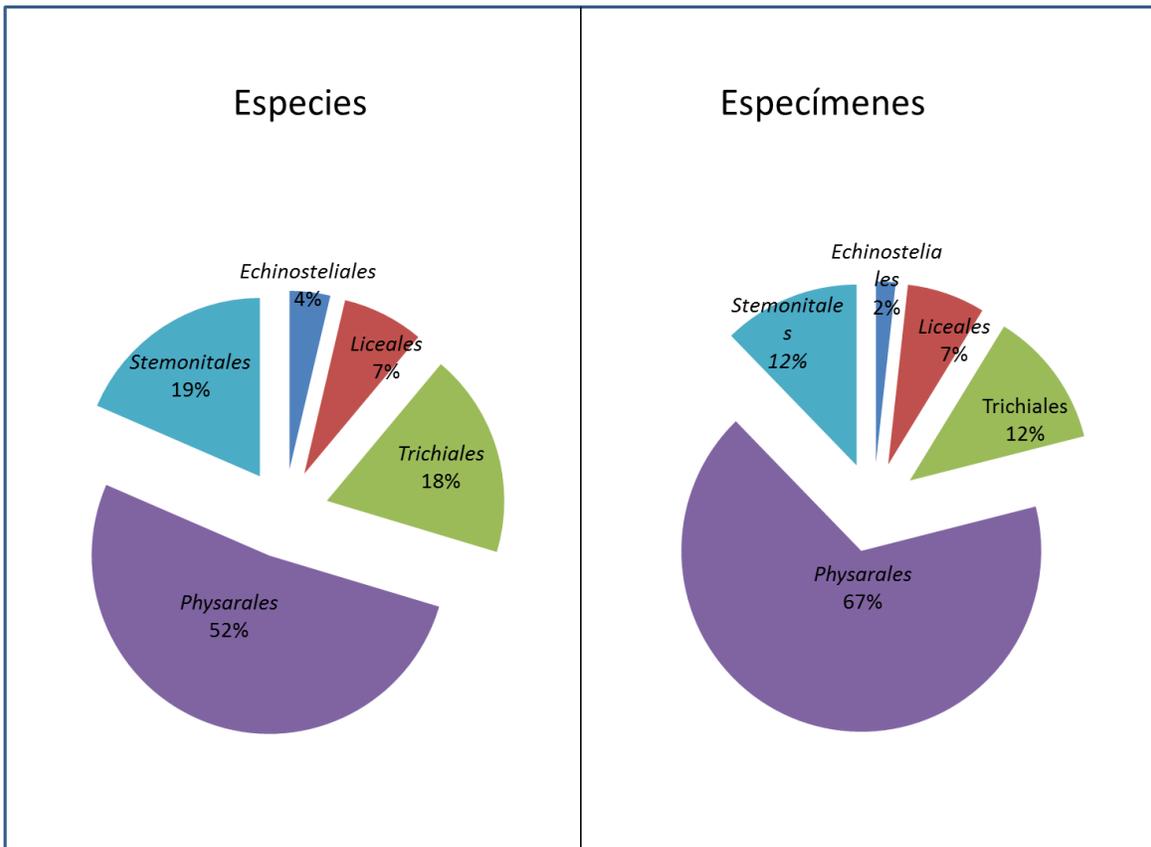


Figura 10. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en *Hechtia* sp.

Por otro lado, en *Yucca periculosa* el orden más rico y dominante fue el de los Physarales, seguido del orden Trichiales. Los órdenes Stemonitales y Liceales invierten sus proporciones de especies y especímenes, siendo el primero más rico en especies pero presentando el segundo mayor número de especímenes (Figura 11).

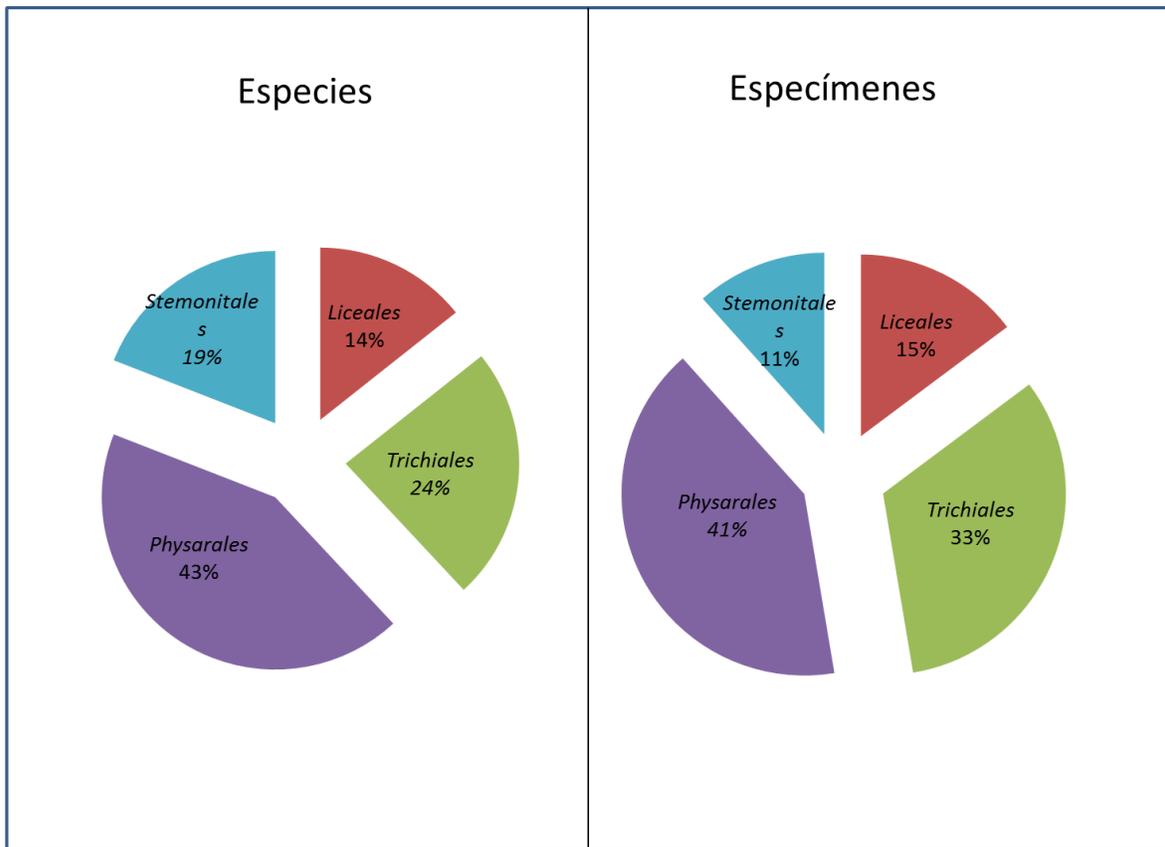


Figura 11. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en *Yucca periculosa*.

En cuanto a *Dasyilirion* sp., el orden con mayor riqueza fue el de los *Physarales* con un 37%, seguido de los *Trichiales* con el 29%, y por último por *Stemonitales* y *Liceales* con porcentajes iguales. En contraste con la riqueza, *Physarales* y *Trichiales* se pueden considerar co-dominantes, ya que presentan proporciones similares de especímenes, seguidos de *Stemonitales* y quedando *Liceales* como el orden con menos abundancia en esta planta (Figura 12).

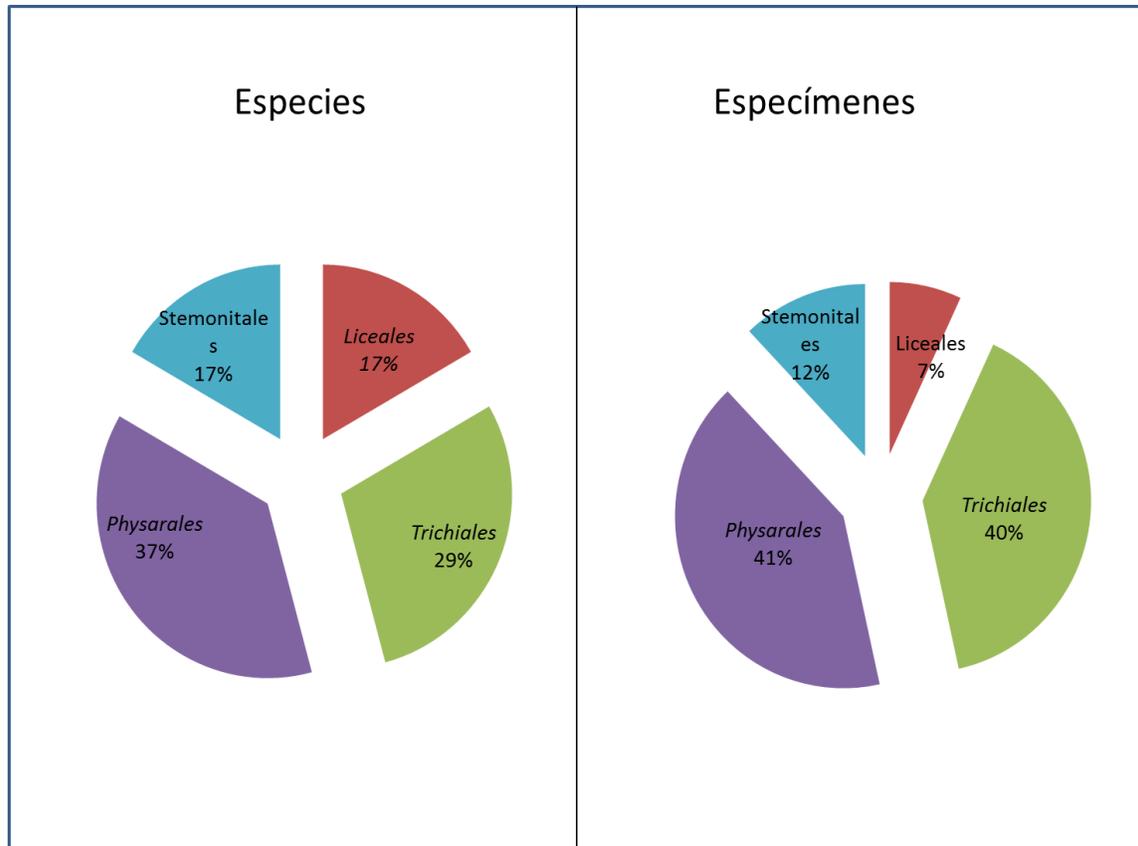


Figura 12. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en *Dasyllirion* sp.

En el cuadro 3 se resume la información del número de especímenes encontrados en cada planta rosetófila por orden de mixomicetes.

Cuadro 3. Número de especímenes por órdenes de mixomicetes correspondientes a cada planta rosetófila.

	<b>Physarales</b>	<b>Trichiales</b>	<b>Stemonitales</b>	<b>Liceales/ Echinosteliales</b>
<i>Yucca periculosa</i>	40	31	11	14
<i>Beaucarnea gracilis</i>	25	9	<b>29</b>	3
<i>Hechtia</i> sp.	<b>37</b>	7	7	5
<i>Dasyilirion</i> sp.	26	<b>23</b>	7	4

(Los números marcados en negritas indican que fueron los valores diferentes de los esperados).

El análisis estadístico aplicado indica que la proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos depende de la planta sobre la que se están desarrollando ( $X^2_{9, <0.0001} = 51.16$ ). El análisis de residuales estandarizados muestra que la proporción de especímenes de los diferentes órdenes en *Yucca periculosa* sigue el mismo patrón que los valores encontrados al conjuntar todas las especies vegetales (Figuras 8 y 11). No obstante, las otras tres plantas presentan proporciones diferentes a las esperadas en algunos órdenes. En el caso de *Beaucarnea gracilis*, los Stemonitales se encuentran significativamente por arriba de los valores esperados ( $z = +4.52$ ,  $p < 0.0001$ ), presentando incluso valores cercanos a los Physarales (Cuadro 3), en tanto que en *Hechtia* sp. los *Physarales* se encontraron con mayor abundancia de lo esperado ( $z = +2.21$ ,  $p = 0.0272$ ) y en *Dasyilirion* sp. fueron los Trichiales los que superaron significativamente los valores de abundancia esperados ( $z = + 2.03$ ,  $p = 0.0424$ ), igualando en esta especie la proporción de Physarales.

Entre los estudios que se han realizado en zonas áridas, se ha observado que las mixobiotas son distintivas y diferentes dependiendo de la zona geográfica y de las especies de plantas donde se desarrollan (Estrada-Torres *et al.*, 2009). De acuerdo con Keller *et al.* (2009),

muchas especies de mixomicetes se establecen en microhábitats muy especializados. Los resultados del presente estudio sugieren la preferencia de ciertas especies e incluso órdenes de mixomicetes hacia especies particulares de plantas rosetófilas. Es probable que las características propias de cada planta estén influyendo en el establecimiento de las diferentes especies de mixomicetes, tales características pueden ser anatómicas (tamaño, superficie expuesta), físicas (dureza, porosidad, capacidad de retención de agua) y químicas (pH, proporción C/N) así como factores bióticos (microbiota presente) y abióticos (intensidad de luz recibida, radiación, temperatura). Sin embargo, en este estudio sólo se evaluaron variables como el pH y la CRA, mismos que se discutirán más adelante.

### **9.1.3.- Proporción de especies y especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetes en las diferentes estructuras vegetales.**

En las figuras 13 a 15 se muestran las proporciones de especies y especímenes de diferentes órdenes de mixomicetos en las diferentes estructuras vegetales. Así como observamos diferencias en la proporción de órdenes de mixomicetes en las especies de plantas rosetófilas, también encontramos diferencias, algunas muy marcadas, entre las mixobiotas presentes en cada estructura vegetal.

Los órdenes más ricos en las cortezas fueron los *Trichiales* seguido de los *Physarales* con valores muy cercanos. De la misma manera le precedieron los órdenes *Stemonitales* y *Liceales*. En contraste con las proporciones de los especímenes, los órdenes dominantes fueron los *Stemonitales* (36%) y *Trichiales* (31%), en tercer y cuarto lugar los *Physarales* (17%) y *Liceales*(16%) (Figura 13).

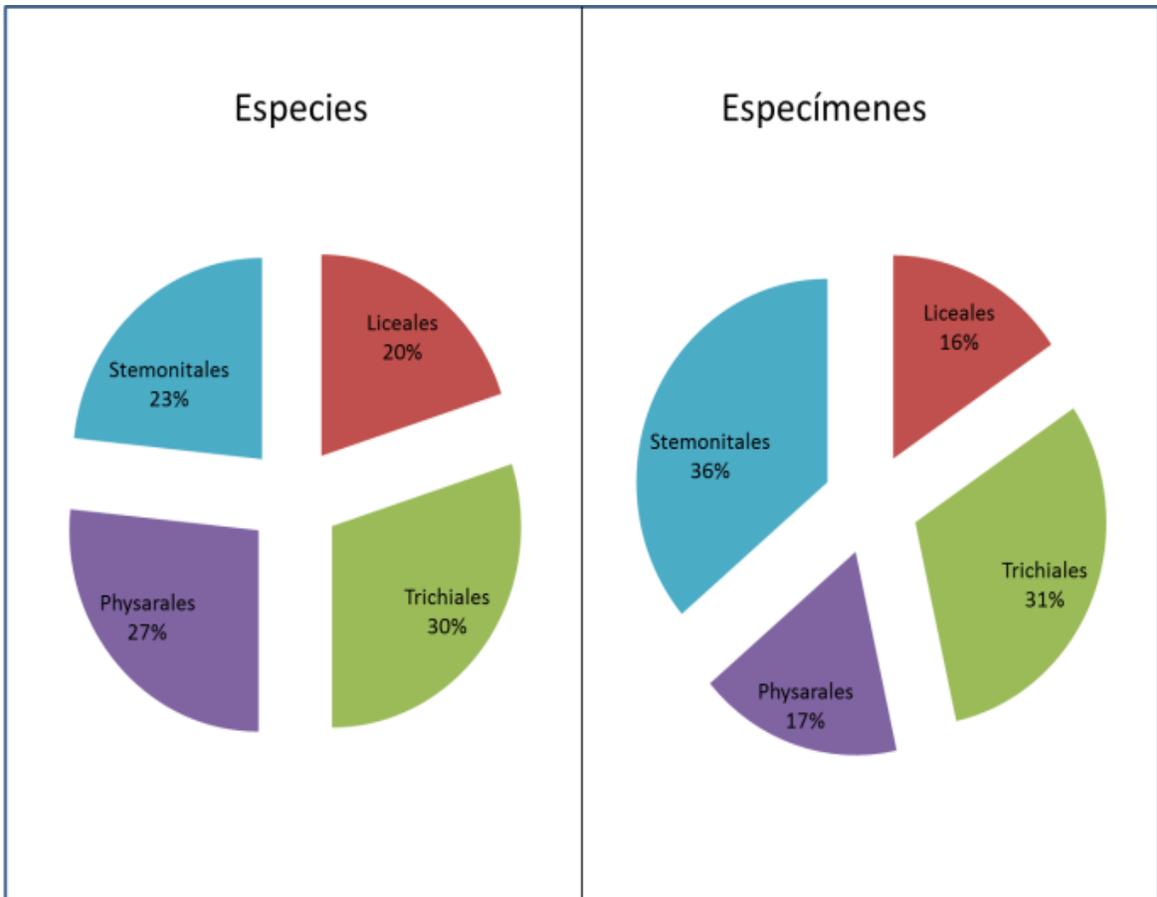


Figura 13. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en las Cortezas de las plantas estudiadas.

En las hojas, el orden *Physarales* mostró el 63% de la riqueza, mientras que el 37% lo compartieron los órdenes *Stemonitales*, *Liceales* y *Trichiales*. Respecto a la proporción de la abundancia nuevamente el orden *Physarales* tuvo el porcentaje mayor, seguido de los *Trichiales* y por último con un porcentaje pobre los *Liceales* y *Stemonitales* (Figura 14).

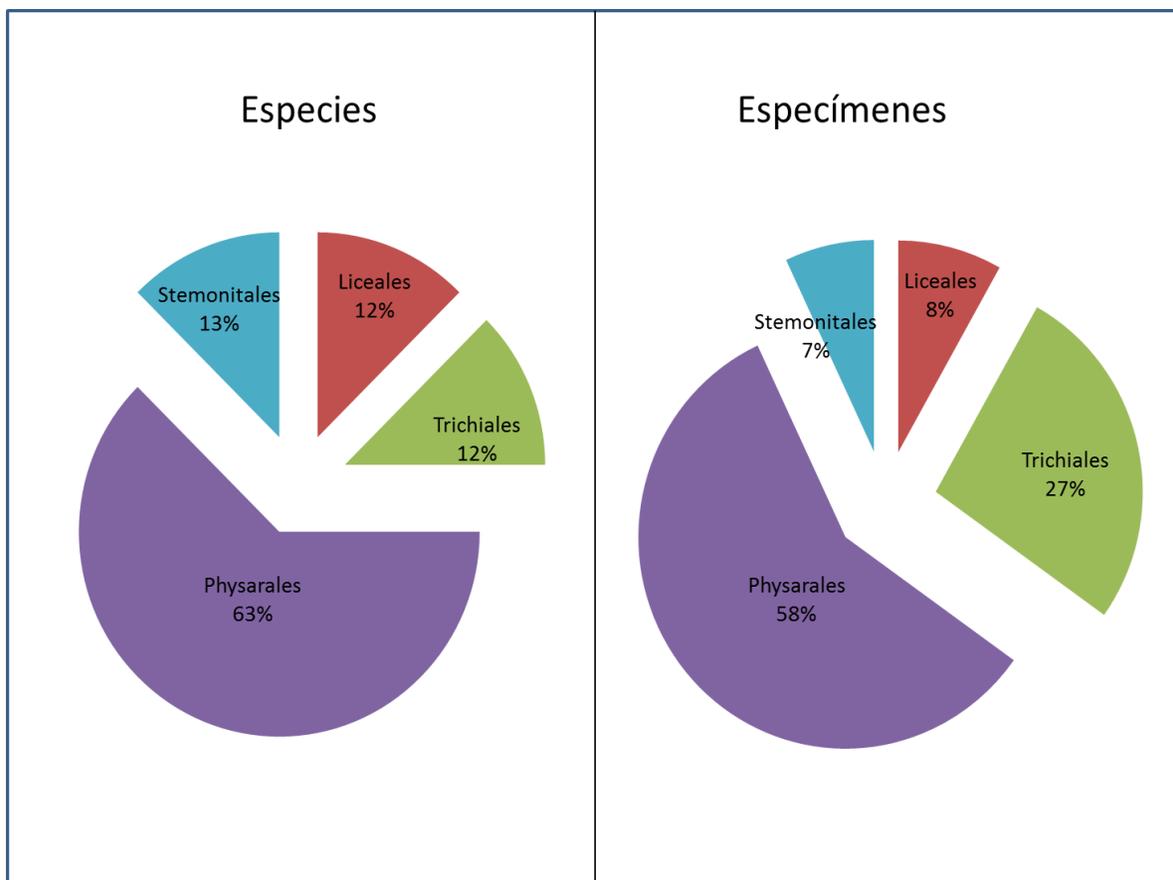


Figura 14. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en las hojas de las plantas estudiadas.

Nuevamente al igual que en las hojas, para las inflorescencias el orden *Physarales* fue el más dominante con 76% de los especímenes además de presentar una riqueza del 64%, mientras que los Trichiales, Stemonitales y Liceales ocuparon los porcentajes más bajos.

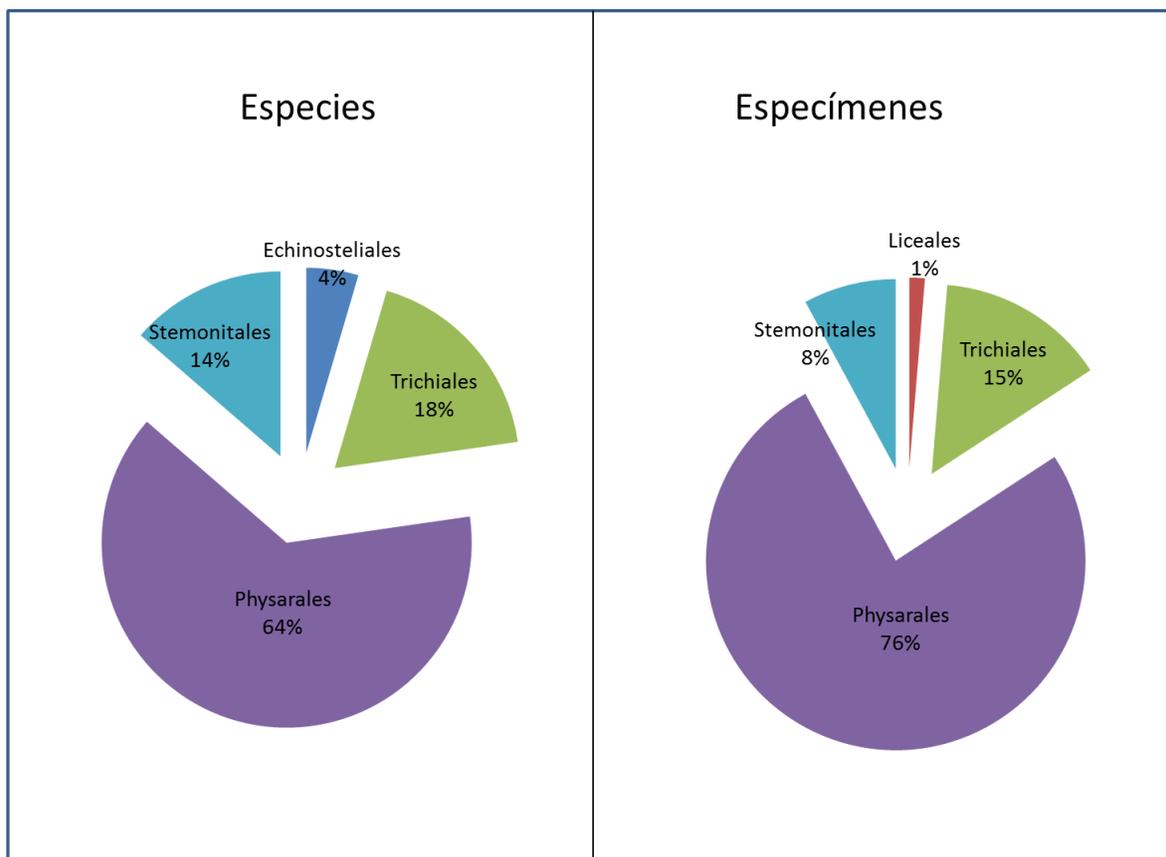


Figura 15. Proporción de órdenes de especies y especímenes de mixomicetes en las Inflorescencias de las plantas estudiadas.

En la cuadro 4 se resume la información del número de especímenes de cada orden encontrado en cada estructura vegetal.

Cuadro 4. Número de especímenes por órdenes de mixomicetes correspondiente a las estructuras vegetales.

	<b>Physarales</b>	<b>Trichiales</b>	<b>Stemonitales</b>	<b>Liceales/ Echinosteliales</b>
<b>Cortezas/tallos</b>	<b>20</b>	36	<b>42</b>	18
<b>Hojas</b>	50	23	<b>6</b>	7
<b>Inflorescencias</b>	<b>58</b>	11	<b>6</b>	<b>1</b>

El análisis estadístico aplicado indica que la proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos depende de la estructura sobre la que se están desarrollando ( $X^2_6$ ,  $<0.0001 = 82.86$ ). El análisis de residuales ajustados muestran que en el caso de las cortezas, los Physarales fueron menos abundantes que los valores esperados ( $z = -4.57$ ,  $p < 0.0001$ ), en contraste con las inflorescencias donde el mismo orden presentó mayor abundancia de la esperada ( $z = +3.89$ ,  $p < 0.0001$ ). Mientras que tanto en hojas ( $z = -2.62$ ,  $p = 0.0088$ ) como en inflorescencias ( $z = -2.28$ ,  $p = 0.0226$ ), el orden Stemonitales tuvo abundancias por debajo de los valores esperados, en las cortezas obtuvo valores por arriba de los esperados ( $z = +4.1$ ,  $p < 0.0001$ ). Por último, el conjunto de Liceales/Echinosteliales presentaron valores por debajo de los esperados en las inflorescencias ( $z = -2.29$ ,  $p = 0.0220$ ). Los resultados anteriores refuerzan que los diferentes grupos de mixomicetos tienen preferencias por las diferentes estructuras vegetales, lo que podría estar determinado por las diferencias en las características anatómicas, físicas y químicas de cada estructura vegetal.

#### **9.1.4.- Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetes en cada estructura vegetal en las diferentes especies vegetales.**

La proporción de especies y especímenes ha mostrado ser diferente no sólo en cada especie de rosetófila sino que también por cada estructura vegetal, por lo que se realizó un análisis independiente para determinar si la proporción de los diferentes grupos de mixomicetos dependía también de las diferentes estructuras vegetales en cada planta. Las figuras 16 a 19 muestran estas comparaciones por género de rosetófila estudiada.

En las cortezas de *Beaucarnea gracilis*, el orden Stemonitales presentó la mayor abundancia de especímenes (66%), seguido del orden Physarales, mientras que Liceales y Trichiales se encontraron pobremente representados en este sustrato. Sin embargo, tanto en hojas como en inflorescencias, el orden dominante fue el de los Physarales, seguido de Trichiales, cabe señalar que en las inflorescencias no se encontraron especies del orden Liceales (Figura 16).

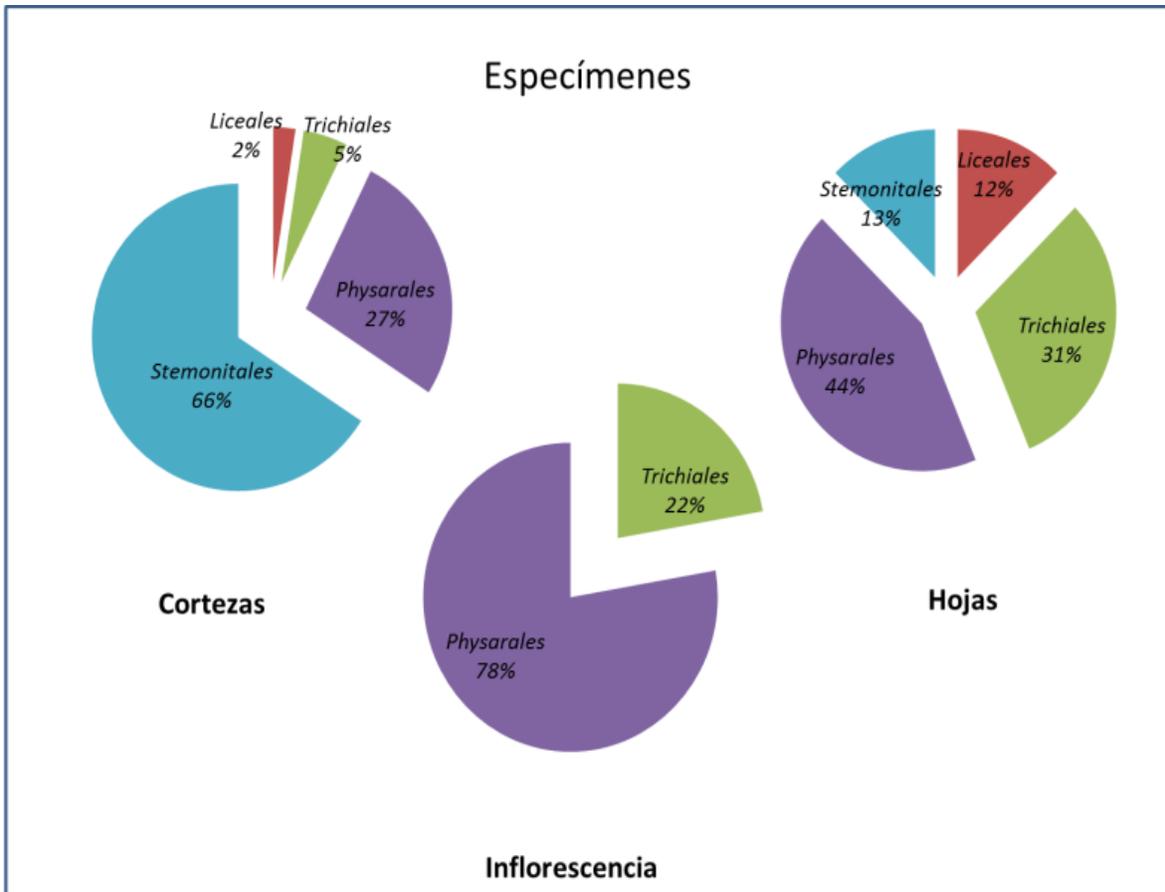


Figura 16. Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Beaucarnea gracilis*.

Dado el bajo número de colecciones de los órdenes Trichiales, Stemonitales y Liceales en las hojas e inflorescencias, sus valores se agruparon para determinar si la proporción de Physarales (el orden dominante en el estudio) y los otros órdenes de mixomicetos, era dependiente de las estructuras de *Beaucarnea gracilis*. De esta forma, el cuadro 5, muestra el número de especímenes de Physarales y de otros órdenes de mixomicetos.

Cuadro 5. Numero de especímenes de Physarales y de otros órdenes de mixomicetes.

	<b>Physarales</b>	<b>Otros órdenes</b>
<b>Cortezas</b>	11	30
<b>Hojas</b>	7	9
<b>Inflorescencias</b>	7	2

El análisis estadístico indica que la proporción de Physarales con respecto a los otros órdenes de mixomicetos depende de la estructura vegetal ( $X^2_{2, 0.0146} = 8.45$ ). El análisis de residuales estandarizados mostró que los Physarales fueron más abundantes en las inflorescencias que los valores esperados ( $z = + 1.94, p = 0.0524$ ).

Las inflorescencias de *Yucca periculosa* presentaron sólo dos órdenes, dominando los Physarales y en menor proporción los Trichiales. En las hojas, tanto Trichiales como Physarales presentaron proporciones similares de especímenes, pero Liceales y Stemonitales tuvieron porcentajes muy bajos. En cuanto a las cortezas, los Trichiales fueron el grupo más abundante, mientras que los Physarales fueron los que se encontraron en menor proporción (Fig. 17).

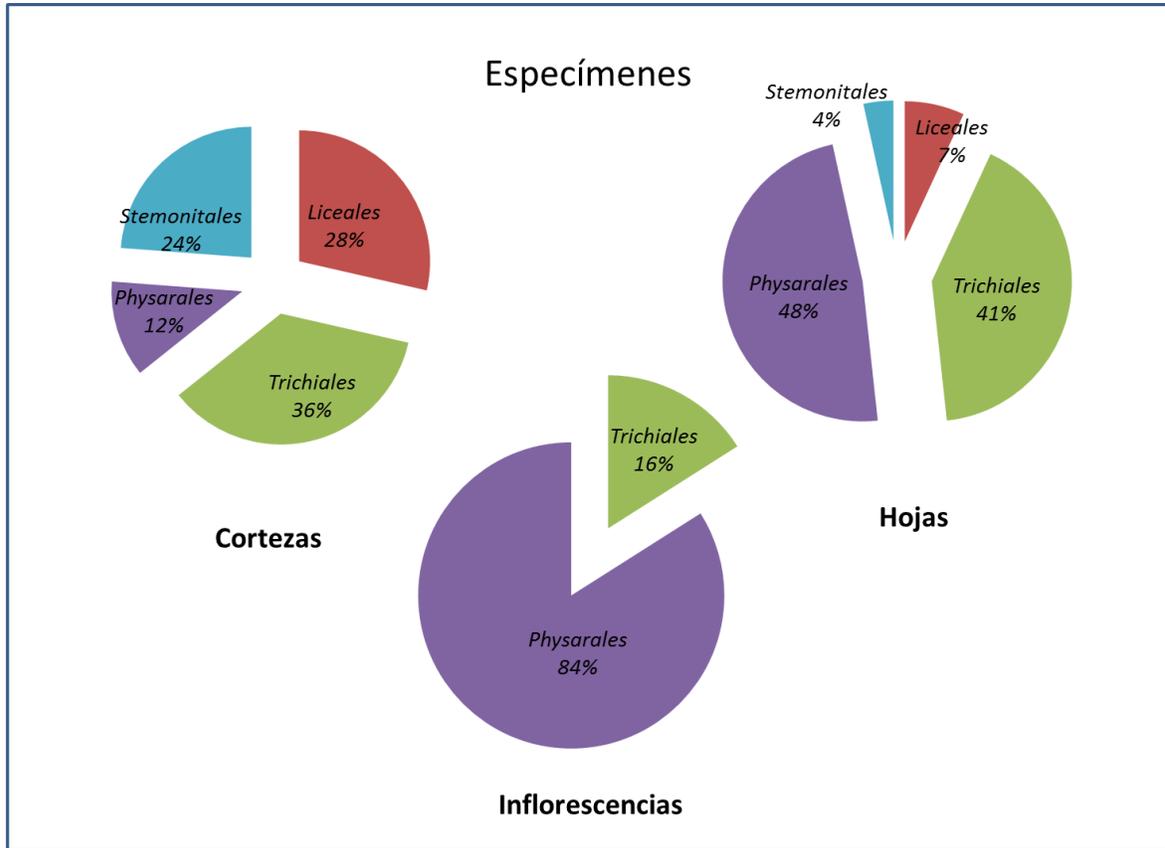


Figura 17. Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Yucca periculosa*.

Nuevamente, por el bajo número de colecciones de los órdenes Stemonitales y Liceales en las hojas e inflorescencias, sus valores se agruparon para determinar si la proporción de Physarales y Trichiales (los órdenes dominantes en este estudio) y los otros órdenes de mixomicetos, era dependiente de las estructuras de *Yucca periculosa*. Así, en cuadro 6, se incluye el número de especímenes de Physarales, Trichiales y de otros órdenes de mixomicetos.

Cuadro 6. Numero de especímenes de Physarales, Trichiales y otros órdenes de mixomicetos en las estructuras vegetales.

	<b>Physarales</b>	<b>Trichiales</b>	<b>Otros órdenes</b>
<b>Cortezas</b>	5	15	22
<b>Hojas</b>	14	12	3
<b>Inflorescencias</b>	21	4	0

El análisis estadístico señala que la proporción de Physarales:Trichiales:otros órdenes de mixomicetos depende de la estructura vegetal ( $X^2_{4, <0.0001} = 8.45$ ). Los residuales estandarizados indican que la abundancia de Physarales se encuentra por debajo de los valores esperados ( $z = -2.99$ ,  $p = 0.0028$ ) en las cortezas, pero por arriba de éstos ( $z = 3.28$ ,  $p = 0.0010$ ) en las inflorescencias. En caso contrario, la abundancia conjunta de Stemonitales y Liceales se encuentra por arriba de los valores esperados ( $z = +3.34$ ,  $p = 0.0008$ ) en las cortezas, pero por debajo de lo esperado ( $z = -2.55$ ,  $p = 0.0108$ ) en las inflorescencias. Esto indica una marcada preferencia de los Physarales por las inflorescencias y una mayor prevalencia de Stemonitales y Liceales sobre las cortezas, lo que puede estar determinado por las características diferenciales de cada estructura (pH, CRA, composición química, etc.).

En el caso de *Dasytirion* sp., el orden Trichiales fue el más abundante en las cortezas pero estuvo pobremente representado en las inflorescencias, mientras que en las hojas no hubo presencia de Stemonitales (Fig. 18).

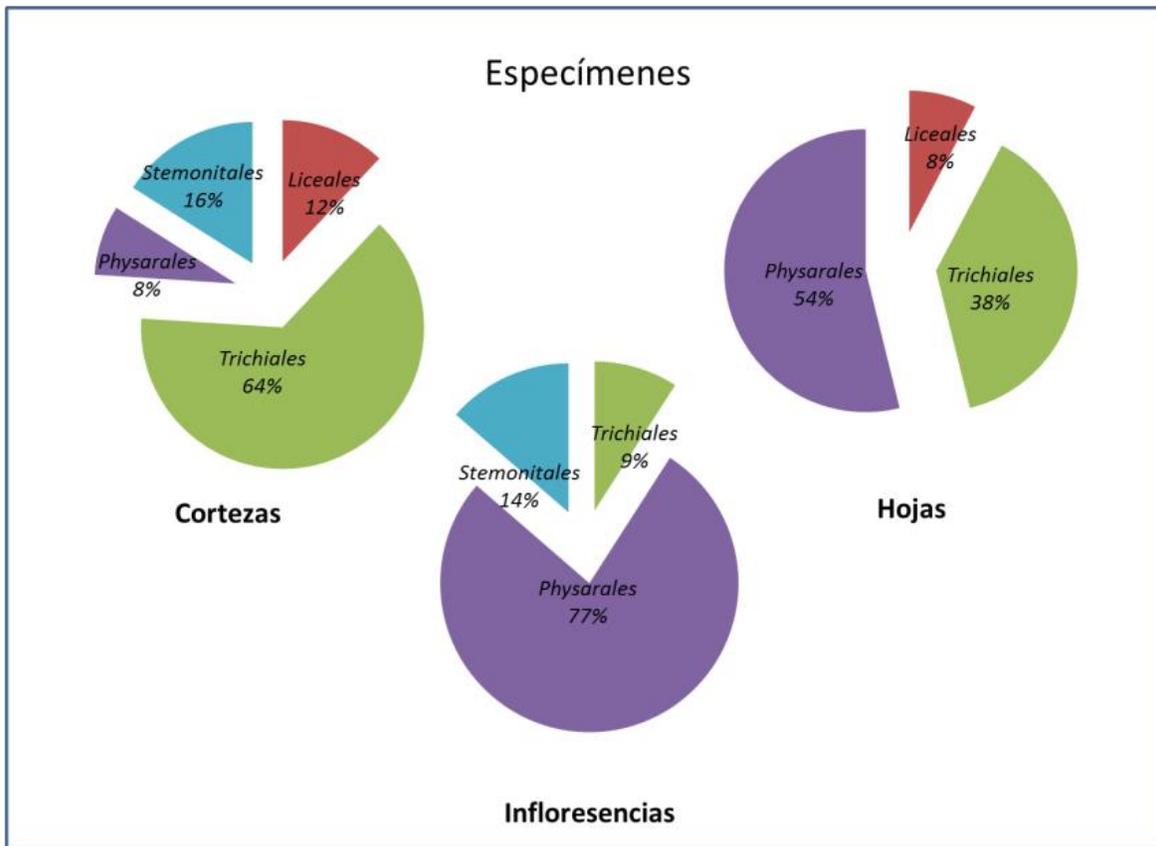


Figura 18. Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos en las diferentes estructuras de *Dasyilirion* sp.

Para el caso de *Dasyilirion*, también se contó con un bajo número de colecciones de los órdenes Trichiales, Stemonitales y Liceales en las hojas e inflorescencias, por lo que nuevamente sus valores se agruparon para determinar si la proporción de Physarales (el orden dominante en el estudio) y los otros órdenes de mixomicetos, era dependiente del tipo de estructura. En el cuadro 7, se muestra el número de especímenes de Physarales y de otros órdenes de mixomicetos.

Cuadro 7. Numero de especímenes de Physarales y de otros órdenes de mixomicetes en las estructuras vegetales.

	<b>Physarales</b>	<b>Otros órdenes</b>
<b>Tallos</b>	2	23
<b>Hojas</b>	7	6
<b>Inflorescencias</b>	17	5

El análisis estadístico indica que la proporción de Physarales:otros órdenes depende de la estructura vegetal de *Dasytirion* ( $X^2_{2, <0.0001} = 23.62$ ). Los residuales estandarizados mostraron que los Physarales fueron menos abundantes de lo esperado ( $z = - 2.68$ ,  $p = 0.0074$ ) en los tallos, mientras que el conjunto de los demás órdenes presentaron mayor abundancia de la esperada ( $z = + 2.35$ ,  $p = 0.0188$ ). La proporción de Physarales presentó asimismo un valor mayor que el esperado ( $z = + 2.42$ ,  $p = 0.0156$ ) en las inflorescencias, con relación a los demás órdenes, en donde la abundancia fue menor a la esperada ( $z = - 2.11$ ,  $p = 0.0348$ ).

En las cortezas de *Hechtia* sp., la abundancia se concentró en el orden Trichiales. Los órdenes Liceales y *Physarales* presentaron la misma proporción y los Stemonitales fueron los menos representados. Sin embargo, en las inflorescencias y hojas, dominó el orden Physarales. Es importante señalar que el orden Echinoteliales estuvo presente sólo en las inflorescencias de *Hechtia* sp. (Fig. 19).

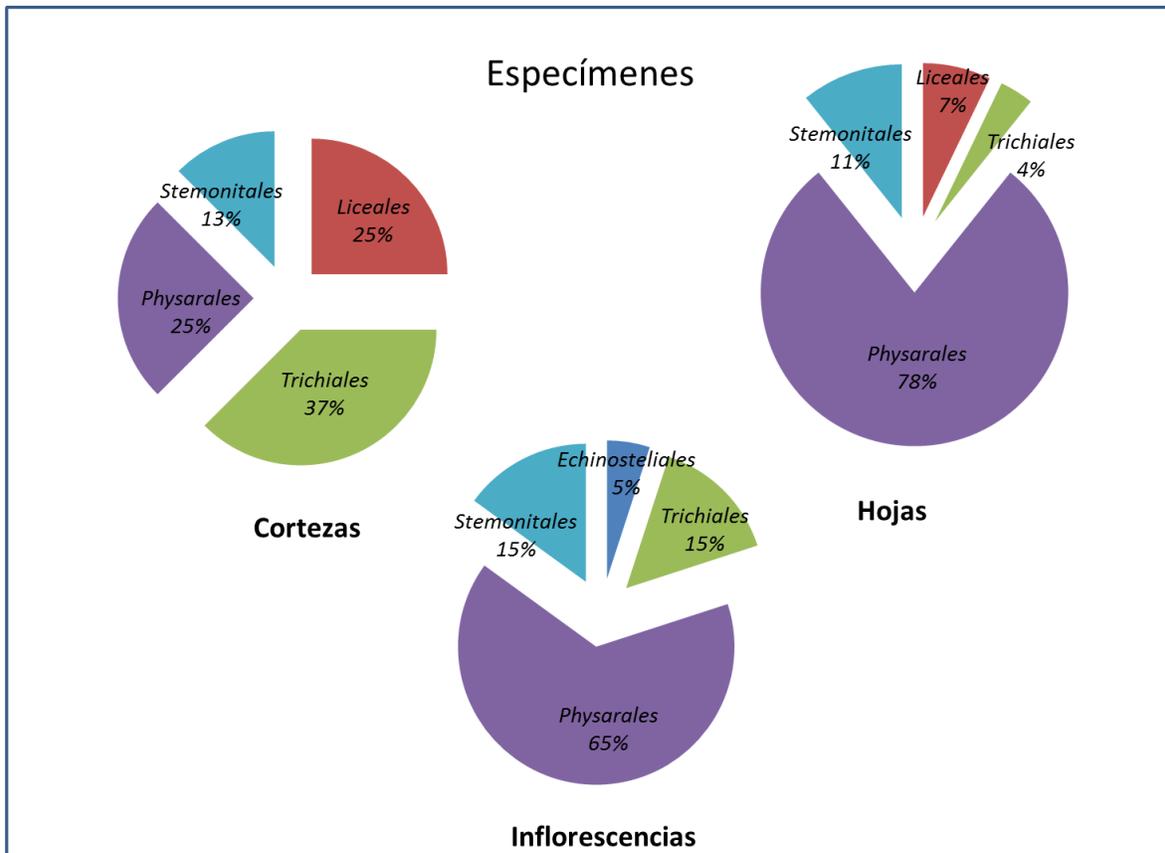


Figura 19. Proporción de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Hechtia* sp.

Al igual que sucedió con *Beaucarnea gracilis* y *Dasyilirion* sp., en el caso de *Hechtia* sp. también se tuvo un bajo número de colecciones de los órdenes Trichiales, Stemonitales, Liceales y Echinosteliales tanto en hojas como en inflorescencias, pero en este caso también en los tallos. Por esta razón, nuevamente se agruparon sus valores de abundancia, con el objeto de determinar si la proporción de Physarales (el orden dominante en el estudio) y los otros órdenes de mixomicetos, era dependiente de la estructura estudiada. En el cuadro 8, se muestra el número de especímenes de Physarales y de otros órdenes de mixomicetos.

Cuadro 8. Número de especímenes de Physarales y de otros órdenes de mixomicetes por estructura vegetal.

	<b>Physarales</b>	<b>Otros órdenes</b>
<b>Tallos</b>	2	6
<b>Hojas</b>	22	6
<b>Inflorescencias</b>	13	7

Nuevamente, el análisis estadístico indicó que la proporción de Physarales: otros órdenes depende de la estructura analizada ( $X^2_{2, 0.0185} = 7.98$ ). El conjunto de Trichiales-Stemonitales-Liceales-Echinosteliales evidenció mayor abundancia que la esperada ( $z = + 1.99$ ,  $p = 0.0466$ ) en los tallos.

Los resultados anteriores muestran que existen diferencias importantes en las comunidades de mixomicetos que se establecen no sólo en las diferentes especies vegetales, sino también en las diferentes estructuras de cada planta. De esta forma, en las cuatro plantas estudiadas, los Physarales fueron el orden dominante tanto en inflorescencias como en hojas. Sin embargo, en las cortezas hubo una clara diferencia entre *Beaucarnea gracilis* y las otras plantas, ya que en la primera se encontró una dominancia de Stemonitales y en las otras tres plantas, el mayor número de especímenes se presentó en el orden Trichiales. Sólo en las inflorescencias de *Hechtia* sp. se encontraron colecciones del orden Echinosteliales.

De acuerdo con Lado *et al.* (1999b), las comunidades de mixomicetes que crecen en un ambiente particular son específicas y diferentes dependiendo del área geográfica y del tipo de planta sobre las que se desarrollan. Así mismo, hacen referencia a que la distribución de estos organismos es compleja, ya que ciertas especies de mixomicetes se pueden encontrar en ambientes muy distintos, desde zonas alpinas hasta ambientes áridos y otras sólo se desarrollan en algún sustrato específico. Por ejemplo, en un estudio realizado en varios sitios de Costa Rica, Ecuador y Puerto Rico para evaluar el conjunto de mixomicetes asociados con las inflorescencias de hierbas neotropicales, un microhábitat no conocido previamente, los resultados mostraron que hubo fuerte preferencia de trece taxones de mixomicetes por este

sustrato, ya que fueron muy frecuentes en las inflorescencias. Además, dicho estudio indicó que el conjunto de mixomicetes fue consistente a través de los diferentes sitios de estudio, por lo que propusieron el término de mixomicetes florícolas. En dicho estudio, las inflorescencias de *Heliconia* y *Costus* fueron las que presentaron mayor riqueza de mixomicetes, probablemente porque los residuos del néctar en dichas estructuras en proceso de descomposición promueve el desarrollo de bacterias, levaduras y otros microorganismos, que propician condiciones ideales para el establecimiento de una mixobiota particular (Schnittler y Stephenson 2002).

En el presente estudio, la proporción de especímenes de los diferentes órdenes sugiere que las comunidades de mixomicetes difieren no sólo entre las especies rosetófilas sino también en las estructuras de las mismas.

## **10.- ANÁLISIS ECOLÓGICO**

### **10.1.- Porcentaje de cámaras positivas (CP)**

Se definió como cámara positiva (CP) aquella cámara húmeda en la que hubo evidencia de la presencia de mixomicetes (plasmidios, huellas, esclerocios y esporóforos). Cuando no se encontró alguna evidencia de mixomicetes en las cajas, se denominaron como cámaras negativas (Wrigley de Basanta *et al.* 2008). Las cámaras positivas permiten visualizar que tan propicio puede ser un sustrato para el desarrollo de los mixomicetes. En el cuadro 9, se muestra el número de cámaras húmedas positivas y negativas por planta estudiada.

Cuadro 9. Número de cámaras positivas y negativas por especie de planta rosetófila.

	<b>Cámaras húmedas (+)</b>	<b>Cámaras húmedas (-)</b>
<i>Beaucarnea gracilis</i>	78	12
<i>Yucca periculosa</i>	83	7
<i>Dasyllirion</i> sp.	31	59
<i>Hechtia</i> sp.	58	32

La especie con mayor porcentaje de cámaras positivas fue *Yucca periculosa* con 92%, seguido de *Beaucarnea gracilis* con 87%, *Hechtia* sp. con 64% y *Dasyllirion* sp. con 34% (Fig. 14). El análisis estadístico indica que la frecuencia de cámaras positivas y negativas es dependiente del tipo de planta ( $\chi^2_{3, <0.0001} = 87.6$ ). Asimismo, el análisis de residuales ajustados señala que la frecuencia de cámaras húmedas positivas en *Yucca* y *Beaucarnea* se encuentra por arriba de los valores esperados ( $z = 2.59, p = 0.0096$  y  $z = 1.96, p = 0.05$ ), respectivamente, en tanto la de *Dasyllirion* está por debajo de los valores esperados ( $z = -3.98, p < 0.0001$ )

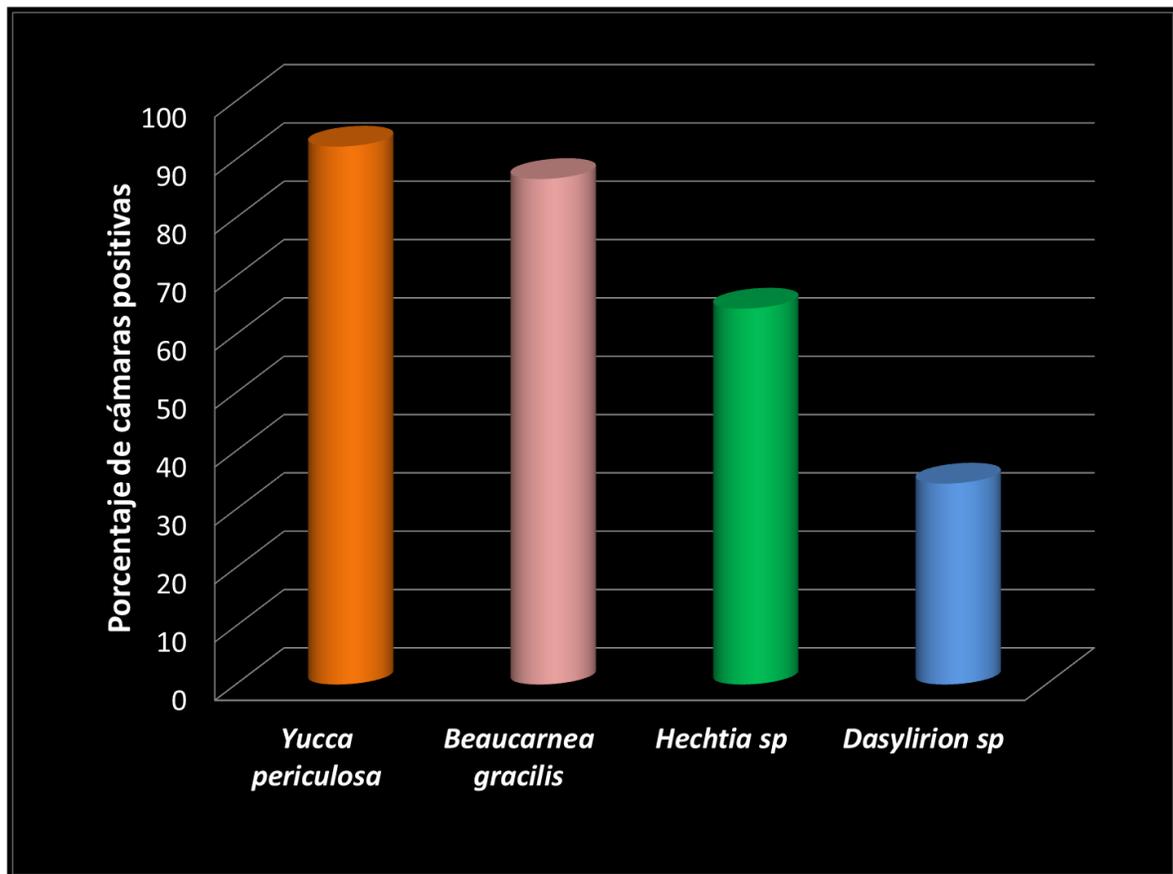


Figura 20. Porcentaje de cámaras positivas por especie de planta rosetófila.

Es probable que *Yucca periculosa* y *Beaucarnea gracilis* hayan presentado el mayor porcentaje de cámaras positivas debido a que ambas especies comparten algunas características como un porte arbóreo, con tallos bien desarrollados y cortezas con texturas muy rugosas o en forma de laminillas apiladas (Figura 20). Estas características en conjunto con su tamaño, que proporciona una mayor superficie expuesta a las corrientes de aire podría favorecer la captación de mayor número de esporas. En comparación, *Dasylirion sp.* y *Hechtia sp.* presentaron tallos cortos, que en el caso de la última se encuentran prácticamente a nivel del suelo.

En el cuadro 10, se muestra el número de cámaras húmedas positivas y negativas por estructura vegetal estudiada, en tanto en la figura 21 se muestra el porcentaje de cámaras húmedas positivas.

Cuadro 10. Número de cámaras positivas y negativas por estructura vegetal.

	<b>Cámaras húmedas (+)</b>	<b>Cámaras húmedas (-)</b>
<b>Hojas</b>	79	41
<b>Cortezas/tallos</b>	76	44
<b>Inflorescencias</b>	95	25

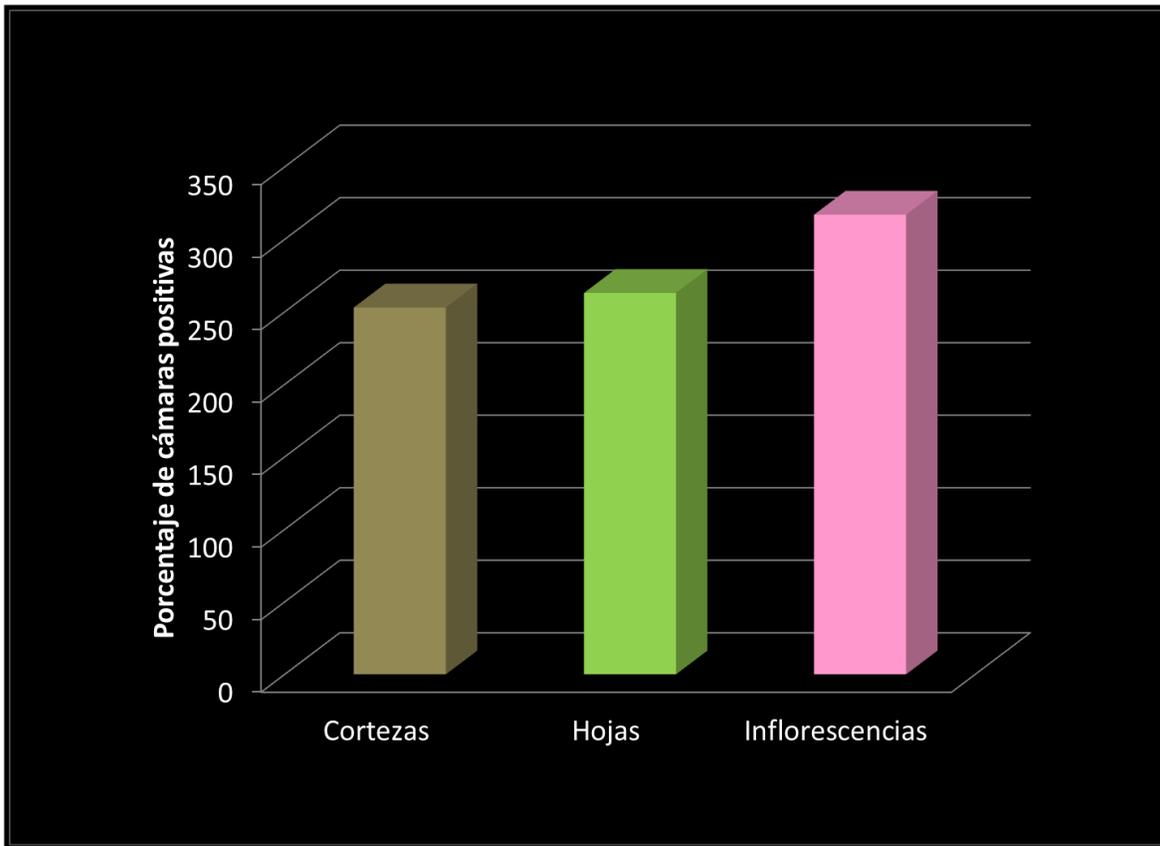


Figura 21. Porcentaje de cámaras positivas por estructura vegetal.

El análisis estadístico indica que la frecuencia de cámaras positivas y negativas es dependiente del tipo de estructura ( $\chi^2_{2, <0.0167} = 8.19$ ). Asimismo, el análisis de residuales ajustados señala que las frecuencias de cámaras húmedas negativas de las inflorescencias se encuentran por debajo de los valores esperados ( $z = -1.93, p = 0.0536$ ).

En la figura 22 se muestran los porcentajes de cámaras húmedas positivas para cada estructura de cada planta. Los análisis estadísticos realizados para determinar si el número de cámaras húmedas positivas y negativas depende de la estructura vegetal de cada planta mostraron que esto sucede sólo para *Dasyllirion* sp. ( $\chi^2_{2, 0.0276} = 7.18$ ) y *Hechtia* sp. ( $\chi^2_{2, 0.0009} = 9.41$ ), pero no para *Beaucarnea gracilis* ( $\chi^2_{2, 0.0746} = 5.19$ ) o *Yucca periculosa* ( $\chi^2_{2, 0.3379} = 2.17$ ). Esto indica que la productividad de las diferentes estructuras de *B. gracilis* y *Y. periculosa* es similar entre sí, pero no en el caso de *Dasyllirion* sp., en las que las inflorescencias son más productivas que las otras estructuras, o en *Hechtia* sp., en las que los tallos son menos productivos que hojas e inflorescencias (Figura 22).

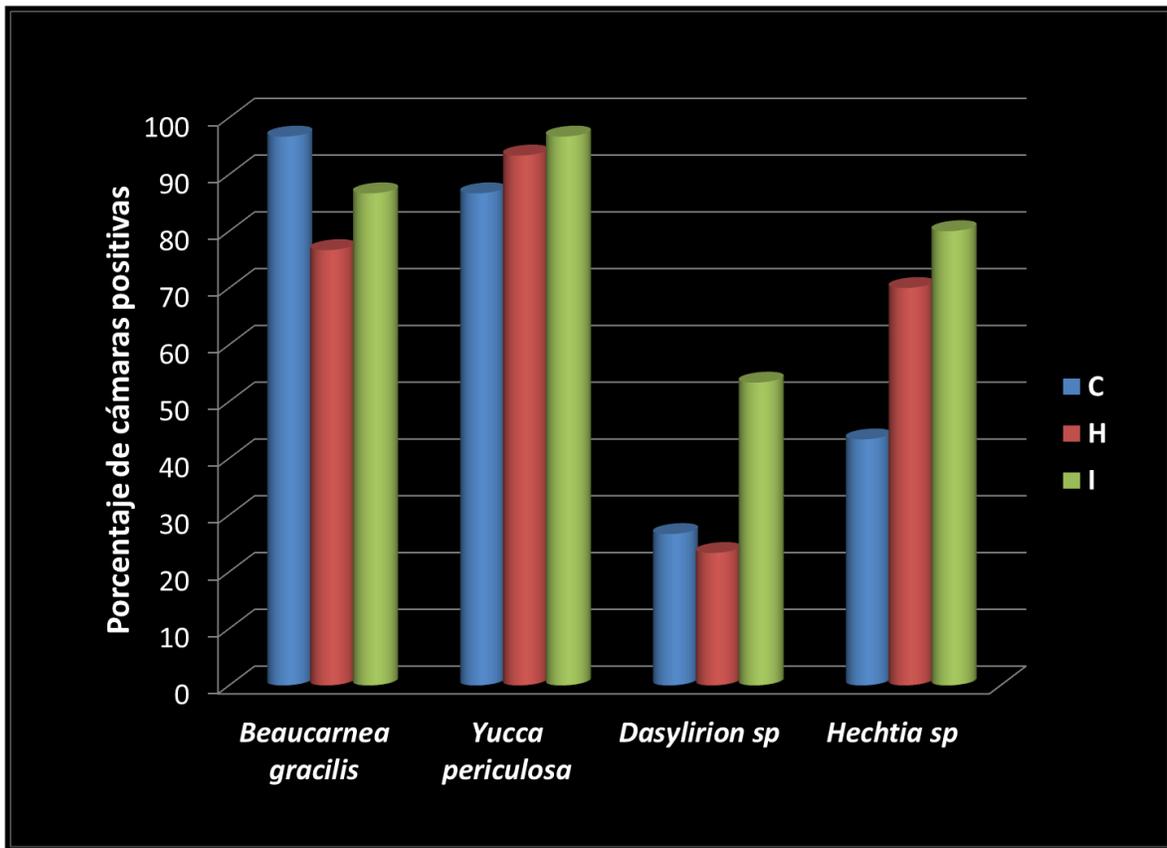


Figura 22. Porcentaje de cámaras positivas por estructura de cada especie rosetófila.

## **10.2.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetes por especie de planta rosetófila**

Una manera relativamente sencilla de describir a una comunidad, es a través del estudio de la riqueza y abundancia de especies que la conforman. La riqueza se refiere al número de especies que integran una comunidad, en tanto la abundancia hace referencia al número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad, ambos son componentes de la diversidad que nos permite evaluar la estructura de la comunidad, concibiéndola como la suma de sus partes.

Dichos atributos ecológicos en mixomicetes, se miden a través de sus estructuras reproductoras, ya que los plasmodios se encuentran en su mayoría en grietas o por debajo de los sustratos y aun cuando se pudieran observar, por sus características morfológicas no pueden ser utilizados para la identificación a nivel de especie.

En este estudio, la riqueza más alta de mixomicetes se encontró en *Dasytirion* sp. seguida de *Hechtia* sp, aunque los valores fueron más o menos cercanos. Las diferencias más patentes se observaron en los valores de abundancia, siendo *Y. periculosa* en la que se registró el mayor número de colecciones, mientras que *Hechtia* sp. presentó los valores más bajos (Fig. 24).

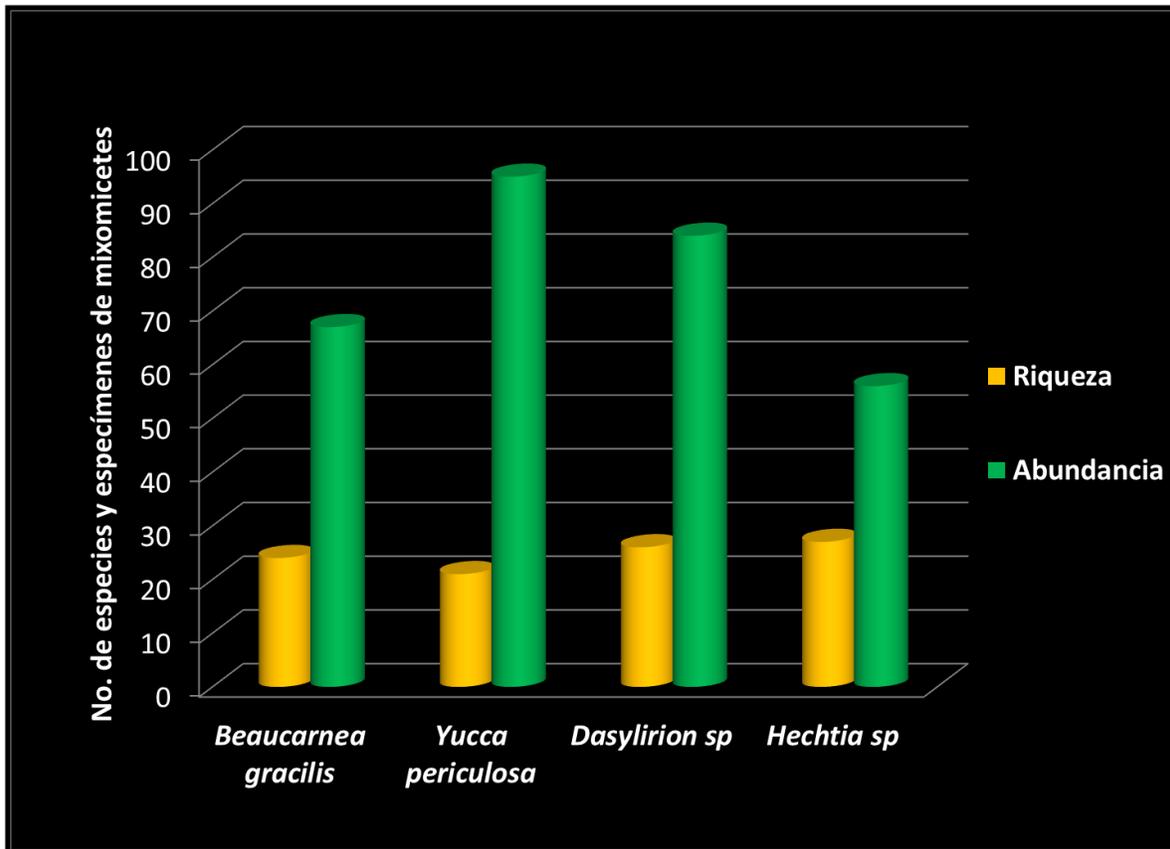


Figura 24. Riqueza y abundancia de mixomicetes por especie de planta rosetófila estudiada

Por otro lado, en cuanto a la composición de especies de mixomicetes encontradas en cada especie de planta, también observamos diferencias importantes ya que algunas especies de mixomicetes se encontraron prácticamente en todas las plantas y estructuras, mientras que otras se encontraron en una sola especie vegetal y a veces de una sola colección.

Entre las especies más abundantes y presentes en las cuatro especies de rosetófilas se encuentran *P. spectabile*, *P. didermoides*, *Perichaena quadrata* y *Arcyria cinerea*. Otras especies que también fueron abundantes pero sólo se encontraron en tres especies de plantas fueron *Licea succulenticola*, *Badhamia melanospora* y *Physarum oblatum*. Todas estas especies se han considerado entre las más comunes y abundantes de las zonas áridas, es decir, aquellas que se han considerado mejor adaptadas a este tipo de ambientes (Novozhilov *et al.*, 2003; Estrada-Torres *et al.*, 2009).

De manera contraria, especies como *Comatricha pulchelloides*, *Physarum collumelatum*, *Protophysarum phloiogenum*, *Stemonitis missouriensis* var. *emotoi* o *Stemonitis pallida* var. *rubescens*, fueron consideradas como raras ya que sólo crecieron en una estructura particular de una planta y en una sola ocasión.

Algunas especies de mixomicetes mostraron alta especificidad hacia un sustrato determinado, por ejemplo, *Enerthenema papillatum* fue abundante pero siempre sobre cortezas de *Beaucarnea gracilis*. Al analizar la diversidad de mixomicetes en las especies de plantas rosetófilas, encontramos que *Hechtia* sp. fue la que presentó los valores más altos, en tanto el valor más bajo se encontró en *Dasyilirion* sp. (Figura 25). No obstante, los valores fueron más o menos cercanos en las cuatro especies de plantas.

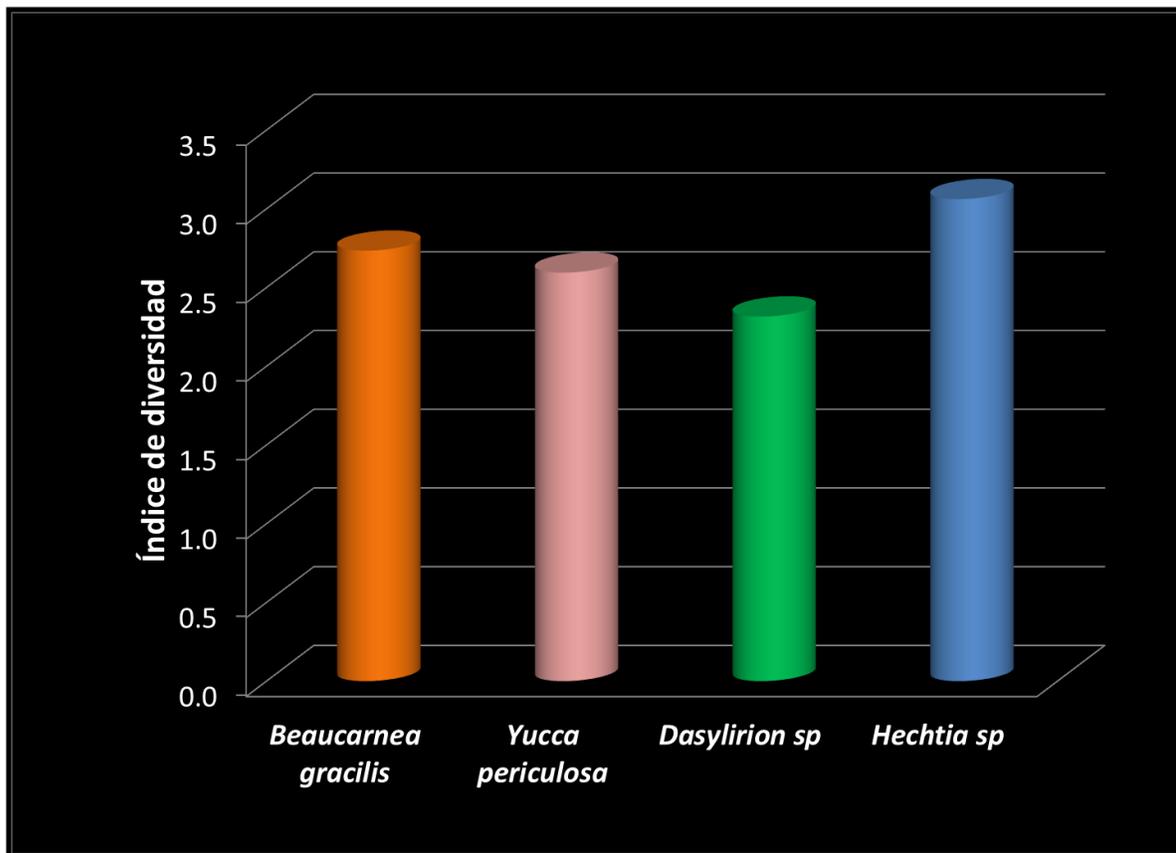


Figura 25. Diversidad de mixomicetes por especie de planta rosetófila

### **10.3.- Riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetos por estructura de planta rosetófila.**

Para comprobar si había diferencias estadísticas significativas entre los valores de riqueza, abundancia o diversidad de mixomicetos de las diferentes plantas o de las diferentes estructuras, se realizó un ANOVA bifactorial para un modelo mixto. Los análisis mostraron diferencias significativas sólo para el caso de la abundancia, pero no así para la riqueza y la diversidad de especies, por lo que se puede concluir que el número de especies y la diversidad específica encontrada entre plantas y estructuras vegetales es similar para todos los casos.

En el caso de la abundancia, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre plantas ni entre estructuras, pero sí en la interacción entre estos dos factores ( $F_{<0.01 (1), 6, 16} = 4.727$ ). Es decir, los valores de abundancia de mixomicetos en las diferentes estructuras vegetales dependen de la planta que se esté analizando (Anexo 1).

Las comparaciones múltiples de Tukey indicaron que las abundancias de las cortezas de *Yucca periculosa* ( $q_{<0.05, 16, 12} = 5.44$ ) son significativamente diferentes de la abundancia encontrada en los tallos de *Hecthia* sp., pero además la abundancia de mixomicetos de las cortezas de *Yucca periculosa* difiere también de la encontrada en las inflorescencias de *Beaucarnea gracilis* ( $q_{<0.05, 16, 12} = 5.44$ ) (Anexo II).

Para hacer una comparación más detallada entre los valores de riqueza, abundancia y diversidad de mixomicetos encontrados en las diferentes estructuras de cada planta, se sumaron los valores de riqueza y abundancia de las tres localidades de cada planta, con los cuales se calculó a la vez un valor de diversidad global por estructura vegetal de cada planta. Los datos de riqueza y abundancia se ilustran en las figuras 26-28.

En *Beaucarnea gracilis*, tanto las hojas como las cortezas presentaron mayor riqueza de especies que las inflorescencias, pero los valores fueron muy cercanos entre sí. Sin embargo, los valores de abundancia acumulada fueron contrastantes y mayores para las cortezas, con la abundancia más baja en las inflorescencias (Figura 26). *Enerthenema papillatum* marcó la diferencia en los valores de abundancia de las cortezas, esta especie creció en forma abundante

y exclusivamente en este tipo de sustrato y especie de planta, por lo que la consideramos como altamente específica. Además, es importante señalar que *Physarum collumelatum* y *Comatrichia pulchelloides* solo se encontraron en las cortezas de esta especie de rosetófila y son especies que no se habían reportado previamente para la mixobiota mexicana.

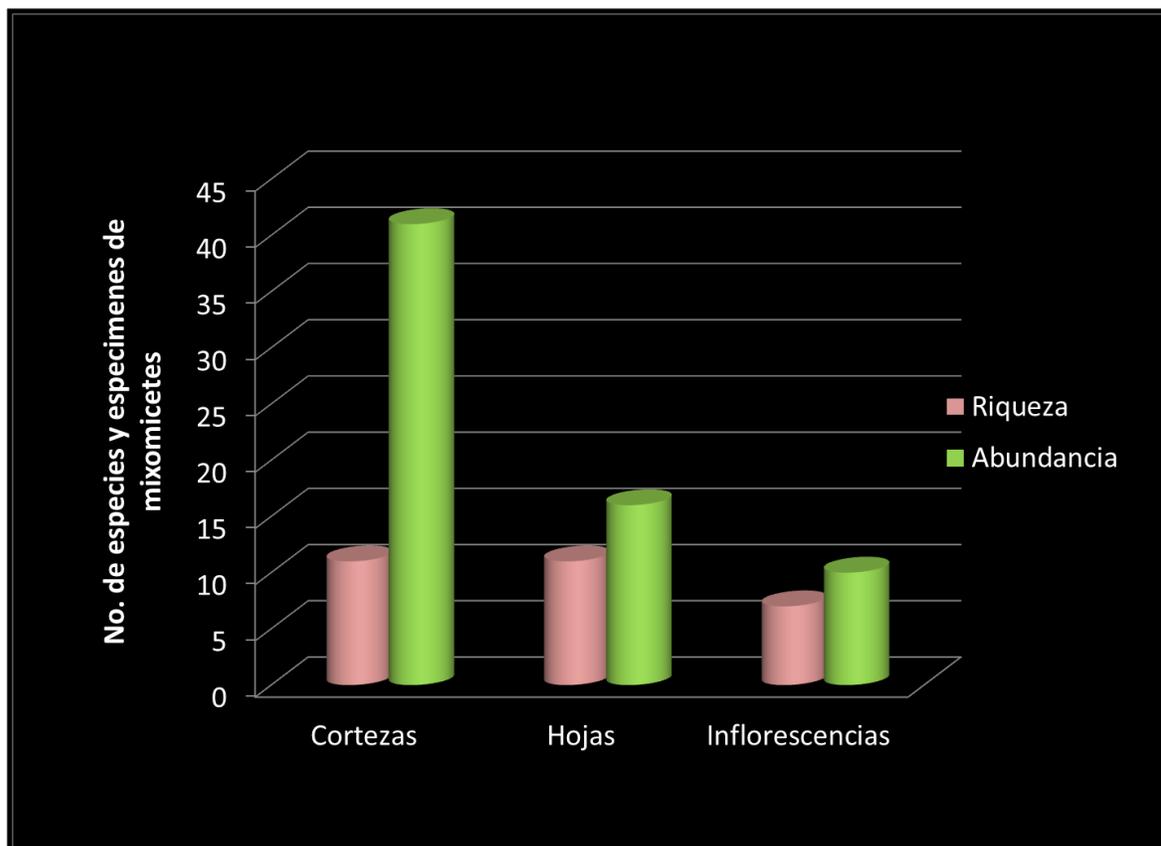


Figura 26. Riqueza y abundancia de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Beaucarnea gracilis*.

En el caso de las hojas e inflorescencias de *Yucca periculosa*, la mayoría de las especies de mixomicetes presentaron bajas abundancias o fueron raras por lo que de manera global, estas estructuras presentaron abundancias bajas. Particularmente para esta especie, las cortezas presentaron la mayor riqueza y abundancia. Entre las hojas e inflorescencias los valores de riqueza fueron cercanos pero se observa una clara diferencia en los valores de abundancia, siendo las inflorescencias las que mostraron los valores más bajos (Figura 27).

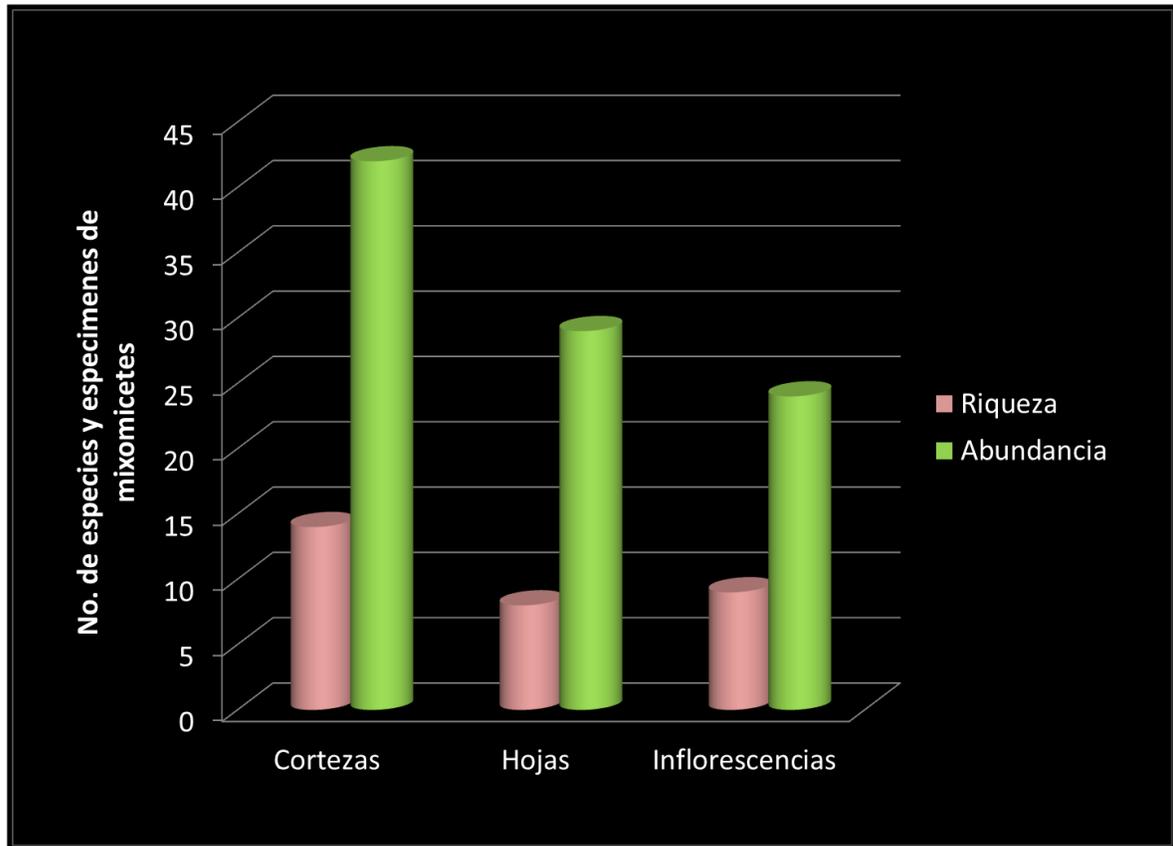


Figura 27. Riqueza y abundancia de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Yucca periculosa*

Las especies más abundantes y representativas de las hojas fueron *Badhamia melanospora*, *Phyarum spectabile* y *Arcyria cinerea*. De igual manera, se encontraron especies como *Lamproderma arcyrionema*, *Licea succulenticola* y *Perichaena quadrata*, que fueron menos abundantes. Las especies más abundantes en las inflorescencias fueron *Badhamia melanospora*, *Dydimium difforme* y *Physarum spectabile*. Entre las especies que crecieron ocasionalmente se encuentra *Protophysarum plhoiogenum*, una especie que solo se había registrado en una ocasión para México, por lo que corresponde con el segundo registro para el país y con el primero para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán.

Aunque *Yucca periculosa* presentó mayor riqueza de mixomicetes con respecto a las demás rosetófilas, fue la que mostró la diversidad más baja (2.3) ya que los valores de abundancia de las diferentes especies fueron inequitativas.

En cuanto a los valores de riqueza y abundancia de las estructuras de *Dasyllirion* sp., las cortezas mostraron los valores más altos seguidas de las inflorescencias y por último de las hojas (Figura 28).

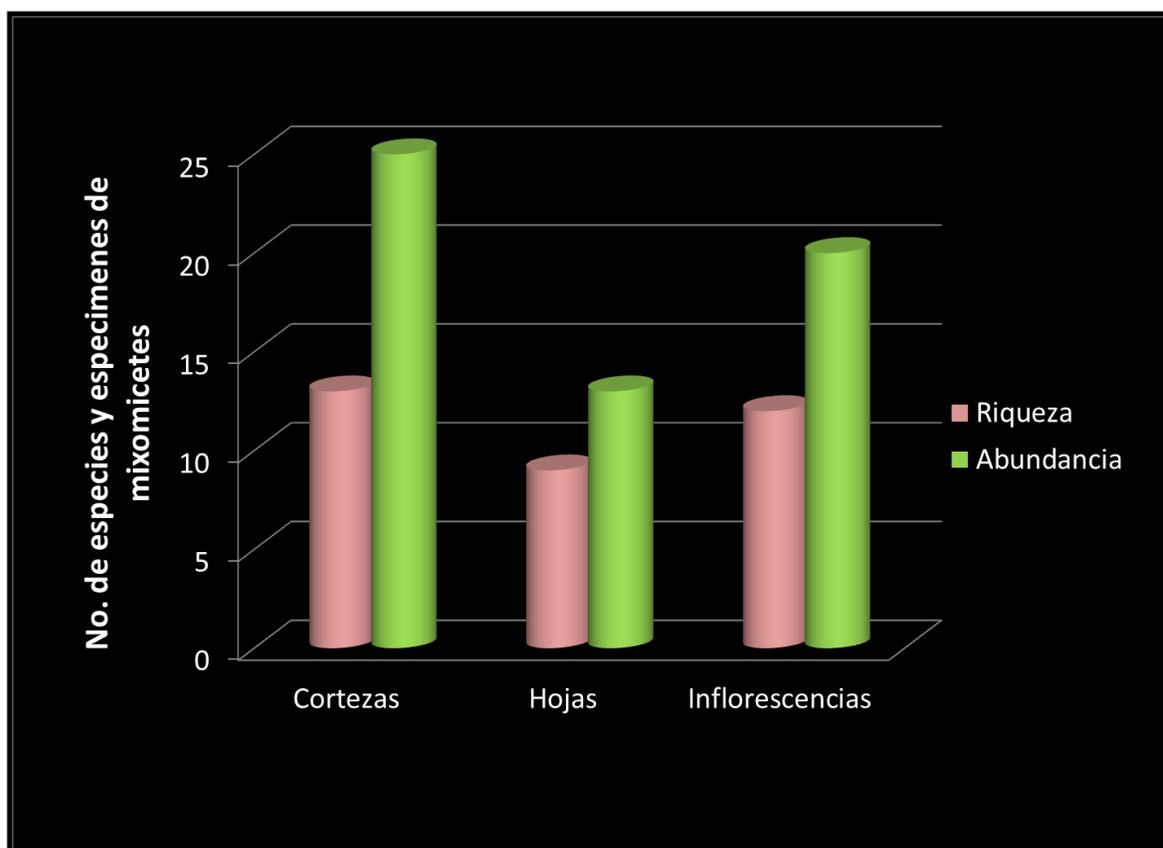


Figura 28. Riqueza y abundancia de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Dasyllirion* sp.

Entre las especies de mixomicetes más abundantes que se encontraron en las cortezas están *Comatrichia tenerrima*, *Arcyria cinerea*, *Hemitrichia pardina*, *Perichaena quadrata* y

*Perichaena chrysoperma*, en tanto en las hojas sólo *Perichaena quadrata* fue abundante, con el resto de las especies ocasionalmente presentes. En las inflorescencias, las especies abundantes fueron *Dydimium difforme* y *Physarum spectabile*. Cabe señalar que sólo en este sustrato y especie de rosetófila encontramos a *Stemonitis missouriensis* var. *emotoi*, que representó un nuevo registro para México.

La rosetófila que presentó el mayor índice de diversidad fue *Hechtia* sp. (3.1), aunque los valores de riqueza y abundancia fueron más bajos con respecto a las otras plantas, la distribución de los individuos en las diferentes especies fue equitativa, razón por la que los valores de diversidad se elevaron. A diferencia de las otras tres especies de plantas, en *Hechtia* sp. fueron las hojas las que presentaron los valores más altos de riqueza y abundancia (Fig. 29). En las otras plantas fueron las cortezas o los tallos en las que se encontraron mayor número de especímenes, pero en este caso dicha estructura fue la que presentó los valores más bajos. Estas proporciones marcan diferencias importantes entre las especies y entre las diferentes estructuras, tal como ya se apreciaba desde el análisis de la distribución de los órdenes.

No es raro que en esta especie de planta, las cortezas fueran las que presentaran los valores de riqueza y abundancia más bajos, ya que los tallos de esta especie, prácticamente se encuentran enterrados y al estar tan poco expuestos, existe menor probabilidad de las estructuras reproductoras o de latencia de los mixomicetes queden adheridas a su superficie.

Es interesante señalar que sólo en las inflorescencias de esta especie se encontró a *Echinostelium minutum*, es decir, que sólo en esta estructura y especie de planta encontramos a un representante del orden *Echinosteliales*. Llama la atención que en las otras plantas rosetófilas no se haya encontrado al orden, ya que comúnmente, el género *Echinostelium* se encuentra sobre las cortezas de diferentes especies arbóreas pero en zonas templadas (Figura 29). De igual forma, *Stemonitis pallida* var. *rufescens* creció sobre las inflorescencias de esta planta y representa un nuevo registro para México.

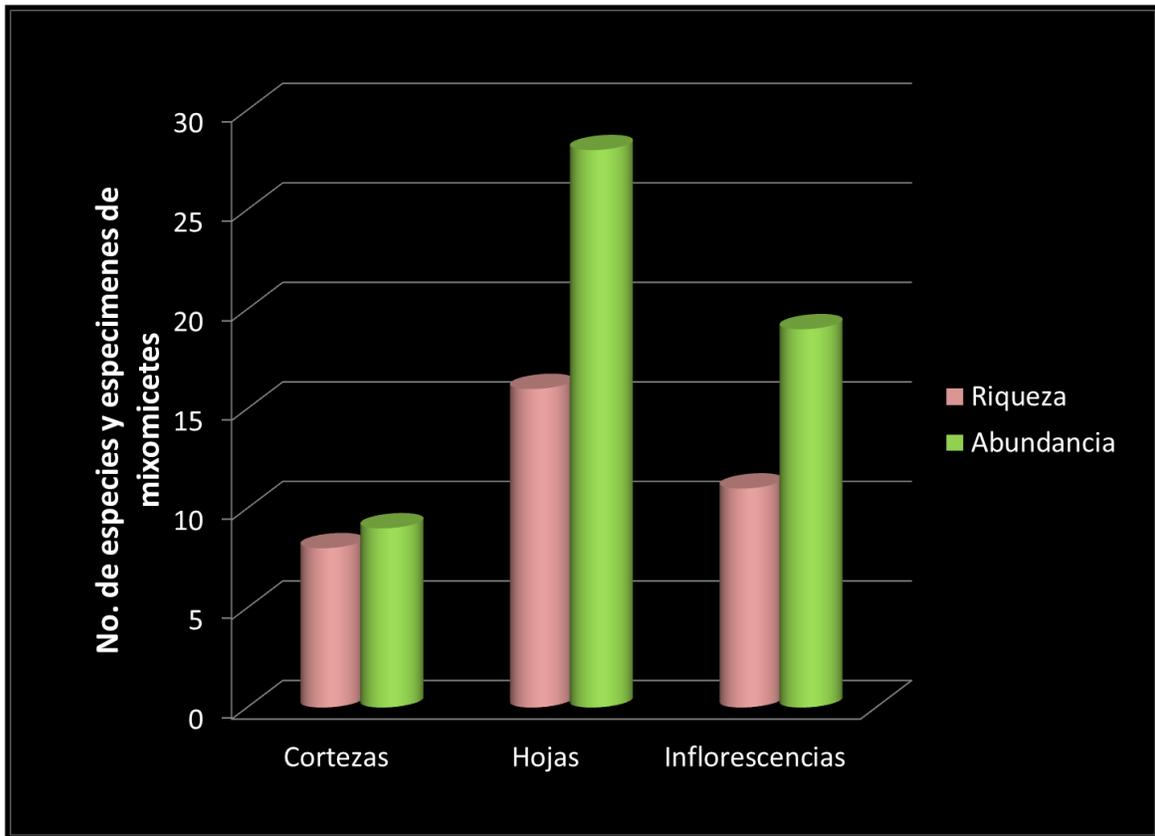


Figura 29. Riqueza y abundancia de mixomicetes en las diferentes estructuras de *Hechtia* sp.

En general, la diversidad que muestra cada estructura no presentan una tendencia clara, más bien es variable de acuerdo con la especie de planta que se trate. Por ejemplo, las hojas de *Beaucarnea gracilis* y las de *Hechtia* sp. presentan una diversidad mayor con respecto a las otras estructuras, pero no sucede lo mismo con *Yucca periculosa* o *Dasyilirion* sp., ya que las hojas en estas especies, presentaron la diversidad más baja.

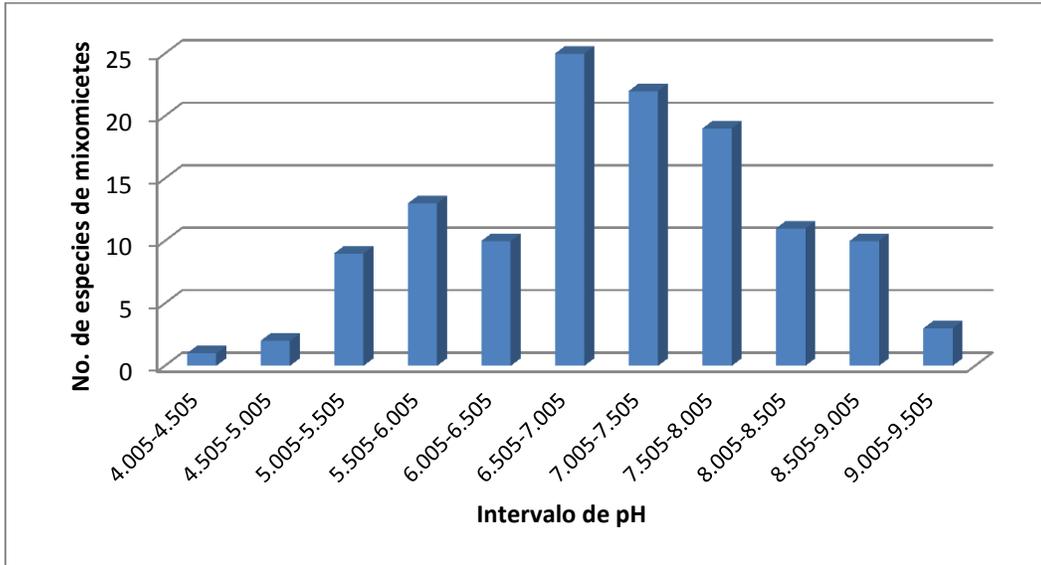
## **10.4.- Características de los sustratos (pH y CRA)**

### **10.4.1.- pH**

El pH es un factor sustancial que puede afectar el establecimiento de los mixomicetes de diferente manera, ya sea por la influencia que este pueda tener en la disponibilidad de microorganismos que sirven de fuente de alimento a los estados plasmodiales, o bien, de forma directa debido al efecto que pueda tener sobre el desarrollo de las fructificaciones, ya que como señalan diversos autores (Smart,1937; Rodríguez-Palma, 1992; Wrigley de Basanta, 2000;2004; Estrada-Torres *et al.*, 2009), el pH es importante para la germinación de cada especie de mixomicete y más aún para su establecimiento y posterior fructificación.

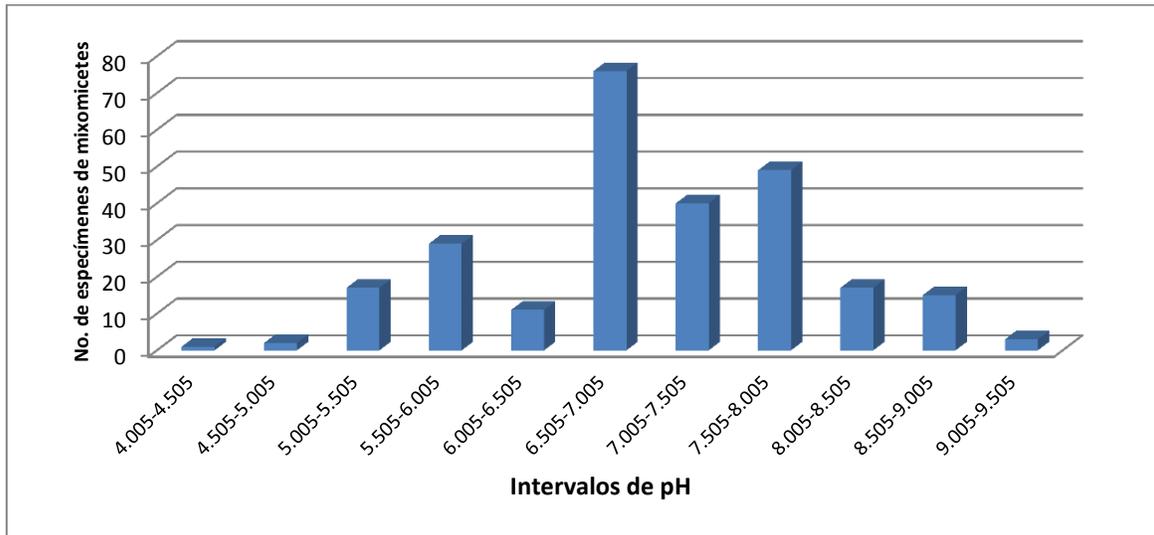
En la figura 30, se muestra que el mayor número de especies (25) se desarrollaron en sustratos con pH circa-neutrales (6.505-7.005), por lo que éste parece ser el pH más favorable para el desarrollo de los mixomicetos en estos sustratos. Se observa en el gráfico, que el número de especies va disminuyendo gradualmente. Hacia los valores ácidos disminuye drásticamente en comparación a los valores básicos, llegando a encontrarse una especie en valor más ácido (4.005-4.505), y tres especies en valores de pH muy básicos (9.005-9.505) lo que podría indicar la baja tolerancia de los mixomicetos a valores extremos de pH.

Figura. 30. Número de especies de mixomicetes en diferentes intervalos de pH.



La misma tendencia se puede observar cuando se grafica el número de especímenes en los diferentes intervalos de pH (Figura 31), ya que cerca del 30% de las colecciones se obtuvieron en valores de pH de 6.505 a 7.005 y alrededor del 70% si se considera el intervalo de pH entre 6.505 y 8.005, confirmando la preferencia de los mixomicetos asociados con las plantas rosetófilas por los pH *circa*-neutrales.

Figura. 31. Número de especímenes de mixomicetes en diferentes intervalos de pH.



En el cuadro 11 se muestran las especies más abundantes encontradas en el presente estudio y su relación con los diferentes intervalos de pH, mostrándose además el número de colecciones obtenidas por cada intervalo de pH.

Cuadro 11. Intervalo de pH donde se desarrollaron las especies de mixomicetes más abundantes.

	4.005-4.505	4.505-5.005	5.005-5.505	5.505-6.005	6.005-6.505	6.505-7.005	7.005-7.505	7.505-8.005	8.005-8.505	8.505-9.005
<i>E. papillatum</i>			**	***	*	****		**		
<i>C. laxa</i>			****	*****	*	*	**	****	**	
<i>P. oblatum</i>				****		*****	***	**	*	
<i>P. spectabile</i>							*****	*****	***	**
<i>P. didermoides</i>				*	****	****		**		
<i>P. quadrata</i>			*			****	*****	*****	**	****
<i>A. cinerea</i>		*	*	**	*	****	*	*****	*	*
<i>L. succulenticola</i>						*****	*	*	**	*
<i>B. melanospora</i>			**	**	**	*	****	*	**	***

(\* Indica el número de especímenes de mixomicetes por especie)

En el caso de los mixomicetes, se ha observado que algunas especies se desarrollan en intervalos específicos de pH a lo que se le ha llamado “pH óptimo” (Montes-Montiel, 2009), mientras que otras, presentan intervalos más amplios para desarrollarse (Rodríguez-Palma, 1992). Puede observarse que la especie puede desarrollarse en un intervalo más amplio de pH es *Arcyria cinerea*, la cual se encontró desde valores de 4.505 hasta 9.005. No obstante, la mayoría de las especies abundantes pueden tolerar intervalos amplios de pH. Así, *B. melanospora*, y *P. quadrata* se desarrollan en pH entre 5.005 y 9.005, mientras *L. succulenticola* y *P. spectabile* se encontraron en valores de pH para la primera de 6.505 y la segunda 7.005 hasta 9.005, y *E. papillatum* desde 5.005 hasta 8.005. Es importante señalar, sin embargo, que la mayoría de las especies parecen tener preferencias por determinados intervalos de pH. Así, *E. papillatum*, *P. oblatum*, *P. didermoides* y *L. succulenticola* parecen encontrarse más frecuentemente en pH ligeramente ácidos tendiendo a neutrales.

En el cuadro 12 se muestran los valores de pH encontrados en las diferentes estructuras de las plantas estudiadas.

Cuadro 12. Valores de pH en las diferentes estructuras de las plantas rosetófilas.

<b>Planta</b>	<b>Estructura</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación estándar</b>
<i>Beaucarnea gracilis</i>	Cortezas	5.35	7.56	6.47	6.74	0.6979
	Hojas	6.40	8.73	7.38	7.18	0.5915
	Inflorescencias	5.41	8.17	6.78	6.72	0.7237
<i>Yucca periculosa</i>	Cortezas	5.03	9.38	7.31	7.40	1.0490
	Hojas	5.54	8.92	7.53	7.75	1.0491
	Inflorescencias	4.98	9.30	7.45	7.71	1.2035
<i>Dasyllirion sp.</i>	Tallos	4.34	8.06	6.51	6.92	0.9413
	Hojas	5.49	8.36	6.89	7.00	0.7204
	Inflorescencias	4.34	8.56	6.64	6.97	1.1389
<i>Hechtia sp.</i>	Tallos	6.90	7.14	6.99	6.98	0.0547
	Hojas	6.90	7.07	7.00	7.00	0.0457
	Inflorescencias	6.70	7.06	6.88	6.88	0.0774

Puede observarse en la tabla, que aunque los valores medios de pH de las diferentes estructuras de cada planta se encuentran cercanos a la neutralidad, se pueden definir diferencias importantes en cada sustrato. Por ejemplo, los valores de pH de *Hechtia sp.* presentan márgenes relativamente estrechos de variación, con sus valores medios cercanos a la neutralidad.

Aun así, puede observarse que las inflorescencias son ligeramente más ácidas que los tallos y las hojas, lo que podría reflejar diferencias en su composición química y, por consecuencia, en las microbiotas asociadas a cada estructura, determinando a su vez las diferencias observadas

en cuanto a productividad, composición de especies y abundancia de determinados órdenes. En contraposición, los rangos de variación de pH de las estructuras de *Beaucarnea gracilis*, *Yucca periculosa* y *Dasyilirion* sp. son más amplios y esto podría estar determinado por diversos factores como el estado de degradación de cada muestra. La mayor variación de pH en las estructuras de estas tres plantas podría explicar la mayor riqueza especies y abundancia de especímenes, así como la mayor productividad de las cámaras húmedas, ya que se estarían favoreciendo más microambientes propicios para el desarrollo de una mayor variedad de mixomicetos. Así, los valores medios de *Dasyilirion* sp. son ligeramente ácidos, al igual que los de cortezas e inflorescencias de *Beaucarnea gracilis*, en tanto las estructuras de *Yucca periculosa* tienen valores ligeramente básicos. Estas diferencias podrían estar asociadas con la dominancia de los diferentes grupos de mixomicetos en cada género de planta como los Stemonitales que pueden considerarse más acidófilos siendo el grupo más abundante sobre *Beaucarnea gracilis* particularmente sobre cortezas, y los Physarales más basófilos y dominando la mixobiota desarrollada sobre *Yucca periculosa*.

Entre las especies de mixomicetos más frecuentes en este estudio tenemos a *P. spectabile*, *P. quadrata* y *A. cinerea* y *P. didermoides*, *L. suculentícola*, *C. laxa*, *P. oblatum* y *B. melanospora*. Entre las especies más selectivas está *L. arcyrionema* que se desarrolló sólo sobre hojas de *B. gracilis*, *Y. periculosa* y *Hechtia* sp. Algo interesante ocurrió con *E. papillatum*, especie muy abundante que sólo se desarrolló sobre las cortezas de *B. gracilis* en un pH de 5.3 a 7.5.

*Arcyria cinerea* se encontró en inflorescencias de *Hechtia* sp. De acuerdo con Moreno *et al.* (2007) es una especie cosmopolita muy común en México y en general en el Neotrópico, especialmente en bosques húmedos tropicales (Farr, 1976), sin embargo, no se había reportado previamente de este sustrato. De otras zonas áridas, se conoce de Sonora (Lizárraga *et al.*, 2007) y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, la cual se registró casi exclusivamente sobre hojas de plantas suculentas rosulifolias (Estrada-Torres *et al.*, 2009). Por otro lado, *E. minutum* se ha considerado como una especie corticícola de diversos ambientes de alta montaña y de zonas semiáridas, además de que crece sobre cortezas de *B. gracilis*, *Bursera simaruba*, *Opuntia* sp.,

*Yucca periculosa* y *Acacia* sp. en pH de ligeramente ácido a neutro, sin embargo, en este estudio fue encontrada únicamente en inflorescencias de *Hechtia* sp con un pH de 6.8.

Otra especie no muy abundante fue *D. vaccinum* que ha tenido preferencia por las hojas de ciertas plantas rosetófilas de la familia *Agavaceae* y *Bromeliaceae* (Estrada-Torres *et al.*, 2009), sin embargo, en este estudio se desarrolló tanto en hojas como en inflorescencias de *Hechtia* sp. en un pH de 7.06. Así mismo se encontraron otras 5 especies; *Stemonitis pallida* var. *rubescens*, *Didymium minus*, *Didymium megalosporum*, *Didymium melanospermum* y *Stemonitopsis subscaespitosa* desarrollándose en un pH neutro, de 7,0 a 7.3.

Por otro lado, *Yucca periculosa* y *Dasyilirion* sp. presentaron valores de pH de ácidos a básicos ( 4.98 a 9.38 y 4.34 a 8.56). En la primera se desarrollaron especies de mixomicetes en pH ligeramente ácido como *B. melanospora* que se considera una especie muy común y ampliamente distribuida en zonas áridas. Ha sido reportada para los desiertos de Sonora (Blackwell y Gilbertson, 1980), Baja California (Lizárraga *et al.*, 1997), Chihuahua (Lizárraga *et al.*, 2003b), Colorado (Novozhilov *et al.*, 2003) Sonora (Moreno *et al.*, 2006) y más recientemente de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (Estrada-Torres *et al.*, 2009). Una de las especies que se desarrolló en las inflorescencias de *Y. periculosa* en un pH ligeramente ácido (5) fue *D. difforme*. Estudios anteriores la han reportado generalmente en restos de angiospermas y recientemente en cladodios de *Opuntia* sp. (Estrada-Torres *et al.*, 2009).

*Licea kleistobolus* se encontró sobre cortezas de *Y. periculosa*, con un pH de ligeramente ácido a básico (5.8-8.7). Ha sido reportada por Schnittler y Novozhilov (2000) creciendo en forma abundante sobre cortezas de arbustos del desierto en Kazajstán. Estrada-Torres *et al.* (2009) también la reportan creciendo sobre cortezas de *B. gracilis* y sobre una especie de árbol no identificado, en pH de 5.9 a 6.9. Por otro lado, *Paradiacheopsis rigida*, *Dianema harveyi* y *Protophysarum phloiogenum* se desarrollaron sobre las inflorescencias de esta planta, a un pH de 5.3.

*Dasyilirion* sp. albergó las siguientes especies: *A. cinerea*, *D. difforme* y *P. oblatum*, *Stemonitis missouriensis* var. *emotoi*, *Cribraria minutissima*, *Didymium minus*, *Didymium megalosporum*, *Physarum auriscalpium*, en pH de 5 a 7.

De acuerdo con Keller *et al.* (2009), el pH ha sido considerado un parámetro muy importante que afecta la distribución de las especies de mixomicetes en los sustratos. En un estudio que realizaron en diferentes estructuras de plantas vasculares encontraron que las estructuras reproductivas, las cortezas o tallos tenían valores similares tanto en pH como en las comunidades de mixomicetes que ahí se desarrollaban, en contraste con las estructuras reproductoras y las cortezas de *Cercis canadensis* (especie arbórea de la familia de las leguminosas), que fue la única en presentar valores distintos en pH y comunidades de mixomicetes diferentes en cada estructura, concluyendo que en plantas y pH diferentes se presentan comunidades únicas de mixomicetes.

En este estudio se encontraron especies raras que sólo se desarrollaron en cierta especie de planta, incluso específicamente en alguna estructura. Tal es el caso de *D. vaccinum* el cual creció en hojas e inflorescencias de *Hechtia* sp. en pH neutro, y *L. rugosa* var. *fujiokana* en corteza y hojas de *B. gracilis* con un pH de ligeramente ácido a neutro. En las cortezas de *B. gracilis* y de *Y. periculosa* con un pH de 5 a 9 se desarrollaron *D. harveyi* y *C. laxa*. En hojas de *B. gracilis* y *Dasyilirion* sp. se desarrolló *C. lepida* con un pH de 5.4 a 8.9. Finalmente, entre las especies que sólo se desarrollaron en una sola estructura de rosetófila tenemos a *Stemonitis missouriensis* var. *emotoi* (inflorescencias de *Dasyilirion* sp.), *Protophysarum plhoiogenum* (inflorescencias de *Y. periculosa*), *E. minutum* (inflorescencias de *Hechtia* sp).

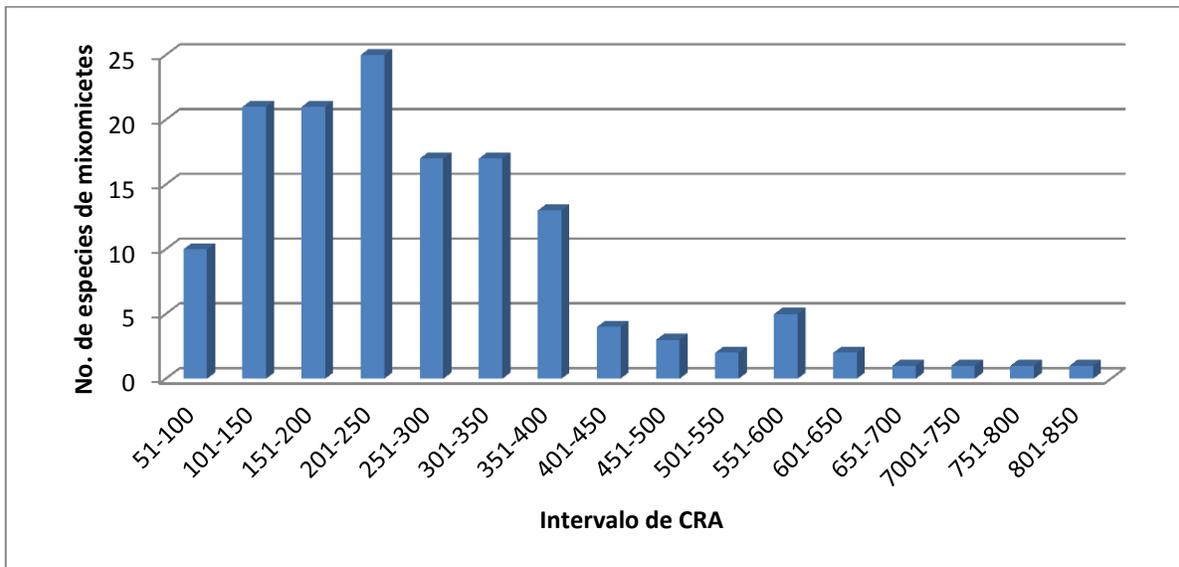
De manera general se observó que hay especies con un alto rango o tolerancia de pH tanto alcalino como ácido y otras que solo se desarrollaron en una sola categoría, esto nos indica que los mixomicetes responden a las características micro y macro ambientales de los ecosistemas en los que se desarrollan.

#### 10.4.2.- Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA de los sustratos es un factor abiótico crítico para el establecimiento de los mixomicetos, influye de manera importante; sin embargo, no es el único factor que determina la mixobiota en un sustrato dado, ya que la presencia de metabolitos o composición química, la anatomía de la planta, el estado de degradación o la microbiota presente, son factores determinantes en el desarrollo de la mixobiota. Lamentablemente, existe poca información en la literatura sobre la CRA de los sustratos en los que se desarrollan los mixomicetos (Wrigley de Basanta *et al.*, 2008).

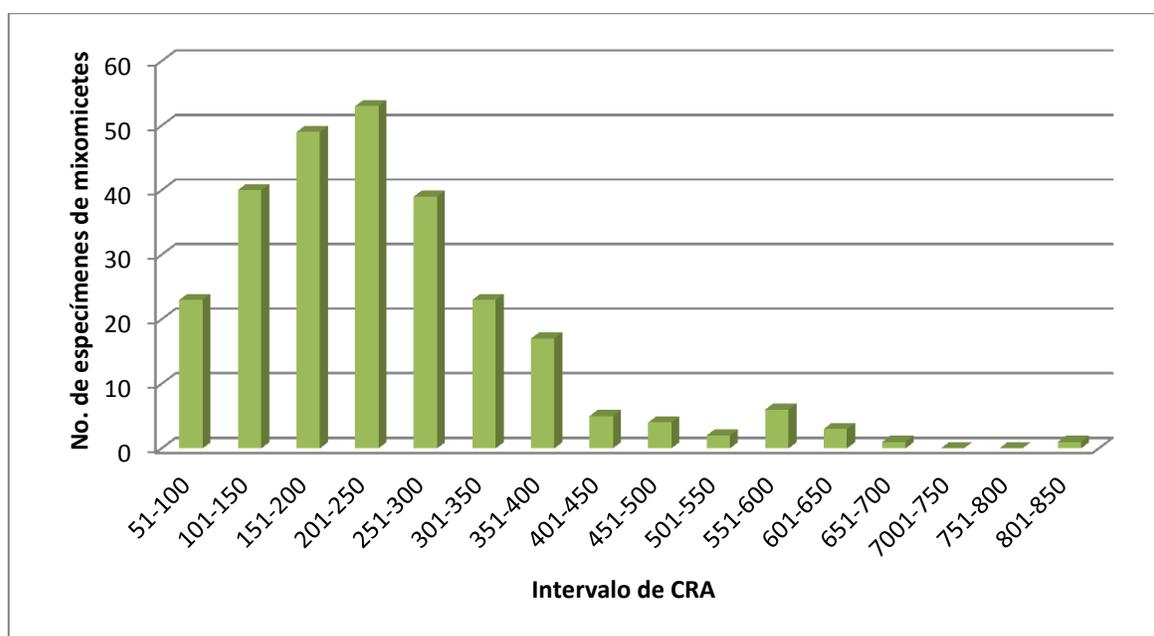
En la figura 32, se muestra que el mayor número de especies se desarrollaron en sustratos con CRA de 201-250, por lo que parece el intervalo de CRA más favorable para el desarrollo de los mixomicetos en estos sustratos. Se observa en el gráfico, que el número de especies va disminuyendo gradualmente y se mantiene en algunos intervalos (101 a 200 y 251 a 350), conforme aumenta la CRA el número de especies disminuye hasta obtener solo una especie en los intervalos más altos de CRA, lo que podría indicar la baja tolerancia de los mixomicetos a valores extremos de CRA.

Figura 32. Especies de mixomicetos en los diferentes intervalos de CRA.



La misma tendencia se puede observar cuando se grafica el número de especímenes en los diferentes intervalos de CRA (Figura 33), ya que cerca del 20% de las colecciones se obtuvieron en valores de CRA de 201 a 250 y alrededor del 45% si se considera el intervalo de CRA entre 151 y 250, confirmando la preferencia de los mixomicetos asociados con las plantas rosetófilas por las capacidades de retención de agua no muy elevadas.

Figura 33. Especímenes de mixomicetos en los diferentes intervalos de CRA.



En el cuadro 13 se muestran las especies más abundantes encontradas en el presente estudio y su relación con los diferentes intervalos de CRA, mostrándose además el número de colecciones obtenidas por cada intervalo de CRA.

Cuadro 13. Intervalo de CRA donde se desarrollaron las especies de mixomicetes más abundantes.

	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	501-550	551-600	601-650
<i>E. papillatum</i>		****	*****	*****	**							
<i>C. laxa</i>	*****	*****	***	****								
<i>P. oblatum</i>			*****	****	**	**	**					
<i>P. spectabile</i>			*	*****	*****	***	***	*			*	
<i>P. didermoides</i>		*		*	****	***		**			**	
<i>P. quadrata</i>	*****	*****	*****	**	***	*	*					*
<i>A. cinerea</i>			****	****	*****	*	*		*			
<i>L. suculentícola</i>	****		***	*	**	*						
<i>B. melanospora</i>			*****	***	****	*	*		*			

Puede observarse que la especie que se desarrolló en un intervalo más amplio de CRA (51 a 650) fue *P. quadrata* sin embargo su intervalo de CRA óptimo sería de 51 a 200. Así mismo *P. didermoides* y *P. spectabile* presentaron intervalos amplios de CRA (100,150 -600). Las especies que se desarrollaron en los intervalos más bajos fueron, *C. laxa*, *P. quadrata* y *L. suculentícola*, mientras que *P. spectabile*, *P. didermoides*, y *P. quadrata* al menos un espécimen se desarrolló en el intervalo más elevado de CRA.

Dicha variable es muy importante ya que nos podría indicar que tan productivo puede ser un sustrato, esto va a depender del tipo de planta y de la estructura que se desee estudiar, ya que el agua retenida no es igual en las estructuras, por ejemplo, en este estudio las inflorescencias mostraron una mayor CRA en comparación con las cortezas y las hojas, estas ultima con una menor CRA. Sin embargo, hacen falta más estudios que nos ayuden a comprender más sobre la ecología de estos organismos.

En el cuadro 14 se muestran los valores de CRA encontrados en las diferentes estructuras de las plantas estudiadas.

Cuadro 14. Valores de CRA en las diferentes estructuras de las plantas rosetófilas.

<b>Planta</b>	<b>Estructura</b>	<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>	<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación estándar</b>
<i>Beaucarnea gracilis</i>	Cortezas	177	383	267.68	256.39	49.84
	Hojas	58	322	111.21	94.91	51.60
	Inflorescencias	149	622	285.39	267.19	100.52
<i>Yucca periculosa</i>	Cortezas	206	871	308.50	282.22	121.37
	Hojas	114	270	171.05	164.92	31.31
	Inflorescencias	121	522	274.30	251.14	90.01
<i>Dasyllirion sp.</i>	Tallos	145	461	226.24	203.10	74.84
	Hojas	108	542	202.67	188.10	86.01
	Inflorescencias	202	841	459.00	470.01	145.30
<i>Hechtia sp.</i>	Tallos	179	374	270.63	269.20	52.33
	Hojas	82	692	222.04	162.94	166.27
	Inflorescencias	154	579	286.32	243.65	112.96

Puede observarse en el cuadro 14 que los valores medios de CRA muestran diferencias importantes en cada sustrato. Por ejemplo, los valores de CRA tanto en las cortezas como en inflorescencias de *B. gracilis* y *Y. periculosa* fueron mayores que en las hojas. En la especie *Dasyllirion sp.* las inflorescencias presentaron los valores medios de CRA más elevados, mientras los valores de los tallos y hojas fueron mucho menores. Así mismo *Hechtia sp.* presentó el mismo comportamiento, aunque el valor de la inflorescencias se marcó sutilmente mayor respecto al de los tallos. Aun así, puede observarse que las cortezas e inflorescencias presentan una mayor CRA que las hojas, lo que podría reflejar diferencias en su estructura

anatómica y composición química y, por consecuencia, en las microbiotas asociadas a cada estructura, determinando a su vez las diferencias observadas en cuanto a productividad, composición de especies y abundancia de determinados órdenes.

Tanto la CRA como el pH han sido parámetros importantes en la distribución de las especies de mixomicetes ya que estos han variado dependiendo la especie de rosetófila y aún más a nivel estructura en la que se desarrollen.

En el cuadro 15 se muestra solo a las especies de mixomicetes exclusivas de cada estructura de las rosetófilas (cortezas, hojas e inflorescencias). El intervalo de pH en las cortezas fue de ácido a básico (4.7 a 8), con una CRA de 78% a 542% en dichas condiciones se desarrollaron 13 especies de mixomicetes, las características de dichas estructuras fueron diferentes para cada especie de rosetófila, por ejemplo las cortezas de *Y. periculosa* eran tipo costras gruesas continuas de color café oscuro, en comparación con las de *B. gracilis* que eran costras delgadas apiladas de color gris brillante, en condiciones de campo, la CRA puede variar debido a otros factores que propician o limitan el desarrollo de los mixomicetes, como la intensidad y tiempo de precipitación, la escorrentía, la exposición al viento, etc. A pesar de todo ello, los mixomicetes tratan de completar su ciclo de vida en días o semanas (Lado *et al.*, 1999a; Mosquera *et al.*, 2000a; 2003; Estrada-Torres *et al.*, 2001).

Cuadro 15. Especies de mixomicetes exclusivas de las estructuras rosetófilas.

<b>Cortezas</b>	<b>Hojas</b>	<b>Inflorescencias</b>
<i>Phy. collumelatum</i>	<i>D. melanospermum</i>	<i>Phy. pusillum</i>
<i>C. pulchelloides</i>	<i>Phy. auriscalpium</i>	<i>W. reticulata</i>
<i>E. papillatum</i>	<i>L. arcyronema</i>	<i>S. musouriensis var. emotoi</i>
<i>M. decapillata</i>	<i>C. lepida</i>	<i>E. minutum</i>
<i>L. kleistobolus</i>	<i>C. minutísima</i>	<i>Ph. phloiogenum</i>
<i>D. harveyi</i>	<i>D. columellacavum</i>	<i>D. difforme</i>
<i>T. contorta. var. attenuata</i>	<i>S. pallida var. rubescens</i>	<i>D. aplanatum</i>
<i>T. agaves</i>		<i>A. denudata</i>
<i>H. pardina</i>		<i>P. vermicularis</i>
<i>S. subscaespitosa</i>		
<i>P. chrysosperma</i>		
<i>P. luteola</i>		

Para las hojas el intervalo de pH fue de ligeramente ácido a básico (5.9 a 9) con una CRA de 141 a 428%, siendo menor que en las corteza, siete especies de mixomicetes fructificaron exclusivamente en las hojas. Dichas estructuras tienen una característica relevante que es la cutícula formada por una sustancia llamada cutina que al igual que las ceras, impide la entrada como la salida de agua, cubriendo casi toda la superficie de las hojas, por lo que puede desprenderse por completo de ellas. Estas estructuras conforme mueren no caen completamente si no que se van apilando una sobre otra y al haber precipitación acumulan

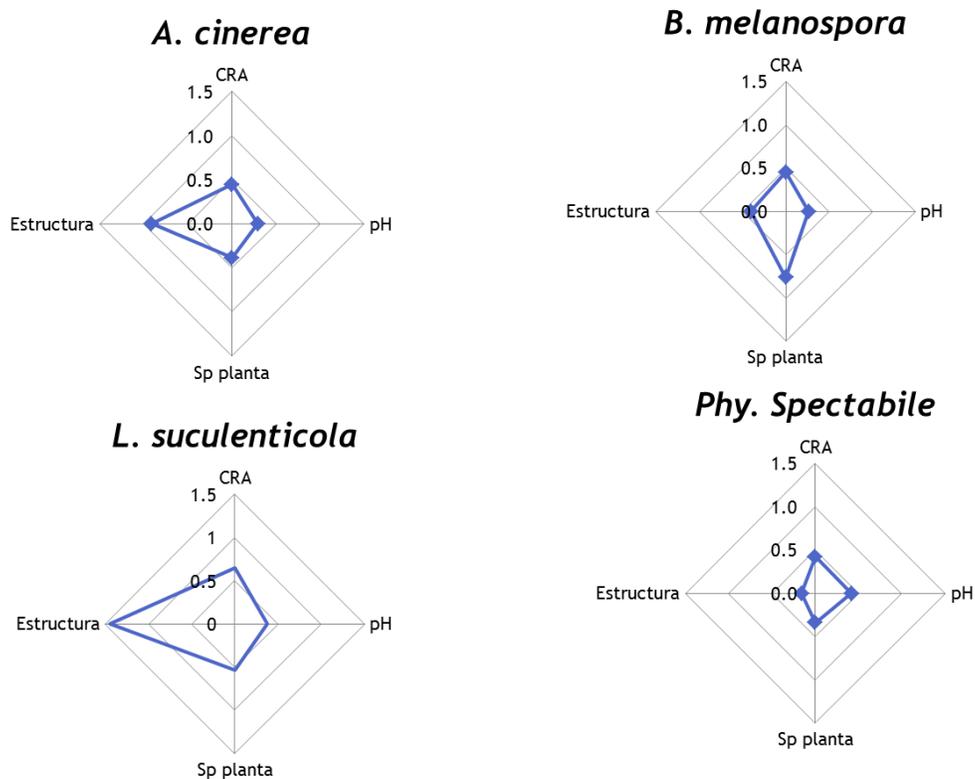
cierta humedad que propicia un micro ambiente ideal para el desarrollo de ciertas especies de mixomicetes foliícolas.

Finalmente, las inflorescencias con un intervalo de pH de ligeramente ácido a básico (5.5 a 8.6) y un porcentaje de CRA de 191 a 660%, permitieron el establecimiento de nueve especies de mixomicetes que se desarrollaron exclusivamente en esta estructura. Es importante mencionar que dichas estructuras obtuvieron el máximo valor de CRA, y no es para menos, ya que estas estructuras presentan una anatomía diferente como, racimos de flores globosas y carnosas además del contenido de néctar que poseen que al descomponerse propician un ambiente ideal para el desarrollo de ciertas especies de mixomicetes. Cabe señalar que las inflorescencias en general presentaron una fuerte contaminación por hongos, cubriendo prácticamente todo el sustrato de micelio. Debido a esa cantidad de agua retenida la proliferación de mohos representaron una intensa competencia para los mixomicetes siendo una razón por lo que este sustrato se encontró entre los menos productivos y con menor riqueza de especies.

### **10.5.- Amplitud de nicho**

La amplitud de nicho es un tipo de análisis donde se trata de cuantificar la utilización relativa de los recursos disponibles para una especie (Coldwell y Futuyama, 1971; Wittaker *et al.*, 1973; Stephenson, 1988). Los recursos se pueden plantear como un espacio n-dimensional y corresponden por ejemplo, con la intensidad de la luz, humedad, tamaño de la presa, pH, etc. En el presente estudio, se consideraron tres variables, la estructura de cada planta rosetófila, el pH y la CRA (Figura 34).

Figura 34. Especies de mixomicetes que presentaron mayor amplitud de nicho.



La especies con mayor amplitud de nicho fueron *Badhamia melanospora*, *Phy. spectabile*, *A. cinerea* y *L. suculenticola*, las cuales se desarrollaron en al menos tres especies de plantas rosetófilas, así como en las diferentes estructuras. Dichas especies son algunas de las más comunes y abundantes en zonas áridas (fig. 20). Asimismo, se han considerado representativas de regiones como El Bolsón de Mapimí (Montes-Montiel, 2009), algunas regiones áridas del norte de Chile (Lado *et al.*, 2007) y del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Estrada-Torres *et al.*, 2009)

*Arcyria cinerea*, *Licea suculenticola* y *Phy. spectabile* también se han considerado especies representativas de zonas áridas que crecen en plantas suculentas (Estrada-Torres *et al.*, 2009).

El resto de las especies encontradas en el estudio, mostraron nichos más estrechos por lo que no fueron graficadas.

## 10.6.- Selectividad y frecuencia de fructificación de mixomicetes en zonas áridas

Varios autores han señalado que las comunidades de mixomicetes responden a la variedad de factores micro y macro ambientales de los ecosistemas que intervienen en su distribución y que además responden de manera colectiva ante algunos parámetros que podrían medirse o determinarse. Los mixomicetes no se distribuyen de forma homogénea a través de los biomas y los ecosistemas, más bien su distribución podría ser regional y característica de ciertas especies de plantas como sustratos potenciales para el desarrollo de la mixobiota (Lado y Wrigley de Basanta, 2008). La mixobiota de este estudio mostró cierta selectividad tanto en las plantas como en las estructuras de rosetófilas. Se detectó que algunas especies de mixomicetes solo crecían en un sustrato específico, mientras que otras parecen no tener fuertes restricciones. De acuerdo con esto, se establecieron diferentes categorías en cuanto a la selectividad de los sustratos:

**Especies generalistas:** Corresponde con las especies que se desarrollaron en todas o la mayoría de especies rosetófilas y en diferentes estructuras. En este caso se encuentran especies como *Badhamia melanospora*, *Physarum spectabile*, *Physarum didermoides*, *Arcyria cinerea*, *Licea succulenticola* y *Perichaena quadrata*.

**Especies poco frecuentes:** Especies de mixomicetes que se encontraron en menor frecuencia tanto en las especies de rosetófilas como en sus estructuras: *Cribraria lepida*, *Dianema harveyi*, *Lamproderma arcyronema*, *Dydimium anellus*.

**Especies raras:** Especies que se encontraron en una sola ocasión y en un tipo de estructura como *Physarum columelatum*, *Physarum auriscalpium*, *Echinostelium minutum* y *Dydimium columellacavum*.

**Especies altamente selectivas:** Especies de mixomicetes que fueron específicas para alguna estructura de la planta. Dentro de esta categoría se establecieron 3 subcategorías:

Corticícolas: *Enerthenama papillatum*, *Licea Kleistoboulos*, *Perichaena chrysosperma*

Folíícolas: *Lamproderma arcyronema*, *Cribraria lepida*

Florícolas: *Protophysarum phloigeneun*, *Physarum pusillum*, *Stemonitis mussoriensis* var. *emotoi*

## 11.- CONCLUSIONES

La riqueza de especies de mixomicetes encontradas en las plantas rosetófilas del Valle de Tehuacán es muy elevada ya que representa el 37% de la mixobiota conocida para México.

La composición de especies de mixomicetes fue característica de ambientes áridos dominada por el Orden Physarales.

Se reportan por primera vez 14 especies para el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, 11 para el estado de Puebla, 4 para Oaxaca y *Physarum columellatum*, *Comatricha pulchelloides*, *Stemonitis pallida* var. *rufescens* y *S. mussoriensi* var. *emotoi* se reportan por primera vez para México.

La composición de especímenes de los diferentes órdenes de mixomicetos depende tanto de la planta como de la estructura vegetal.

La productividad de los sustratos, medido por el número de cámaras positivas, evidenció que la presencia y desarrollo de los mixomicetes dependen de la especie y la estructura de las plantas estudiadas.

Aunque los valores de riqueza y diversidad de mixomicetes de las especies y estructuras de plantas rosetófilas estudiadas no presentaron diferencias estadísticas, cualitativamente fueron muy diferentes entre sí. Sólo en la abundancia de mixomicetes, la interacción planta-estructura vegetal fue estadísticamente significativa, es decir, la abundancia en cada sustrato depende de la planta analizada.

El pH óptimo de desarrollo de las especies asociadas con los sustratos analizados se encuentra en el intervalo de 6.505 a 7.005 en el que se presentó la mayor abundancia y riqueza de especies de mixomicetes.

La capacidad máxima de retención de agua (CRA) óptima para el desarrollo de los mixomicetos de los sustratos del Valle de Tehuacán-Cuicatlán está entre 201% y 250%, que es en la que se encontraron la mayor abundancia y riqueza de especies.

Las diferentes estructuras como cortezas, hojas e inflorescencias albergaron comunidades de mixomicetes exclusivos en cada estructura. Las características físicas y químicas en las estructuras, así como los factores bióticos y abióticos propios de cada especie, dan lugar a diversos microhábitats apropiados para el desarrollo de ciertas especies de mixomicetes.

Este estudio hace referencia a la importancia que tienen las inflorescencias como sustratos potenciales para el desarrollo de los mixomicetes, ya que estas estructuras han sido poco exploradas en zonas áridas.

El nicho ecológico más amplio lo presentaron especies de mixomicetes representativas de zonas áridas como, *Badhamia melanospora*, *Arcyria cinerea*, *Licea succulenticola* y *P. spectabile*.

En cuanto a la selectividad y frecuencia de fructificación de los mixomicetes se establecieron 3 categorías: Especies generalistas, frecuentes y altamente selectivas estas últimas se agrupan en corticícolas, foliícolas y florícolas.

## **12. PERSPECTIVAS**

Incrementar el esfuerzo de muestreo a sustratos poco estudiados que permitan complementar el conocimiento de la mixobiota del Valle de Tehuacán.

Evaluar otras características químicas y físicas de los sustratos que permitan aportar mayor evidencia sobre las diferencias que están determinando la composición de especies de mixomicetos en cada estructura vegetal estudiada.

Aplicar análisis multivariados que ayuden a entender las diferencias entre las comunidades de mixomicetos establecidas en diferentes sustratos.

Tratar de caracterizar la microbiota asociada con cada sustrato para determinar cómo ésta se asocia con las comunidades de mixomicetes presentes.

Estudiar comparativamente las estructuras de otras plantas que aporten información adicional para entender la distribución y abundancia de mixomicetos en diferentes ambientes.

### 13.- LITERATURA CITADA

- Aldrich HC, JW Daniel. 1982. Cell biology of *Physarum* and *Didymium*. Vol. I. Academic Press. New York.
- Alexopoulos CJ, CW Mims. 1979. Introductory Mycology. 2a. Edition. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Arias-Montes S. 2000. The Cactaceae in the Valle of Tehuacán-Cuicatlán, México. Cactus Co. 4: 20-29.
- Blackwell M, RL Gilbertson. 1980. Sonoran desert myxomycetes. *Mycotaxon*. 11:139-149.
- Blackwell M, RL Gilbertson. 1984. Distribution and sporulation phenology of Myxomycetes in the Sonoran Desert of Arizona. *Microb. Ecol.* 10:369-377.
- Collins OR. 1979. Myxomycete biosystematics: Some advances developments and future research opportunities. *Bot. Rev.* 48: 145-202.
- Colwell RK, DJ Futuyama. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52:567-576.
- Elliasson U, E Gilert. 2007. Additions to the Swedish myxomycete biota. *Karstenia* 47:29-36.
- ENCB IPN. 1982. Manual práctico de Microbiología Agrícola. México. D. F. 72pp.
- Estrada-Torres A, C Lado, M Rodríguez-Palma. 2001. Two new species of mixomicetes from a tropical deciduous forest of Mexico. *Mycologia*. 93:744-750.
- Estrada-Torres A, D Wrigley de Basanta, E Conde, C Lado. 2009. Myxomycetes associated with dryland ecosystems of the Tehuacán-Cuicatlán Valley Biosphere. *Fungal Diversity* 36:17-56.

- Evenson, A, E. 1961. A preliminary report of the Myxomycetes of Southern Arizona. *Mycologia* 53: 137-144.
- Farr ML. 1976. *Myxomycetes*. Flora Neotropica 16. Cramer. Nueva York. Pp 304.
- Frederick L. 1990. Phylum plasmodial slime molds class Myxomycota. In Margulis, L.; J. V. Corliss, M. Melkonian, D. J. Chapman. 1990. Handbook of protoctista. The structure, cultivation, habitats and life histories of the Eucaryota microorganisms and their descendants exclusive of animals, plants and fungi. Tome II. Jones and Bartlett Publishers. Boston.
- Gray WD, CJ Alexopoulos. 1968. The biology of mixomicetes. Ronald Press. Nueva York.
- Heredia G. 1989. Estudio de los hongos de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas. Consideraciones sobre la distribución y ecología de algunas especies. *Acta Botánica Mexicana* 7: 1-18.
- Howard FL, ME. Currie 1932. Parasitism of myxomycete plasmodia on fungus mycelia. *J. Arn. Arb.* 32:438-447.
- Ing B. 1994. The phytosociology of myxomycetes. *New Phytologist* 129: 175-202.
- Jaramillo-Luque. V, F Gonzáles-Medrano. 1983. Análisis de la vegetación arbórea en la provincia florística de Teuacán-Cuicatlán. *Bol. Soc. Bot. Méx.* 45: 49-64.
- Keller HW, Eliasson UH, Courtney M. Kilgore. 2009. Aerial reproductive structures of vascular plants as a microhabitat for mixomicetes. *Micología*, 101 (3), pp. 305-319.
- Keller, H. W. y K. L. Braun. "Myxomycetes of Ohio: Their systematics, biology and use in teaching", en *Ohio Biological Survey Bulletin New Series*, Vol. 13, No. 2, Ohio. 1999.

- Lado C, Estrada-Torres A, Stephenson SL. 2007. Myxomycetes collected in the first phase of a north-south transect of Chile. *Fungal Diversity* 25: 81-101.
- Lado C, M Rodríguez-Palma, A Estrada-Torres. 1999a. Myxomycetes from a seasonal tropical forest on the Pacific coast of Mexico. *Mycotaxon*. 71:307-321.
- Lado C, Pando F. 1997. *Myxomycetes, I. Cetariomixiales, Echinosteliales, Liceales, Trichiales*. Flora Mycologica Iberica Vol. 2. CSIC y J. Cramer, Madrid. Pp 322.
- Lado C, Wrigley de Basanta D. 2008 A review of Neotropical myxomycetes (1828-2008). *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 65: 211-254.
- Lado C. 2001. Nomenmyx. A nomenclatural taxa base of Myxomycetes. Cuadernos de trabajo de Flora Micologica Iberica.
- Lado, C., Mosquera, J. and Beltrán-Tejera, E. 1999b. *Cribraria zonatispora*, development of a new myxomycete with unique spores. *Mycologia* 91: 157-165.
- Lakhanpal TN, KG Mukerji, 1981. Taxonomy of Indian Myxomycetes. Cramer. Vaduz.
- Lima V, L. Guimaraes, S Alburquerque, LH Cavalcanti. 2011. Activity of crude extracts of *Tubifera bombarda* and *Lycogala epidendrum* sporocarps on the growth of the tree species of *Candida*. Abstracts of the VII International Congress on Systematic and Ecology of Myxomicetes, Recife, Brasil.
- Lizárraga M, C Illana, G Moreno. 1998. *Didymium subreticulosporum* (Mixomicetes), a new species for America. *Mycotaxon* 67:313-316.
- Lizárraga M, G Moreno, C Illana, H Singer. 2005b. Myxomycetes from Chihuahua, Mexico. III. *Mycotaxon* 93:75-88.
- Lizárraga M, G Moreno, C Illana. 2005a. Myxomycetes from Chihuahua, Mexico. II. *Österreichische Zeitschrift Pilzkunde* 14: 105-121.

- Lizárraga M, G. Moreno, C. Illana. 1997. The mixomicetes from Baja California (México). I. *Mycotaxon*. 63:287-300.
- Lizárraga M, Illana C, Moreno G. 1999a. SEM studies of the myxomycetes from the Peninsula of Baja California (Mexico), I. *Arcyria to Fuligo*. *Annales Botanici Fennici* 35: 287-306.
- Lizárraga M, Illana C, Moreno G. 1999b. SEM studies of Myxomycetes from the peninsula of Baja California (Mexico), II *Hemitrichia to Trichia*. *Annales Botanici Fennici* 36: 187-210.
- Lizárraga M, Moreno G, Esqueda M, Sánchez A, Coronado M. 2007. Myxomycetes from Sonora, Mexico. 3: National forest and wildlife refuge, Ajos-Bavispe. *Mycotaxon* 99: 291-301.
- Lizárraga M, Moreno G, Illana C, Singer H. 2005b. Myxomycetes from Chihuahua, Mexico. III. *Mycotaxon* 93:75-88.
- Lizárraga M, Moreno G, Illana C, Solis F. 2003a. Myxomycetes in the state of Sinaloa (Mexico) II. *Mycotaxon* 88: 425-432.
- Lizárraga M, Moreno G, Illana C. 1998b. First records of myxomycetes in the state of Sinaloa, Mexico. *Mycologia Vegetazione Mediterranea* 13: 167-176.
- Lizárraga M, Moreno G, Illana C. 2005a. Myxomycetes from Chihuahua, Mexico. II. *Österreichische Zeitschrift Pilzkunde* 14: 105-121.
- Lizárraga M, Moreno G, Singer H, Illana C. 2003. Myxomycetes from Chihuahua, Mexico. *Mycotaxon* 88:409-424.

- Lizárraga M, Moreno G, Singer H, Illana C. 2003b. Myxomycetes from Chihuahua, Mexico. *Mycotaxon* 88:409-424.
- Magurran EA. 1998 Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Martin GW, CJ Alexopoulos. 1969. The Myxomycetes. Univ. Iowa. Academic. Press. Iowa city.
- Mitchell DW. 1977. The bark mixomicetes—their collection, culture and identification-. *School Science Review*. 58:444-454.
- Mitchell DW. 2000. Sinkey. Synoptic keys to mixomicetes. CD.ROM. Walton Cottage, Upper Hartfiel, East Sussex.
- Montes-Montiel, 2009. Myxomycetes obtenidos en cámaras húmedas a partir de diez sustratos procedentes de los matorrales xerófilos del Bolsón de Mapimí. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agrobiología, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.
- Moreno G, C Illana, A Castillo, JR García. Myxomycetes de Extremadura Campiña Sur. 2001. Postalx. España. Moreno G, Lizárraga M, Illana C. 2007. Catalogue of the Myxomycetes from Mexico. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid* 31: 187-229.
- Moreno, G., Lizárraga, M., Esqueda, M., Pérez-Silva, E. and Herrera, T. 2006. Myxomycetes de Sonora, México: Reserva Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe. *Revista Mexicana de Micología* 22: 13-23.
- Mosquera J, C Lado, A Estrada-Torres, E Beltrán-Tejera, D Wrigley de Basanta. 2003. Description and culture of a new myxomycete, *Licea succulenticola*. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 60: 3-10.

- Mosquera J, C Lado, A Estrada-Torres, E. Beltrán-Tejera. 2000b. *Trichia perichaenoides*, a new myxomycete associated with decaying succulent plants. *Mycotaxon*. 75:319-328.
- Mosquera J, C Lado, Beltrán-Tejera, E. 2000a. Morphology and ecology of *Didymium subreticulosporum*. *Mycologia* 92: 978-983.
- Nannenga-Bremekamp N. 1991. A guide to temperate Myxomycetes. Biopress. Bristol. Pp 409.
- Novozhilov YK, Mitchell DW, Schnittler M. 2003. Myxomycete biodiversity of the Colorado Plateau. *Mycological Progress* 2: 243-258.
- Pérez-Silva E, Herrera T, Esqueda M, Illana C, Moreno G. 2001. Myxomycetes of Sonora, Mexico I. *Micotaxon* 77: 181-192.
- Ramon, E. 1968. Myxomycetes of Israel. *Israel J. Bot.* 17: 207-211.
- Rodríguez-Palma. 1992. Estudio taxonómico y ecológico de las especies del Orden Stemonitales (Myxomicetes-Fungi) del Volcán la Malintzin, Municipio de Ixtenco, Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala, UNAM, Tlanepantla.
- Rogerson C.T. y S. L. Stephenson, 1993. Myxomiceticolous fungi. *Mycologia* 85:456-469.
- Rzedowski J. 1973. Geographical relationships of the flora of Mexican dry regions. In: *Vegetation and Vegetational History of Northern Latin America*. Ed. A. Graham. Elsevier Scientific Publishing Co., Amsterdam.
- Rzedowski J. 1987. *Vegetación del Valle de México*. Limusa. México, DF. Pp 366.
- Samuels, G. J. 1973. The myxomiceticolous species of *Nectria*. *Mycologia*. 65:401-420.
- Schnittler M. Stephenson SL. 2002. Inflorescences of Neotropical herbs as a newly discovered microhabitat for mixomicetes. 94(1): 6-20.

- Smart RF. 1937. Influence of certain external factors on spore germination in the mycomycetes. *Amer. Jour. Bot.* 24: 145-159.
- Stephenson SL, J Cavender. 1996. Dictyostelids and Myxomycetes. En: G. S. Hall. 1996. Methods for the examination of organismal diversity in soils and sediments. CAB INTERNATIONAL, IUBS y UNESCO. UK. 307 pp.
- Stephenson SL. 1988. Distribution and ecology of myxomycetes in temperate forest I. patterns of occurrence in the upland forest southwestern Virginia. *Can. J. Bot.* 66:2187-2207.
- Stephenson, S.L. and Stempen, H. 1994. *Myxomycetes: a Handbook of Slime Molds*. Timber Press, Portland, Oregon.
- Stephenson, S.L. y G. A. Laursen. 1993. A preliminary report on the distribution and ecology of myxomycetes in Alaskan tundra. in: *Artic and Alpine Mycology 3. Bibl. Mycol.* 150:251-257.
- Stephenson, S.L., Kalyanasundaram, I Lakhanpal, T.N. 1993. Acomparative biogeographical study of myxomycetes in the mid-Appalachian of eastern North America and two regions of India. *Journal of Biogeography* 20: 645-657.
- Toledo VM. 1988. La riqueza biológica de México. *Ciencia y Desarrollo* 81:17-30.
- Triola FM. 2009. *Estdística*. Ed. Pearson educación. Décima Ed. México.
- Valiente-Banuet, A., Casa, A., Alcántara, A., Dávila, P., Flores-Hernández, N., Arizmendi, M.C., Villaseñor, J.L. and Ortega Ramírez, J. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín Sociedad Botánica de México* 67: 24-74.
- Villaseñor, J.L., Dávila, P. and Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Boletín Sociedad Botánica de México* 50: 135- 149.
- Wittaker RH, SA Levin, RB Root. 1973. Niche, habitat, and ecotope. *Am. Nat.* 107:321.338.

Wrigley de Basanta D, Stephenson SL, Lado C, Estrada-Torres A, Nieves-Rivera AM. 2008. Lianas as a microhabitat for myxomycetes in tropical forests. *Fungal Diversity* 28: 109-125.

Wrigley de Basanta D. 2000. Acid Deposition in Madrid and corticolous Myxomycetes. *Stapfia* 73: 113-120.

Wrigley de Basanta D. 2004. The effect of simulated acid rain on corticolous myxomycetes. *Systematics and Geography of plants* 74: 175-181.

**Anexo I.**

Cuadro 11. Análisis de varianza bifactorial en la abundancia de mixomicetes.

<b>FUENTE DE VARIACIÓN</b>	<b>SS</b>	<b>DF</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>
Sujetos	276.97	11	25.179	
A	110.31	3	36.770	1.765
S/A	166.67	8	20.834	
Dentro sujetos	509.33	24	21.222	
B	1.041	2	0.521	0.045
AxB	325.626	6	54.271	4.727
BxS/A	183.708	16	11.482	

**Anexo II.**

Cuadro 12. Comparaciones múltiples de Tukey entre las especies de rosetófilas y sus estructuras.

<b>(B vs A)</b>	$\bar{X}_B$	$\bar{X}_A$	$(\bar{X}_B - \bar{X}_A)$	<b>SE</b>	<b>q</b>	<b>q<sub>0.05,16,12</sub></b>	<b>Conclusión</b>
<i>Y. p.</i> (Crt) vs <i>H. sp.</i> (Crt)	14	3	11	1.96	5.61	5.35	<i>Y. p.</i> (Crt) $\neq$ <i>H. sp.</i> (Crt)
<i>Y. p.</i> (Crt) vs <i>B. g.</i> (I)	14	3.3	10.7	1.96	5.44	5.35	<i>Y. p.</i> (Crt) $\neq$ <i>B. g.</i> (I)
<i>B. g.</i> (Crt) vs <i>H. sp.</i> (Crt)	13.7	3	10.7	1.96	5.44	5.35	<i>B. g.</i> (Crt) $\neq$ <i>H. sp.</i> (Crt)