

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS

Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

**Diversidad de mixomicetes en parques
urbanos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA

NORLENDY LIZBETH JONAPÁ PÉREZ

Directora

M. C. ERIKA CECILIA PÉREZ OVANDO

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH

Asesores

DR. CARLOS ROJAS ALVARADO

ESCUELA DE INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS. UCR.

DR. ESTEBAN PINEDA DIEZ DE BONILLA

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS. UNICACH.



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Marzo del 2026



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA GENERAL

DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES

DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Fecha: 05 de marzo de 2026

C. Norlenny Lizbeth Jonapá Pérez

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Diversidad de mixomicetes en parques urbanos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

En la modalidad de Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores:

Dr. Juan Felipe Ruan Soto

Mtra. Ana Guadalupe Rocha Loreda

Mtra. Erika Cecilia Pérez Ovando

Firmas:

Ccp. Expediente



2026, Año de Margarita Maza

Año de Jaime Sabines

Ciudad Universitaria Libramiento Norte
Pte. 1150, Colonia Lajas Maciel
CP. 29039, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Tel. (961) 617 0440 ext. 4240
biologia@unicach.mx



AGRADECIMIENTOS

A **Eryka**, por compartir conmigo el asombro por estos seres diminutos y su guía paciente, incluso en los gestos más pequeños que hicieron posible este trabajo. Como quien cuida un organismo en desarrollo: con atención y confianza en su transformación. Gracias por tu generosidad y por sostener este sueño con tanta luz.

A **Carlos Rojas**, por acompañarme a la distancia, por responder mis dudas e inspirarme. Gracias por crear un espacio donde compartir conocimientos con la comunidad hispanoamericana.

Al Dr. **Esteban Pineda**, por las ideas que, desde el aula, terminaron creciendo en esta tesis. Gracias al Dr. **Felipe Ruan** y la M. C. **Ana Rocha** por el tiempo dedicado a la lectura minuciosa de este trabajo, así como por sus valiosas observaciones y correcciones.

A los compañeros del **Laboratorio-Taller de Procesos Bioculturales**, por ese abrazo comunitario que sostuvo mis días. A **Manu** por alimentar no solo el cuerpo, sino también el ánimo; a **Ana**, a **Felipe Ruan**, a **Felipe Reyes**, a **Noé**, a **Eryka**, por volver más ligera la carga de cada jornada.

A **FBNZ**, Fer, gracias por emocionarte junto a mí con cada hallazgo y resguardar mis muestras, por cada plática en el lab y cada comida mientras mirábamos al micro. A **Óscar Castro J.**, por su guía taxonómica, por ayudarme en los momentos en que dudé de mis capacidades.

A **Ezequiel**, por explicarme mil veces con paciencia lo que no entendía, por compartir tu espacio, escritorio y microscopio, que se volvió una extensión de este sueño. Gracias por sostenerme con amor mientras yo intentaba sostener esta tesis. A **Mayi** y **Ezequiel**, gracias por abrirme las puertas, por su apoyo constante y por ser parte de este logro.

A la comunidad de **Slime Mold Identification & Appreciation**, por la magia colectiva, las observaciones que afinan la mirada; en especial a **Edvin Johannesen**, por cada identificación compartida y **Jorge R. Velloso** por enseñarme un poco de R ;)

De manera especial a **Mi Familia**, por ser abrigo en cada estación y apoyo incondicional. Abuelita y abuelito, tíos y tías, papá y mamá. Gracias por cuidar de mi.

Al **arte** y a la **música**, por acompañar cada página, cada noche.

A **Dios**, por darme el soplo que anima cada ciclo.

A quienes fueron como un sustrato cálido donde pude extenderme sin miedo

¡Gracias por venir!

DEDICATORIA

Para todos aquellos que, como yo, se detienen un instante ante la vida diminuta que otros pasan por alto; a quienes se conmueven con lo pequeño, con lo efímero, con lo que nace, se mueve y desaparece sin ruido.

“Conocer la otra mitad es poco”

A mi hermano, el tesoro más grande de mi vida, **Jonathan**.

A **Ezequiel**, compañero de vida y maestro inesperado.

Este logro también es tuyo.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	2
2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MIXOMICETES	2
2.2. IMPORTANCIA ECOLÓGICA	4
2.3. MODOS DE VIDA	5
2.4. MORFOLOGÍA	7
2.4.1. Tipos de plasmodios	7
2.4.2. Tipos de esporóforos	8
2.4.3. Partes del esporóforo	10
2.5. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA REPRODUCCIÓN DE LOS ESPORÓFOROS	12
2.5.1. Temperatura y humedad	12
2.5.2. pH del sustrato	13
2.5.3. Disponibilidad de sustrato	14
2.6. BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN	15
2.6.1. Recolección en campo	16
2.6.2. Recolección en el laboratorio	17
2.7. MIXOMICETES EN PARQUES URBANOS	18
2.8. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LA DIVERSIDAD DE MIXOMICETES EN LOS PARQUES URBANOS	20
2.8.1. Efectos de la urbanización	20
2.8.2. Contaminación y calidad del suelo	20
2.8.3. Manejo y mantenimiento de parques	21
2.8.4. Interacción con otros organismos	22
III. ANTECEDENTES	22
3.1. ESTUDIOS DE MIXOMICETES URBANOS EN EL MUNDO	22
3.2. ESTUDIOS DE MIXOMICETES URBANOS EN MÉXICO	24
3.3. ESTUDIOS DE MIXOMICETES URBANOS EN CHIAPAS	25
IV. OBJETIVOS	25
4.1. OBJETIVO GENERAL	25
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
V. ZONA DE ESTUDIO	26

5.1. PARQUE CAÑA HUECA	29
5.2. PARQUE JOYYO MAYU	30
5.3. PARQUE FUNDAMAT	32
5.4. PARQUE DEL ORIENTE	33
5.5. PARQUE PATRICIA	34
VI. MÉTODO.....	36
6.1. RECOLECCIÓN DE SUSTRATOS	36
6.1.1. Método de cultivo en cámara húmeda	37
6.2. IDENTIFICACIÓN DE MIXOMICETES	37
6.3. CÁLCULOS DE DIVERSIDAD	38
6.3.1. Cálculo de la diversidad alfa	39
6.3.2. Cálculo de la diversidad beta	40
VII. RESULTADOS.....	40
7.1. Composición taxonómica	40
7.2. Diversidad alfa	44
7.3. Diversidad beta	50
VIII. DISCUSIÓN.....	52
8.1. Composición taxonómica	52
8.2. Diversidad alfa y beta.....	54
IX. CONCLUSIÓN	56
X. RECOMENDACIONES.....	58
XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES.....	59
XII. ANEXOS	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de registros de mixomicetes por especie asociados a los cinco parques urbanos.....	42
Cuadro 2. Índices de diversidad estimados para los cinco parques urbanos estudiados.....	45
Cuadro 3. Diversidad de mixomicetes en diferentes sustratos de muestreo de cinco parques urbanos.....	49
Cuadro 4. Matriz de similitud calculada con el índice de Chao-Sørensen de los parques estudiados.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de un mixomicete.....	6
Figura 2. Tipos de plasmodios de mixomicetes.....	8
Figura 3. Tipos de esporóforos.....	9
Figura 4. Morfología de un esporóforo de mixomicete.....	11
Figura 5. Ubicación geográfica del área de estudio	28
Figura 6. Señalética de Caña Hueca.....	30
Figura 7. Señalética de Joyyo Mayu.....	31
Figura 8. Parque FundaMAT	33
Figura 9. Señalética del parque del Oriente.....	34
Figura 10. Comedores y vegetación del parque Patricia.....	35
Figura 11. Riqueza específica de mixomicetes de acuerdo al Orden taxonómico.....	41
Figura 12. Diversidad de mixomicetes de los sitios estudiados.....	43

Figura 13. Riqueza de especies observadas y estimada de mixomicetes	46
Figura 14. Curva de acumulación de especies de mixomicetes en función al número de cámaras húmedas.....	46
Figura 15. Curvas de rarefacción y extrapolación de la riqueza de mixomicetes por tipo de sustrato.....	47
Figura 16. Curvas de rarefacción y extrapolación de la riqueza de mixomicetes por parques.....	48
Figura 17. Distribución de la riqueza de especies de mixomicetes por tipo de sustrato presentes en cinco parques de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.....	50
Figura 18. Agrupamiento de los parques urbanos de acuerdo a la similitud de la composición de especies de mixomicetes.....	51
Figura 19. Distribución y frecuencia de especies de mixomicetes registradas en los parques estudiados.....	52
Figura 20. <i>Cribraria lepida</i>	75
Figura 21. <i>Cribraria violacea</i>	77
Figura 22. <i>Diderma chondrioderma</i>	79
Figura 23. <i>Diderma deplanatum</i>	80
Figura 24. <i>Didymium flexuosum</i>	82
Figura 25. <i>Didymium squamulosum</i>	84
Figura 26. <i>Physarum decipiens</i>	85
Figura 27. <i>Physarum echinosporum</i>	87
Figura 28. <i>Arcyria afroalpina</i>	88
Figura 29. <i>Arcyria cinerea</i>	89
Figura 30. <i>Arcyria pseudoleiocarpa</i>	90

Figura 31. <i>Perichaena corticalis</i>	92
Figura 32. <i>Perichaena depressa</i>	93
Figura 33. <i>Perichaena quadrata</i>	95
Figura 34. <i>Calomyxa sysnspora</i>	97
Figura 35. <i>Enteridium variabile</i>	99
Figura 36. <i>Comatricha tenerrima</i>	101
Figura 37. <i>Stemonitis flavogenita</i>	102
Figura 38. <i>Stemonitis pallida</i>	103

RESUMEN

Los mixomicetes son protistas ameboides que desempeñan un papel relevante en los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes en los ecosistemas terrestres; no obstante, su diversidad en ambientes urbanos ha sido escasamente documentada en el sureste de México. El siguiente estudio tuvo como objetivo conocer la diversidad y parámetros ecológicos de las comunidades de mixomicetes presentes en cinco parques urbanos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se recolectaron un total de 90 muestras (18 muestras por parque) de hojarasca, ramas sobre el suelo y corteza rugosa de árboles vivos, las cuales fueron procesadas mediante cultivo en cámara húmeda y monitoreadas durante 12 semanas para la identificación morfológica de los mixomicetes. Se registraron un total de 22 morfoespecies de mixomicetes, de las que 20 fueron identificadas a nivel específico y 10 de ellos corresponden a nuevos registros para el estado. El orden más diverso fue Trichiales seguido de Physarales. La diversidad alfa mostró diferencias entre parques, con mayor riqueza en Caña Hueca y Joyyo Mayu, valores intermedios en FundaMAT y baja diversidad en el Parque del Oriente y Parque Patricia, con mayor equidad en los sitios más diversos. Las curvas de acumulación y estimadores no paramétricos indicaron un inventario incompleto, siendo la hojarasca el sustrato más efectivo. La diversidad beta evidenció un recambio de especies, agrupando a Caña Hueca, Joyyo Mayu y FundaMAT, y separando al Parque del Oriente y Parque Patricia por su composición distinta. En conjunto, estos resultados indicaron que, aunque los parques compartieron algunas especies de mixomicetes, existieron diferencias significativas en los patrones de abundancia y distribución, ya que están fuertemente influenciados por el sustrato y el microambiente local.

Palabras clave: Mohos mucilaginosos plasmodiales, composición de especies, diversidad de especies, cámara húmeda.

ABSTRACT

Myxomycetes are amoeboid protists that play a relevant role in decomposition processes and nutrient recycling in terrestrial ecosystems; however, their diversity in urban environments has been poorly documented in southeastern Mexico. The aim of this study was to assess the diversity and ecological parameters of myxomycete communities in five urban parks in Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. A total of 90 samples (18 per park) of leaf litter, twigs on soil and rough bark of living trees were collected and processed using the moist chamber culture method, and monitored for 12 weeks for the morphological identification of myxomycetes. A total of 22 myxomycete morphospecies were recorded, of which 20 were identified to species level, and 10 represent new records for the state. The most diverse order was Trichiales, followed by Physarales. Alpha diversity differed among parks, with higher species richness in Caña Hueca and Joyyo Mayu, intermediate values in FundaMAT, and low diversity in Parque del Oriente and Parque Patricia, with higher evenness in the most diverse sites. Species accumulation curves and non-parametric estimators indicated an incomplete inventory, with leaf litter being the most effective substrate. Beta diversity revealed species turnover among parks, grouping Caña Hueca, Joyyo Mayu, and FundaMAT, and separating Parque del Oriente and Parque Patricia due to their distinct species composition. Overall, these results indicate that although urban parks share some myxomycete species, significant differences in abundance and distribution patterns exist, strongly influenced by substrate type and local microenvironment.

Keywords: Plasmodial slime moulds, species composition, species diversity, moist chamber culture.

I. INTRODUCCIÓN

Los parques urbanos ofrecen diversos servicios ecológicos, ambientales y culturales, incluyendo beneficios sociales y para la salud humana (Paudel y States, 2023), aunque estos espacios verdes están influenciados por la actividad humana pueden actuar como importantes puntos de biodiversidad dentro del paisaje urbano, así como contribuir a la biodiversidad local (Nielsen *et al.*, 2014). A menudo, estos espacios son subestimados en términos de su riqueza y la mayoría de investigaciones se enfocan en taxones de grupos superiores como aves, artrópodos y plantas vasculares, con un limitado número de estudios que abordan la investigación de otros organismos como los protistas (Hosokawa *et al.*, 2019).

Actualmente, dentro del reino Protista se encuentran los mixomicetes (Adl *et al.*, 2018), los cuales están presentes de manera evidente en los entornos urbanos (Rincón-Marín *et al.*, 2021). A pesar del tamaño microscópico, estos organismos son depredadores microbianos de bacterias, levaduras y hongos, lo cual contribuye a los ciclos de nutrientes del suelo (Stephenson *et al.*, 2011; Keller *et al.*, 2022). Como tal, las perturbaciones que se dan con el avance de la urbanización en los bosques, afectan la presencia de mixomicetes en estos entornos (Wrigley de Basanta, 2000; Rojas y Stephenson, 2013), en consecuencia, podrían verse afectados los procesos ecológicos en los que participan.

A pesar de los desafíos que plantea la urbanización, los estudios han reportado una notable diversidad de mixomicetes en las ciudades. Estos organismos han demostrado una gran capacidad de colonización de una variedad de hábitats urbanos y sustratos (Wrigley de Basanta, 2000; Hosokawa *et al.*, 2019; Touray y Ergül, 2019). La investigación sobre la diversidad de mixomicetes en ciudades no solo revela su resiliencia, sino que también destaca la importancia de mantener, gestionar los espacios verdes urbanos para conservar la biodiversidad en todas sus formas.

En México, los estudios sobre estos organismos se han llevado a cabo por más de 120 años y se reconoce al país como uno de los territorios mejor estudiados en América (Lado y Wrigley de Basanta, 2008; Estrada-Torres *et al.*, 2009). Los

registros más exhaustivos y detallados corresponden a Tlaxcala, el Estado de México y Veracruz (Welden *et al.*, 1979; Galindo-Flores *et al.*, 1993; Rodríguez-Palma, 1998; Lado *et al.*, 2003). Sin embargo, la región sureste ha sido muy poco explorada y no se cuentan con estudios en ambientes urbanos. En este sentido, Chiapas es considerado uno de los tres estados con mayor diversidad de ecosistemas y especies de México (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015), no obstante, su mixobiota aún no está bien estudiada. De esta forma, Tuxtla Gutiérrez, capital del estado de Chiapas, puede representar un excelente punto de partida de la caracterización de la mixobiota urbana del sur de México, por tener una rica biodiversidad de flora y fauna (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI, 2010).

Con el fin de comprender mejor la mixobiota de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, este estudio pretende identificar y evaluar la diversidad de mixomicetes presentes en cinco parques urbanos, Parque Caña Hueca, Parque Joyyo Mayu, Parque FundaMAT, Parque Patricia y Parque del Oriente, asimismo, proporcionar el primer listado de mixomicetes de la ciudad.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MIXOMICETES

La historia taxonómica de los mixomicetes ha evolucionado a lo largo del tiempo debido a los avances en la biología. Inicialmente, los mixomicetes fueron observados y descritos como hongos, considerados plantas durante el siglo XVII y XVIII, las primeras contribuciones de botánicos consolidaron el conocimiento en la comprensión y clasificación de los mixomicetes (Ing y Stephenson, 2022).

A principios del siglo XIX Elias Magnus Fries introdujo el concepto de "estómagos mucilaginosos" basado en el plasmodio y dentro de los basidiomicetes los denominó como un suborden llamado Myxogastres (*Ibidem*). En ese mismo siglo, Carl Friedrich Wilhelm Wallroth y Heinrich Friedrich Link acuñaron el término Myxomycetes (*myxo*: mucílago; *myketes*: hongo) reemplazando el anterior, sin

embargo, el debate sobre la clasificación taxonómica de los mixomicetes continuó (Lado y Rojas, 2020; Chen, 2023).

Aproximadamente en 1859, Anton De Bary estableció la relación de estos organismos con los protozoos al estudiar el ciclo de vida, denominándose Mycetozoa (*mykes*: hongo y *zoon*: animal) (Lado y Rojas, 2020; Ing y Stephenson, 2022). En 1873 el alumno de De Bary, Józef Tomasz Rostafiński los separó del reino Fungi y propuso la primera clasificación considerando características microscópicas como el color de las esporas y el tipo de cuerpo fructífero, este primer sistema fue establecido como Clase Mycetozoa y una jerarquía de “cohors”, entre clases y órdenes, usando tribus para agrupar géneros (Rostafiński, 1873). No obstante, Lister reorganizó este sistema en 1894, y su hija Gulielma Lister realizó actualizaciones en ediciones posteriores, la más importante en 1925 (Ing y Stephenson, 2022; Chen, 2023).

La monografía de Martin y Alexopoulos de 1969, resume el conocimiento de los mixomicetes, consideraron a estos organismos como hongos, lo que influyó en su taxonomía (Lado y Eliasson, 2022). En 1975, Olive clasificó a los mixomicetes con base a la taxonomía animal, denominándose como subclase Myxogastria, sin embargo, el uso de terminología animal no fue ampliamente adoptado (Chen, 2023).

A finales del siglo XX y principios del siglo XXI los avances de la microscopía electrónica, biología celular y la genética molecular permitieron a los científicos clasificar a los mixomicetes en el reino Protozoa. De tal modo que, Cavalier-Smith en 2013 propuso un esquema de clasificación basado en criterios evolutivos y filogenéticos utilizando la nomenclatura zoológica (Ing y Stephenson, 2022).

El nombre “Myxomycetes” indica que estos organismos pertenecen al reino Fungi, pero no es así, actualmente, la clase mixomicetes pertenece al Supergrupo Amoebozoa dentro del Reino Protista (Kang *et al.*, 2017; Adl *et al.*, 2018; Leontyev y Schnittler, 2022; Moroz *et al.*, 2024).

Leontyev *et al.* (2019) hicieron un estudio basado en caracteres moleculares y morfológicos en el cual describen dos subclases de mixomicetes:

Collumellomycetidae, caracterizados por tener esporas de tonalidades oscuras y Lucisporomycetidae, que presentan esporas de aspecto brillante (Adl *et al.*, 2018).

El grupo Collumellomycetidae reúne a los mixomicetes de esporas de tonalidad oscura, los cuales presentan un capilicio conectado a una columela verdadera (Cavalier-Smith, 2013; Leontyev *et al.*, 2019). Esta subclase está conformada por cinco órdenes de acuerdo a Leontyev *et al.* (2019): Echinosteliales, Clastodermatales, Meridermatales, Stemonitidales y Physarales. La gran mayoría de las especies poseen un capilicio bien desarrollado y esporas de tonalidad marrón a negro (Leontyev *et al.*, 2019). Más tarde, se agrega un orden: Echinosteliopsidales, basado en investigaciones filogenéticas se une al grupo de esporas oscuras (Wijayawardene *et al.*, 2020). La subclase Lucisporomycetidae engloba los llamados mixomicetes de esporas brillantes, cuyas esporas no están notablemente melanizadas (Cavalier-Smith, 2013; Fiore-Donno *et al.*, 2013; Leontyev *et al.*, 2019), establecido por cuatro órdenes (Leontyev *et al.*, 2019): Cribariales, Reticulariales, Liceales y Trichiales (Leontyev y Schnittler, 2022).

2.2. IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Los mixomicetes tienen un impacto ecológico significativo al interactuar con el pH del suelo y la actividad microbiana, proporcionan información valiosa para entender y abordar cuestiones relacionadas con la gestión de sistemas de suelos agrícolas (Sibaja *et al.*, 2018). Al ser organismos heterótrofos (consumen bacterias y esporas de hongos), los mixomicetes influyen en la composición y abundancia de comunidades microbianas en su entorno, potencialmente ayudando a regular poblaciones bacterianas (Keller *et al.*, 2022). Además, su rápida tasa de ciclo de vida les permite adaptarse con agilidad a distintas condiciones, proporcionando datos significativos sobre la dinámica microbiana en los distintos tipos de entorno (Novozhilov *et al.*, 2022).

Las características funcionales de las especies de mixomicetes pueden variar según la estructura del bosque y la complejidad de los nichos ecológicos (Leonardo-Silva *et al.*, 2021). Esta adaptabilidad es evidente en su respuesta a perturbaciones

como los incendios forestales, donde muestran una notable resiliencia y un proceso de recuperación dependiente del sustrato en el que se desarrollan, lo que subraya la importancia de su estudio para la conservación de estos ecosistemas (Stephenson *et al.*, 2021). Además, los ecotonos, al ser zonas de transición entre ecosistemas, influyen en los patrones ecológicos de los mixomicetes, aunque la intensidad y dirección de este efecto dependen del tipo de bosque, lo cual destaca la necesidad de estudios específicos en diversos contextos ecológicos (Rojas *et al.*, 2021).

2.3. MODOS DE VIDA

Generalmente, los plasmodios y cuerpos fructíferos se pueden encontrar en el campo después de la lluvia, creciendo sobre madera en descomposición, en hojarasca y plantas. Algunos organismos están asociados con las inflorescencias de grandes árboles tropicales (Schnittler y Stephenson, 2002); los mixomicetes también se cultivan fácilmente en el laboratorio con la técnica de cámara húmeda (Wellman, 2020).

Los mixomicetes tienen un ciclo de vida peculiar que involucra dos fases tróficas muy diferentes: Una espora que se ha liberado de un cuerpo fructífero da origen a uno o más protoplastos haploides, estas pueden ser células flageladas o mixamebas (sin flagelos). Las mixamebas o células flageladas se multiplican por mitosis, generando una población extensa de células, las células compatibles se fusionan en pares (singamia), originando cigotos mediante cariogamia. Los cigotos experimentan divisiones mitóticas sincronizadas, sin citocinesis, formando el plasmodio (Figura 1) (Lado y Rojas, 2020).

El plasmodio es una masa gelatinosa que se mueve en busca de alimento y puede crecer a tamaños visibles a simple vista, a veces alcanzando varios centímetros de diámetro. Este plasmodio, en condiciones específicas experimenta reproducción sexual, formando las estructuras reproductivas llamadas esporóforos que contienen las esporas (Treviño-Zevallos y Lado, 2022).

La meiosis generalmente tiene lugar en esporas jóvenes, donde tres de los cuatro núcleos meióticos se desintegran, dando origen a una espora madura, haploide y con un solo núcleo. Una vez que las esporas están maduras, el esporangio se abre y libera las esporas al ambiente (Lado y Rojas, 2020). Estas esporas pueden ser dispersadas por el viento, el agua o a través del contacto con otros organismos. Cuando una espora encuentra un ambiente adecuado, germina y da origen a una nueva ameba, reiniciando el ciclo de vida. En situaciones desfavorables, las fases móviles (mixamebas y plasmodios) pueden convertirse en formas de resistencia, conocidas como microcisto (microquiste) y esclerocios (Stephenson y Stempen, 1994).

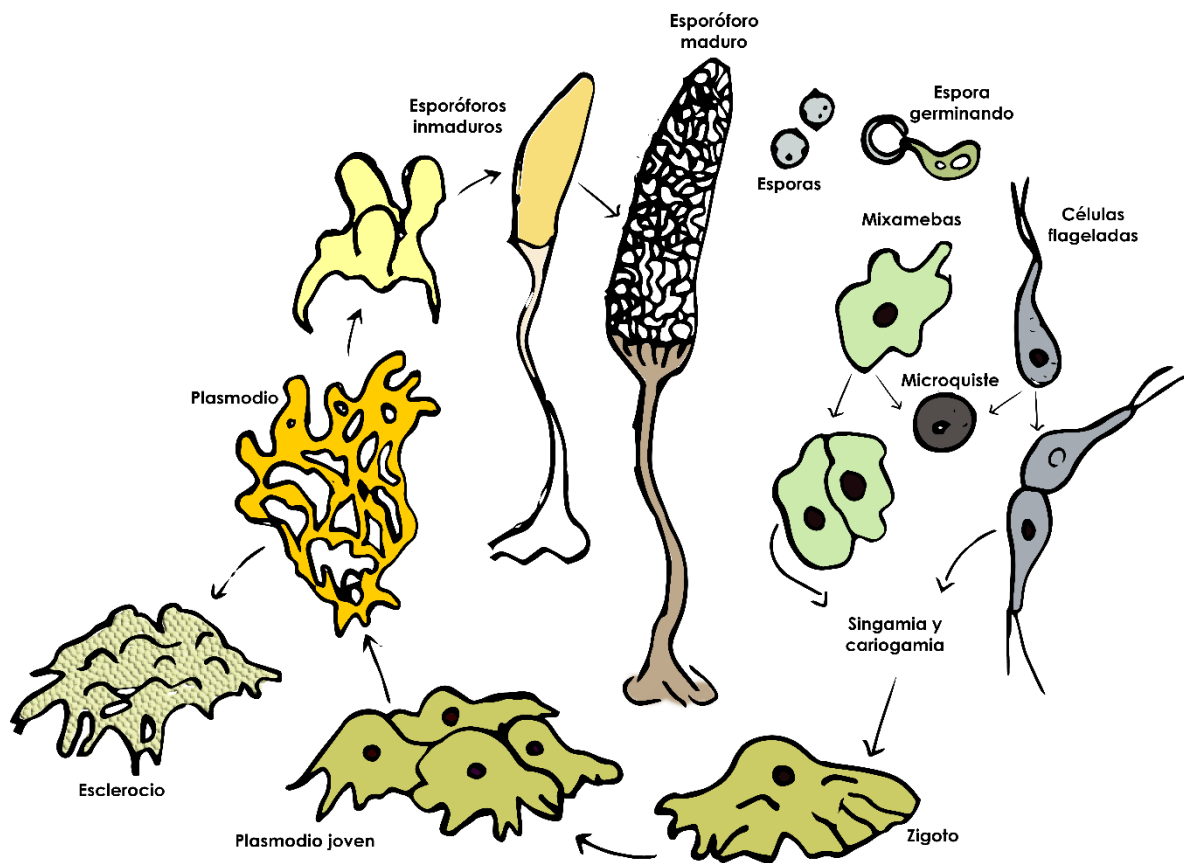


Figura 1. Ciclo de vida de un mixomicete. Ilustración propia.

2.4. MORFOLOGÍA

La morfología de los mixomicetes es diversa y compleja, reflejando su ciclo de vida único que incluye tanto etapas móviles como estacionarias. El plasmodio de los mixomicetes es una masa de protoplasma unicelular, multinucleada y móvil. En las etapas tempranas de su desarrollo, los distintos tipos de plasmodios son amorfos y similares entre sí, pero con el tiempo se diferencian claramente (Gray y Alexopoulos, 1968).

El esporóforo se forma en la fase reproductora sexual, siendo la principal unidad de dispersión. Los esporóforos corresponden a la estructura portadora de esporas, también es conocido como cuerpo fructífero (Keller, 2021; Treviño-Zevallos, 2021). Las características de los esporóforos y sus esporas se utilizan para identificar especies, pueden variar de forma, tamaño y color según la especie, con partes estructurales internas que se utilizan para identificar especies (Keller *et al.*, 2022).

2.4.1. Tipos de plasmodios

Se reconocen tres tipos principales de plasmodio (Figura 2) (Lado y Rojas, 2020; Stephenson, 2021; Treviño-Zevallos, 2021; Keller *et al.*, 2022):

- Protoplasmodio: Del Gr. *protos* = primero + plasmodio, es el tipo de plasmodio de apariencia granular y tamaño microscópico (menos de 1 mm de diámetro), hialinos, no desarrollan venas y generalmente producen un único y pequeño esporóforo o cuerpo fructífero. Se considera el más primitivo y se encuentra en especies pertenecientes a los órdenes Cribrariales y Echinosteliales.
- Afanoplasmodio: Del Gr. *aphanes* = invisible + plasmodio, este tipo de plasmodio es generalmente hialino e inconspicuo, formado por una red de hebras aplanadas, filamentosas y finas venas transparentes. Usualmente se desarrolla en el interior o entre los intersticios del sustrato, concentrándose en la superficie sólo durante la fructificación. Se encuentra exclusivamente

en especies del orden Stemonitidales y los géneros *Comatricha*, *Lamproderma* y *Stemonitis*.

- **Faneroplasmodio:** Del Gr. *phaneros* = visible + plasmodio, es el tipo más común de plasmodio, más grande y colorido, caracterizado por una red muy visible de venas que terminan en un frente de avance en forma de abanico, donde se concentra el protoplasma. Generalmente producen muchos cuerpos fructíferos cubriendo un área extensa. Este tipo de plasmodio es típico del orden Physarales.

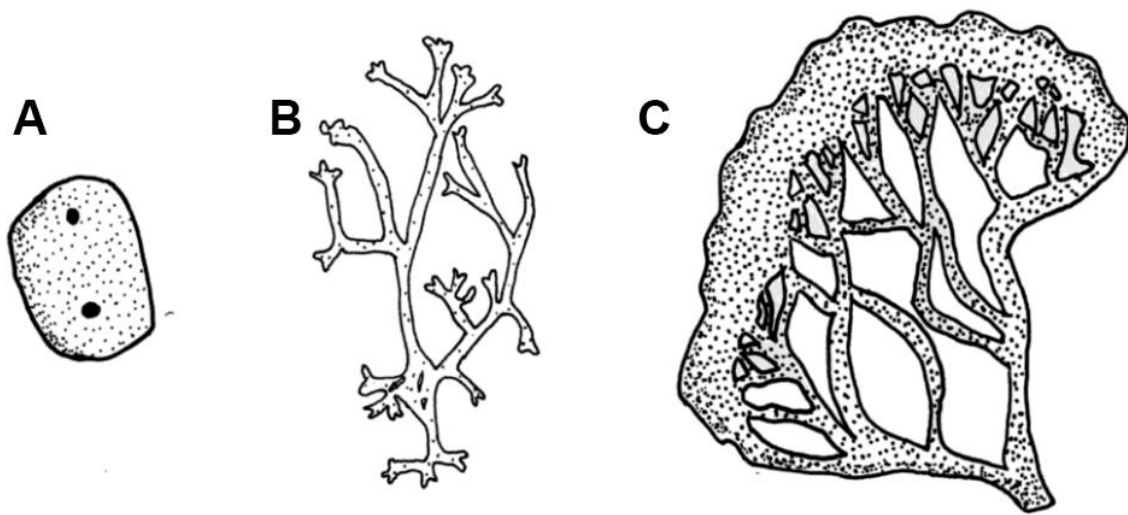


Figura 2. Tipos de plasmodios de mixomicetes, A: protoplasmodio; B: afanoplasmodio y C: faneroplasmodio. Tomado de López-Sánchez *et al.* (1986).

2.4.2. Tipos de esporóforos

Se reconocen cuatro tipos de esporóforos: esporangio o esporocarpio, etalio, pseudoetalio y Plasmodiocarpio (Figura 3) (Farr, 1976; Lado y Rojas, 2020; Stephenson, 2021; Keller *et al.*, 2022):

- **Esporangio o esporocarpio:** Comúnmente tiene formas subglobosas o alargadas, pero también se encuentran en una amplia variedad de formas y colores diferentes, asimismo pueden ser macroscópicos y microscópicos, suelen encontrarse sobre el sustrato de formas estipitadas.

- Etalio: Este tipo de esporóforo es el más conocido debido al tamaño grande que tienen, suelen ser sésiles y están envueltos en una cubierta que puede estar compuesta por peridios fusionados o una capa de esporóforos llenos de esporas. Sin embargo, esta cubierta puede estar ausente o ser muy reducida si los esporóforos se han desarrollado en un ambiente húmedo. Los géneros *Fuligo* y *Lycogala* presentan estos cuerpos fructíferos.
- Pseudoetalio: Son estructuras similares entre etalios y esporangios, pero está formada por numerosos esporangios individuales que se han desarrollado muy juntos y se han agrupado. Los esporangios individuales están fusionados sólo parcialmente en las especies de *Tubifera*.
- Plasmodiocarpo: Son estructuras grandes que se pueden ver a simple vista, generalmente mantienen la forma venosa del plasmodio del que se origina. Es un cuerpo fructífero sésil, alargado y a veces ramificado, uno de los mejores ejemplos de plasmodiocarpo es *Hemitrichia serpula*.

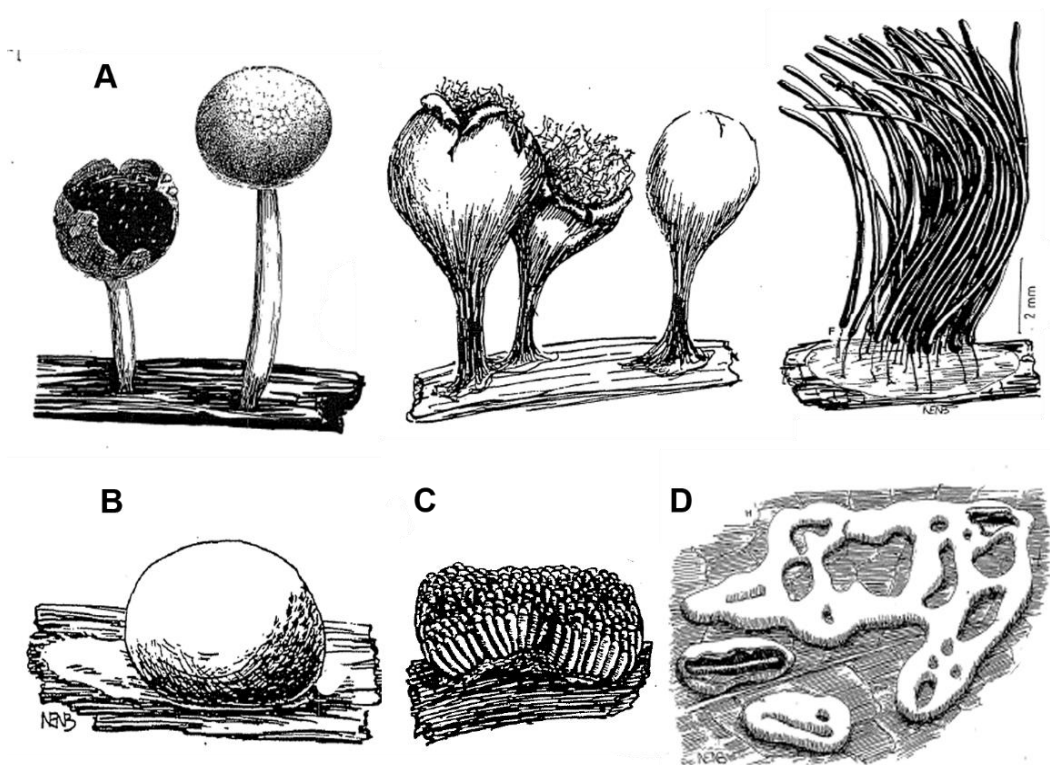


Figura 3. Tipos de esporóforos, A: esporangios o esporocarpos; B: etalio; C: pseudoetalio; D: plasmodiocarpo. Tomado de Nannenga-Bremekamp (1974).

2.4.3. Partes del esporóforo

Estas características morfológicas permiten a los mixomicetes adaptarse a una amplia variedad de hábitats, por lo que es muy importante para su identificación y clasificación (Figura 4). La morfología de los esporóforos, en particular, es una característica clave para distinguir entre las diferentes especies de mixomicetes (Clark y Haskins, 2014, 2016; Lado y Rojas, 2020; Stephenson, 2021; Keller *et al.*, 2022).

- **Esporoteca:** Es la parte del esporóforo que contiene las esporas, también es llamado esporocisto o caja de esporas. Puede tener diversas formas como globoso, ovoide, cilíndrico, elíptico, oblongo o tubiforme, con textura, liso, rugoso, espinoso, reticulado o verrugoso. Está formada por el peridio, el capilicio, la columela y las esporas.
- **Peridio:** Es la cubierta estructural externa que protege las esporas dentro de la esporoteca. Puede tener depósitos de cal embebidos o incrustados. Suele ser delicada, membranosa, gruesa o coriácea, en la madurez puede ser monocapa, doble o triple, dependiendo de la especie. En ocasiones, en la dehiscencia del peridio persisten los restos basales como un cálculo, el cual generalmente tiene forma de copa y envuelve la masa de esporas. La presencia o ausencia del cálculo es clave para la identificación de ciertos grupos de mixomicetes
- **Capilicio:** Consiste en un sistema de filamentos delgados, simples o ramificados que generalmente se unen a la columela, pseudocolumela o al peridio interno. Forman una red entremezclada única o con muchos elementos libres llamados eláteres. El capilicio puede ser liso, esculpido o espinoso; fibroso, elástico, rígido o tubular, presente en la mayoría de mixomicetes. Además, ayudan en la dispersión de las esporas al romperse el peridio.
- **Espora:** Es la unidad reproductiva haploide con paredes microscópicas, se localizan en el interior de la esporoteca, entremezclándose con el capilicio.

Generalmente tienen forma subglobosa, elipsoide o irregular, pueden ser lisas, equinuladas, reticuladas o tener otro tipo de ornamentación, depende de la especie. El tamaño, forma y color de las esporas son caracteres de gran importancia taxonómica. El tamaño oscila entre 5-20 μm de diámetro.

- **Columela:** Es una estructura en forma de alargamiento, cúpula o esférica del estípite en el interior de la esporoteca. Cuando está presente, es una parte importante de la descripción de la especie. Esta estructura está ausente en los miembros de Liceales y Trichiales. La pseudocolumela es una estructura parecida a una columela que resulta de la concentración de los nódulos calcáreos del capilicio, pero no se adhiere al estípite.
- **Estípite (si está presente):** Es la estructura que soporta la esporoteca en algunas especies. Puede variar en longitud, grosor y color, pueden ser cilíndricos o cónicos, liso o rugoso. Está formada por el hipotalo y la columela, en algunas especies con esporangios sésiles el estípite es reducido y está formado únicamente por el hipotalo.
- **Hipotalo:** Es una estructura depositada por el plasmodio que forma una extensión del estípite al sustrato. Sirve para elevar la esporoteca que contiene las esporas para una mejor dispersión, mientras que la columela es una extensión del estípite hacia la esporoteca. El hipotalo puede ser discoide o membranoso, continuo o discontinuo.

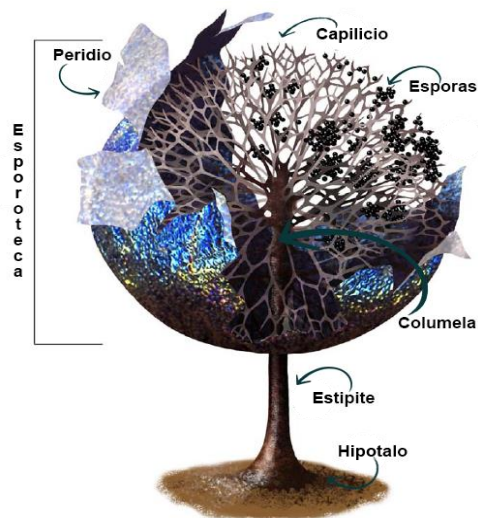


Figura 4. Morfología de un esporóforo de mixomicete. Modificado de Stephenson (2021).

2.5. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN LA REPRODUCCIÓN DE LOS ESPORÓFOROS

La definición de microhábitat se refiere a un pequeño parche uniforme de un hábitat donde hay uniformidad en condiciones tanto abióticas como bióticas (Stephenson, 1988; Novozhilov *et al.*, 2022). Generalmente, la formación de esporóforos se produce esporádicamente dentro de un área determinada, tanto temporal como espacial, en donde interactúan diferentes variables bióticas y abióticas como la humedad, la temperatura, la disponibilidad de sustrato, el pH del sustrato, los gradientes de vegetación, la estacionalidad y la variación de las fuentes de alimentos como las bacterias (Martin y Alexopoulos, 1969; Rollins y Stephenson, 2011).

Los cuerpos fructíferos o esporóforos de los mixomicetes suelen aparecer en cualquier lugar donde se produzca suficiente materia orgánica en descomposición, junto con niveles adecuados de humedad y temperatura moderadas (Keller y Braun, 1999). Algunos de los sustratos preferidos para los mixomicetes son troncos en descomposición, estiércol de animales herbívoros, hojarasca o material vegetal en descomposición, cortezas de árboles vivos y enredaderas, sin embargo, la reproducción de estos organismos, particularmente la formación de esporóforos, constituye un aspecto crucial de su ciclo de vida. No obstante, esta reproducción está intrínsecamente ligada a una serie de variables del microhábitat que influyen en su viabilidad y éxito (Rollins y Stephenson, 2011; Keller, 2021).

2.5.1. Temperatura y humedad

La temperatura y la humedad son dos variables ambientales que influyen en la reproducción y el desarrollo de los esporóforos de los mixomicetes. En un estudio realizado en un bosque tropical premontano de Turrialba, Costa Rica, se observó que las variables climáticas individuales no se asociaron significativamente con las especies de mixomicetes. Sin embargo, la combinación de la precipitación acumulada y la humedad relativa explicó gran parte de la dinámica de los

esporóforos, evidenciando la importancia de considerar factores ecológicos en conjunto para entender su ecología (Rojas *et al.*, 2021).

Además, investigaciones previas como la de Schnittler y Novozhilov (1998), demuestran que los esporóforos de *Barbeyella* pueden desarrollarse en temperaturas frías de entre 0 °C y 10 °C, indicando la capacidad de tolerar y desarrollarse en condiciones de frío extremo, lo que amplía el conocimiento sobre la adaptabilidad de los mixomicetes a diferentes condiciones de temperatura.

Asimismo, Takahashi *et al.*, (2019) demostraron que la estructura de las comunidades de mixomicetes en Japón, varía en función de los gradientes de temperatura relacionados con la latitud y altitud. Lo que representa que los cambios de temperatura y humedad pueden afectar los entornos urbanos y la interacción de ambos factores crea microhábitats que influyen en la diversidad y distribución de los mixomicetes de esos espacios, lo que los convierte en puntos de interés para estudios sobre su ecología en ambientes antropogénicos.

2.5.2. pH del sustrato

A su vez, el pH de los sustratos puede afectar la composición y distribución de mixomicetes, por ejemplo, *Arcyria cinerea* se encuentra comúnmente en sustratos que abarcan un amplio rango de pH tanto en cámaras húmedas y en campo. Mientras que otras como *Paradiacheopsis fimbriata* y el género *Comatricha*, tienden a estar limitadas a un rango más específico de pH (Stephenson, 2021; Novozhilov *et al.*, 2022).

A pesar de que muchas especies de mixomicetes pueden tolerar un rango amplio de pH, no todas lo hacen. Investigaciones como las de Stephenson (1989) y Wrigley de Basanta (2004), demostraron que diferentes especies tienen preferencias específicas, es decir, algunas prosperan en sustratos ácidos, mientras que otras no pueden desarrollarse en condiciones de pH bajo. Esto sugiere que el pH es uno de los factores en la ecología de los mixomicetes, afectando la disponibilidad de nutrientes para estos organismos, lo que puede influir en la

capacidad de formar esporóforos y completar su ciclo de vida (Wrigley de Basanta, 2004; Novozhilov *et al.*, 2022).

Takahashi (2024), demostró que la pérdida de bosque por urbanización afecta el pH de la corteza de los árboles, lo que a su vez influye en la estructura de las comunidades de mixomicetes cortícolas, y que este pH varía según factores de urbanización, aunque sin una pérdida significativa de diversidad de especies. Sin embargo, a pesar que algunos estudios han observado asociaciones específicas entre ciertas especies y sus sustratos, aún no se comprende del todo qué factores determinan esta especificidad ecológica, en consecuencia, las diferencias de pH no parecen representar una explicación importante para el patrón de diversidad (Novozhilov *et al.*, 2022).

2.5.3. Disponibilidad de sustrato

La disponibilidad de sustratos es fundamental para la reproducción de los esporóforos de mixomicetes, ya que determina tanto la fuente de nutrientes como el hábitat donde se desarrolla. Encontrar cuerpos fructíferos o esporóforos en un sustrato no garantiza que el organismo haya estado viviendo en o sobre ese sustrato, además, los patrones de asociación de algunas especies con ciertos sustratos como la madera, corteza y hojarasca, no pueden atribuirse al azar. Sin embargo, todavía no se entienden completamente los factores que determinan esta especificidad (Rollins y Stephenson, 2011).

Este fenómeno ha sido estudiado en áreas tropicales por Rojas y Valverde (2015), quienes compararon mixomicetes lignícolas en bosques secos y húmedos, fundamentado por modelos de abundancia y datos de campo, observaron que los bosques secos parecen ser más favorables para la producción de esporóforos en comparación con los bosques húmedos. Los autores sugieren que, en los bosques secos, la calidad del sustrato, la menor presión de factores externos y las variables ambientales brindan un entorno más estable o adecuado para que los mixomicetes completen su ciclo de vida.

Además, la menor competencia por recursos en estos entornos y la variabilidad en las condiciones climáticas juegan un papel crucial en la dinámica de fructificación. Factores como la precipitación irregular y la menor humedad relativa en los bosques secos podrían favorecer la coexistencia de más especies especializadas en el uso de los sustratos disponibles (Rojas y Valverde, 2015). Esto sugiere que el clima y la estructura del ecosistema no solo influyen en la producción de esporóforos, sino también en la composición y riqueza de las comunidades de mixomicetes.

Por otro lado, un estudio enfocado en la diversidad de mixomicetes que están asociados con el género de coníferas *Callitris* en Australia, documentaron que la corteza, conos y hojarasca son sustratos importantes para estos organismos. Aunque el pH no varía significativamente entre los sustratos, otros factores no determinados parecen influir en la distribución de las especies (Stephenson *et al.*, 2023). Este estudio refuerza la idea de que los sustratos, como los cipreses en el estudio anterior, juegan un papel clave en la ecología y biogeografía de los mixomicetes.

2.6. BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN

Los mixomicetes son pequeños, pero hay colonias de cuerpos fructíferos o plasmodios que se pueden distinguir a simple vista. Suelen crecer cerca del suelo por lo que la búsqueda y recolecta es simple con algunas herramientas como una lupa de costurero, una navaja o tijeras de poda. La búsqueda de mixomicetes es más efectiva después de periodos de lluvia, ya que la humedad promueve el crecimiento de estos organismos. Además, los mixomicetes habitan en una variedad de sustratos, por lo que es importante explorar en diferentes zonas del hábitat para capturar la diversidad de mixomicetes presentes.

La recolección implica extraer una muestra de los sustratos o parte de la colonia de esporóforos para un estudio detallado posterior. Dependiendo del lugar donde se realiza la recolección: en campo o en el laboratorio, la técnica a emplear es distinta, aunque algunos de los pasos son similares (Novozhilov *et al.*, 2022).

Documentar cada sitio de recolección, como coordenadas GPS, tipo de sustrato, variables ambientales, y fotografías, es valiosa para estudios posteriores y para la conservación de los datos ecológicos asociados a cada especie de mixomicete recolectado.

2.6.1. Recolección en campo

Primeramente, la selección del área de estudio, como el hábitat o microhábitat, y el método de muestreo, ya sea aleatorio o sistemático, pueden ayudar a mejorar la representatividad del estudio. El método más común consiste en explorar de manera sistemática todos los sustratos vegetales conocidos, o grupos de sustratos, donde es probable que estos organismos se desarrollen (Wrigley de Basanta y Estrada-Torres, 2022).

Una vez encontrados los esporóforos, la recolección se realiza de manera directa extrayendo pequeñas porciones del sustrato donde fructifican naturalmente o recolectando el plasmodio para su posterior cultivo en cámara húmeda (Stephenson y Stempen, 1994).

Se recomienda colocarlos en una caja de plástico con compartimentos individuales o cajas pequeñas de cartón, para ser transportadas. El uso de cajas de plástico reutilizables es común para transportar y almacenar las muestras. Sin embargo, es esencial limpiarlas cuidadosamente después de cada uso, eliminando cualquier resto vegetal y esporas residuales (Lado y Rojas, 2020). Esta limpieza evita la contaminación de nuevas muestras, ya que las esporas de los mixomicetes pueden sobrevivir en el interior de las cajas y afectar el crecimiento de las especies recién recolectadas.

Una vez obtenidos los sustratos con esporóforos se dejan secar a temperatura ambiente y luego se pegan en una base de cartón que permita colocarlos dentro de una caja pequeña de cartón, generalmente los recolectores utilizan cajas de cerillos (Lado y Rojas, 2020).

Es importante tomar los datos del tipo de sustrato sobre el que se produjeron los esporóforos, la localidad donde se recolectó, la fecha de recolección, el nombre

y número del recolector y cualquier observación visual relevante (Stephenson, 2021). Esto contribuye a enriquecer el contexto de los datos y facilita el análisis de patrones ecológicos asociados a los mixomicetes. Esta metodología permite obtener datos importantes sobre el hábitat de los mixomicetes (Lado y Rojas, 2020).

2.6.2. Recolección en el laboratorio

Se inicia recolectando sustratos o bien, sustratos con plasmodios recolectados en campo y son transportados hasta el laboratorio en sobres de papel o contenedores de plástico, etiquetados por separado. Algunos ejemplos de sustratos son trozos de madera muerta, ramas muertas, hojarasca u hojarasca que se han quedado en los huecos de los árboles, trozos de corteza preferentemente rugosa, se recomienda no alterar el tejido vivo de los árboles (Stephenson y Stempen, 1994; Lado y Rojas, 2020; Nannenga-Bremekamp y Lado, 2022).

Se preparan las cámaras húmedas el cual consiste en cualquier tipo de recipiente que se pueda cubrir con una tapa, pero para estudios específicos se recomienda utilizar cajas Petri de plástico desechables. Dentro del recipiente se coloca papel filtro o un trozo de papel absorbente, cortados al tamaño apropiado del fondo del recipiente. Luego se colocan las muestras de sustrato dentro del recipiente, los trozos de corteza no deben superponerse entre sí (Stephenson y Stempen, 1994).

Una vez colocado el sustrato, se añade suficiente agua destilada o del grifo para cubrir el material de muestra, posteriormente se mide el pH y se coloca la tapa. Se deja reposar durante 24 horas para que el material absorba suficiente agua, después se mide el pH del agua. Cada recipiente debe etiquetarse y al siguiente día se debe retirar el exceso de agua con una pipeta dejando una película de agua. Si se utilizan cajas Petri pueden apilarse, todo cultivo debe dejarse bajo una luz difusa y temperatura ambiente normal sin luz del sol directa (Stephenson y Stempen, 1994; Nannenga-Bremekamp y Lado, 2022).

A las 24 horas se inicia la observación del cultivo con la ayuda del estereomicroscopio. Para mantener la humedad se recomienda que el cultivo se

mantenga tapado cuando no se esté observando. La humedad debe controlarse periódicamente, si es necesario agregar agua para mantener condiciones óptimas (Lado y Rojas, 2020).

La duración de la observación puede extenderse hasta tres meses y la frecuencia de examinación depende del investigador. Durante este tiempo, es posible observar el desarrollo completo de los mixomicetes, desde el plasmodio hasta la formación de los esporóforos. Cuando los esporóforos están maduros se retira el fragmento de sustrato donde está, dejando el resto del cultivo para continuar su desarrollo (Stephenson, 2021). La muestra recolectada se coloca en una caja y se maneja igual que una muestra de campo (Lado y Rojas, 2020).

Es recomendable numerar cada placa de Petri y llevar un registro detallado en un cuaderno de laboratorio o base de datos (Lado y Rojas, 2020). Esto incluye la fecha de inicio del cultivo, tipo de sustrato y su origen, fechas y características del desarrollo como las apariciones de plasmodios, su color y las fechas de fructificación, duración del proceso y tiempo de maduración de los esporóforos, identificación de especies y observación de asociaciones entre ellas, además de parámetros de control como pH al inicio y al momento de obtener los esporóforos, temperatura y cualquier otra variable de interés para la experimentación.

Investigaciones como las de Novozhilov *et al.* (2000) han demostrado que el uso de cámaras húmedas permite estimar la riqueza y diversidad de mixomicetes en condiciones controladas, lo cual es útil para hacer comparaciones entre distintos ecosistemas y evaluar el impacto de factores ambientales en sus comunidades. Este sistema de seguimiento no solo facilita el control de las condiciones de cada cultivo, sino que también es fundamental para analizar patrones de desarrollo y comparar experimentos o resultados de diferentes muestras.

2.7. MIXOMICETES EN PARQUES URBANOS

Los parques urbanos actúan como reservorios de biodiversidad en medio de entornos altamente antropizados (Niemelä, 2014). La presencia de mixomicetes en estos espacios verdes es un indicador de la salud del ecosistema, ya que estos

organismos son sensibles a los cambios en el medio ambiente (Rojas y Stephenson, 2008). Su existencia en los parques sugiere un equilibrio ecológico y una buena calidad del suelo y la materia orgánica disponible, lo cual es crucial para el mantenimiento de otras formas de vida (Hosokawa *et al.*, 2019).

Además, los mixomicetes juegan un papel esencial en los ciclos de nutrientes. A través de su actividad de descomposición, contribuyen a la descomposición de la materia orgánica (Dagamac y de la Cruz, 2015). Este proceso ayuda a mantener la fertilidad del suelo en los parques urbanos, lo que a su vez sostiene la flora y fauna local. En un entorno urbano, donde el suelo puede estar compactado y contaminado, la actividad de los mixomicetes es vital para mejorar y mantener la calidad del suelo (Rojas y Stephenson, 2008; Hosokawa *et al.*, 2019).

Desde una perspectiva científica, el estudio de los mixomicetes en parques urbanos ofrece valiosa información sobre la biodiversidad y la dinámica de los ecosistemas urbanos (Hosokawa *et al.*, 2019). Estos organismos son relativamente fáciles de recolectar y estudiar, lo que los convierte en excelentes modelos para investigaciones sobre ecología y biogeografía (Hoppe y Kutschera, 2010). Además, el conocimiento obtenido puede ser aplicado en la conservación y manejo de estos espacios verdes, promoviendo prácticas que favorezcan la biodiversidad y la resiliencia de los ecosistemas urbanos.

Finalmente, la presencia y estudio de los mixomicetes en parques urbanos también tienen un valor educativo. Pueden ser utilizados como herramientas para educar al público sobre la importancia de los microorganismos en los ecosistemas y para fomentar una mayor apreciación y conservación de los espacios verdes en las ciudades (Stephenson y Stempen, 1994). La sensibilización sobre la diversidad biológica y sus roles ecológicos puede incentivar a los ciudadanos a participar activamente en la protección y mejora de los parques urbanos.

2.8. IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS EN LA DIVERSIDAD DE MIXOMICETES EN LOS PARQUES URBANOS

La diversidad de mixomicetes en los parques urbanos está profundamente influenciada por diversas actividades humanas. Estos organismos, que desempeñan un papel crucial en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes (Keller *et al.*, 2022), pueden verse afectados de múltiples maneras debido a la urbanización, la contaminación, las prácticas de manejo de parques y las interacciones con otros organismos (Niemelä, 2014). Entender estos impactos es esencial para la conservación de la biodiversidad en los entornos urbanos.

2.8.1. Efectos de la urbanización

La urbanización, caracterizada por la expansión de áreas construidas y la fragmentación de hábitats naturales, tiene un efecto variable en la diversidad de mixomicetes. A medida que las ciudades crecen, los espacios naturales se reducen y se fragmentan, creando parches aislados de vegetación dentro de un paisaje predominantemente urbano (Paudel y States, 2023). Sin embargo, los estudios actuales indican que la fragmentación urbana no limita la dispersión de los mixomicetes, las esporas son capaces de desplazarse a largas distancias por corrientes de aire, manteniendo comunidades diversas incluso en ambientes antropizados (Schnittler *et al.*, 2022; García-Chaves *et al.*, s.d.). Estos organismos, no parecen estar limitados por la fragmentación, más bien parecen aprovechar los parches aislados de vegetación como refugios ecológicos (Hosokawa *et al.*, 2019). En este sentido, los efectos de la urbanización no limitan la diversidad aparente de especies de mixomicetes, ya que esta parece depender de la disponibilidad y calidad de sustratos (Rojas *et al.*, 2022).

2.8.2. Contaminación y calidad del suelo

En las áreas urbanas, la contaminación del aire, el agua y el suelo alteran el microambiente en el que proliferan los mixomicetes (Snell y Keller, 2003), sin embargo, la respuesta a estos factores no siempre resulta negativa en estos organismos. Por ejemplo, algunos de ellos pueden actuar como bioindicadores

ambientales, tal es el caso de *Fuligo septica*, en el que su pigmento amarillo del plasmodio (fuligorubina A) se asocia a las concentraciones de Zinc (Latowski *et al.*, 2008), lo que evidencia la resistencia a Mercurio y otros metales pesados que pueden estar presentes en ciertos sitios como los parques urbanos. Asimismo, Kryvomaz *et al.* (2016), han reportado especies de mixomicetes nivícolas que pueden acumular metales altamente tóxicos, no obstante, las conclusiones sugieren que los mixomicetes son menos sensibles a la contaminación de lo que se pensaba.

Por otra parte, el trabajo de Rojas *et al.* (2025), realizado en un área metropolitana en Costa Rica, estos autores encontraron correlaciones moderadas entre la diversidad de mixomicetes, elementos químicos y variables de calidad de aire, pero no observaron un efecto contundente que limite su presencia. Más bien, los resultados proponen que la contaminación puede alterar la composición, pero no necesariamente reducir la riqueza, y que la presencia de estos organismos parece estar influenciada por otros aspectos ecológicos (Rojas-Alvarado *et al.*, 2025).

2.8.3. Manejo y mantenimiento de parques

Las prácticas de manejo y mantenimiento de los parques urbanos, como el riego, la poda, la eliminación de hojas y el uso de pesticidas y fertilizantes, también tienen un impacto considerable en los mixomicetes. Diversos estudios señalan que la diversidad de los mixomicetes depende más del tipo y la condición del sustrato, así como la calidad del nicho donde estos organismos se desarrollan (Hosokawa *et al.*, 2019; Rojas *et al.*, 2025). La reducción de materia orgánica o residuos vegetales, limitan la oferta de sustratos para las fases necesarias del ciclo de vida de los mixomicetes.

Por otro lado, la corteza de los árboles urbanos funciona como microhábitat cuya composición cambia con la urbanización, estudios como el de Takahashi *et al.* (2025) señalan que las variaciones de pH de la corteza y la pérdida de cobertura arbórea modifican las comunidades de mixomicetes. Otro estudio en un jardín de azotea, evidenció que los mixomicetes están presentes en lugares sometidos a manejo intensivo, caracterizados por riego controlado, remoción periódica de

detritos y poda frecuente (Accad *et al.*, 2023). Además, trabajos realizados sobre la ecología y distribución de los mixomicetes resaltan que el éxito ecológico depende considerablemente del suelo, humedad, y de la composición del material vegetal o sustrato (Novozhilov *et al.*, 2022).

De este modo, la remoción de hojarasca, el desmonte, poda de ramas de árboles y el levantamiento de sustratos en descomposición reducen la disponibilidad de microhábitats, afectando la humedad, la retención de materia orgánica y la diversidad de nichos, estas y otras prácticas juegan un papel determinante en la permanencia de comunidades dependientes de materia orgánica.

2.8.4. Interacción con otros organismos

Las interacciones con otros organismos presentes en los parques urbanos también juegan un papel crucial en la diversidad de mixomicetes. La presencia de diversas plantas, animales y microorganismos crea un entorno complejo donde los mixomicetes deben competir por recursos y espacio (Stephenson y Stempen, 1994; Lado y Rojas, 2020). Las plantas y sus residuos proporcionan los sustratos necesarios para el desarrollo de los mixomicetes, mientras que los animales pueden influir en la dispersión de sus esporas. Sin embargo, la introducción de especies exóticas o invasoras puede alterar estas interacciones, compitiendo por recursos o cambiando factores ecológicos de manera que se desfavorece a las especies locales de mixomicetes (Keller *et al.*, 2022; Novozhilov *et al.*, 2022).

III. ANTECEDENTES

3.1. ESTUDIOS DE MIXOMICETES URBANOS EN EL MUNDO

La presencia de mixomicetes en ambientes urbanos es una observación esperada y coherente con investigaciones previas sobre el tema. Así lo ha señalado Wrigley de Basanta (2000), al evaluar el efecto de la contaminación atmosférica utilizando mixomicetes que crecen en corteza de *Quercus ilex* de zonas urbanas de Madrid. La autora encontró que en zonas menos contaminadas había más variedad de especies. Por otro lado, estudios en áreas urbanas con vegetación similar también

han identificado una rica diversidad de mixomicetes. Por ejemplo, Chen *et al.* (2005) identificaron 36 especies y cuatro variedades de 17 géneros en un bosque secundario del sur de la ciudad de Taipéi, Taiwán, donde la mayoría de los ejemplares fueron recolectados en hojarasca. Estos hallazgos sugieren que, incluso en entornos urbanos, es posible encontrar una notable diversidad de mixomicetes, lo que destaca la capacidad de estos organismos para adaptarse a distintos niveles de contaminación y variabilidad ambiental.

Por otro lado, en el estudio realizado por Hosokawa *et al.* (2019) se determinó que el grado de urbanización no afecta la diversidad de mixomicetes y que la presencia o ausencia está afectada por la temperatura. Estos autores identificaron 23 especies en cuatro tipos de sustratos en parques de Sidney, Australia. Igualmente, Rincón-Marín *et al.* (2021) demostraron que el grado de urbanización está asociado con el número de registros, pero no con el número de especies de mixomicetes en San José, Costa Rica. Este mismo grupo de investigadores observó que para la ciudad de Medellín, Colombia, las corrientes de aire pueden influir en la distribución de los mixomicetes en condiciones urbanas.

Un estudio aún más reciente se elaboró en el Área Metropolitana de Costa Rica (Rojas *et al.*, 2025) retomó los patrones identificados en trabajos previos sobre los mixomicetes urbanos, señalaron que la distribución de los mixomicetes en ciudades está regulada tanto por controles primarios (microhábitats disponibles) como por controles secundarios (contaminación y química del sustrato), lo cual abre nuevas perspectivas sobre la respuesta de estos organismos a condiciones urbanas complejas.

De igual importancia, un estudio aún no publicado abarcó zonas urbanas y rurales de Colombia, aporta nueva evidencia sobre los mixomicetes urbanos en el Neotrópico. García-Chaves *et al.* (s.d.) encontraron que la actividad de mixomicetes en el Valle de Aburrá es mayor en la zona norte influenciada por las corrientes de vientos, mientras que la diversidad total es más alta en las áreas rurales cercanas. Además, el pH y la elevación resultaron ser factores clave que diferencian los ensamblajes urbanos y no urbanos.

En conjunto, estos hallazgos refuerzan el potencial ecológico de los mixomicetes en zonas urbanas y recalcan la necesidad de ampliar los estudios. Demuestran que la riqueza de mixomicetes en ambientes urbanos puede oscilar entre aproximadamente 20 y 40 especies, dependiendo del esfuerzo de muestreo, la heterogeneidad del sustrato y las condiciones microclimáticas.

3.2. ESTUDIOS DE MIXOMICETES URBANOS EN MÉXICO

El catálogo de Moreno *et al.* (2007), con base a una revisión de citas de mixomicetes registrados en todo el país, recopila 297 especies y 10 variedades. En este trabajo se muestra la distribución del número de taxones citados en cada uno de los estados mexicanos, pero no se aportan datos ecológicos y del sustrato. De acuerdo con información más reciente, Salazar-Hernández *et al.* (2022), mencionan que se han registrado 369 especies para México. Sin embargo, estos compendios carecen de información ecológica detallada sobre el tipo de ambiente, sustrato o grado de intervención humana en los sitios de recolecta, por lo que no permiten distinguir con claridad qué proporción de los registros proviene de ecosistemas urbanos.

Estudios clásicos como el de Braun y Keller (1976), documentaron registros relevantes para México, pero tampoco incorporaron variables ambientales asociadas al contexto urbano. En consecuencia, aunque México cuenta con un inventario relativamente amplio de especies, el enfoque ecológico urbano es reciente y aún poco desarrollado.

A pesar de lo anterior, un estudio de ecología urbana con mixomicetes que fue parcialmente realizado en la ciudad de Mérida (Rojas *et al.*, 2022), registraron 20 especies de mixomicetes y señalaron que variables como la dirección del viento y la configuración de las conurbaciones en ciudades puede determinar algunas variables de biodiversidad del grupo. De manera similar, Rojas-Guerrero (2025) evaluó el efecto de las características ecológicas de parches boscosos urbanos en Tlaxcala, registrando una dominancia de la familia Physaraceae (orden Physarales), lo que sugiere que ciertos taxones pueden presentar mayor frecuencia en contextos urbanos del centro del país. Asimismo, existen datos no publicados sobre la

mixobiota asociada a parques urbanos en Puebla (Rojas, com. pers. 2024), lo que refuerza el creciente interés en este enfoque.

3.3. ESTUDIOS DE MIXOMICETES URBANOS EN CHIAPAS

De acuerdo con Gutiérrez-Zamarripa y Pérez-Ovando (2024), el inicio del estudio de los mixomicetes en Chiapas comenzó en la primera mitad del siglo XX. Hasta la fecha, se han registrado 137 especies de la clase Myxomycetes y dos especies de la clase Ceratiomyxomycetes, sumando un total de 139 especies válidas. Estas especies se distribuyen en 31 géneros, 12 familias y nueve órdenes, de acuerdo con la clasificación taxonómica propuesta por Leontyev *et al.* (2019). Destacando los géneros *Physarum* y *Didymium* del orden Physarales.

No obstante, la información que presentan estas autoras, el 80% de las colectas se realizaron en el Parque Nacional Lagunas de Montebello, lo que indica una marcada concentración del esfuerzo de muestreo en un área natural protegida. Esta situación sugiere que la diversidad estatal registrada hasta el momento refleja principalmente condiciones de ecosistemas conservados, mientras que otros contextos ambientales, incluyendo zonas urbanas, permanecen escasamente documentados.

IV. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Documentar la diversidad de mixomicetes presentes en parques urbanos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Registrar las especies de mixomicetes presentes en los cinco parques: Parque Caña Hueca, Parque Joyyo Mayu, Parque FundaMAT, Parque Patricia y Parque del Oriente.

- Analizar la diversidad asociada de acuerdo a los tipos de sustratos de los sitios de estudio.
- Evaluar la diversidad alfa de mixomicetes en cada sitio de estudio mediante índices de diversidad.
- Determinar la diversidad beta de mixomicetes entre los diferentes parques.

V. ZONA DE ESTUDIO

Tuxtla Gutiérrez (TGZ) es la capital del estado de Chiapas, está localizada al sur de México, en la Depresión Central de Chiapas, y se encuentra entre los paralelos 16°38' y 16°51' de latitud norte y los meridianos 93°02' y 93°15' de longitud oeste, a una elevación de 522 m s.n.m. (Zavaleta-Palacios *et al.*, 2019). El municipio abarca una extensión de 334.9 km² con una población de 604 147 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática, INEGI, 2022) distribuidos en 126 localidades (Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica, CEIEG, 2021).

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se caracteriza principalmente por la presencia de selva baja caducifolia como tipo de vegetación dominante, asociada a un régimen de precipitación media anual de 954.5 mm. De acuerdo con la clasificación climática, en el municipio predominan los climas A(w0), correspondiente a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad, que abarca el 99.71% de la superficie municipal, y en menor proporción el clima A(w1), cálido subhúmedo con lluvias en verano de mediana humedad, que ocupa el 0.29% restante. La temperatura media anual es de 25.4 °C, lo que confirma el carácter cálido de la región (CEIEG, 2021).

La zona urbana de Tuxtla Gutiérrez se extiende sobre 94.3 km² (Secretaría de Obras Públicas del Estado de Chiapas, s.d.) mientras que la mancha urbana abarca 111.83 km² (Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, IIGERCC 2023), además, la superficie total urbanizada de TGZ alcanza 140 km², lo que representa aproximadamente el 34% de la superficie municipal

(INEGI, 2020). Cuenta con una densidad poblacional aproximada de 1 804.1 hab/km² (INEGI, 2022). TGZ experimenta un crecimiento continuo hacia áreas suburbanas, un fenómeno que ha transformado el paisaje local al incrementar el uso de suelo para asentamientos humanos y servicios (Silva *et al.*, 2015).

Este crecimiento urbano ha promovido una dinámica de interacción con los municipios aledaños, dado que muchas personas de localidades cercanas viajan diariamente a Tuxtla Gutiérrez para trabajar, aumentando así el tráfico vehicular y las emisiones de gases contaminantes en la región (De la Cruz-Santana, 2024). Además, la ciudad de TGZ es el núcleo de una economía local diversificada que incluye el comercio, los servicios y la administración pública, lo que refuerza su papel como polo de atracción laboral en Chiapas (Silva *et al.*, 2015; Secretaría General de Gobierno SGG, 2018). Estas características urbanas y socioeconómicas son esenciales para entender el impacto de la actividad humana en la biodiversidad y, en particular, en los mixomicetes de esta ciudad.

En este contexto, los parques urbanos de TGZ desempeñan un papel crucial no solo como áreas recreativas y de mitigación ambiental, sino también como refugios para la biodiversidad en un entorno altamente urbanizado. La ciudad alberga una infraestructura verde y gris bien desarrollada, que incluye un total de 107 parques, estos espacios contribuyen significativamente tanto a la conservación de funciones naturales, como la provisión de hábitats y el reciclaje de nutrientes (Castro *et al.*, 2003; Pérez, 2014).

Para el presente estudio, se seleccionaron cinco parques: Parque Caña Hueca (CH), Parque Joyyo Mayu (JY), Parque FundaMAT (PF), Parque del Oriente (PO) y Patricia (PP) (Figura 5). Estas áreas verdes ofrecen un escenario ideal para analizar el impacto de la urbanización y la actividad humana en la biodiversidad local, permitiendo identificar y caracterizar los organismos como los mixomicetes en un entorno urbano.

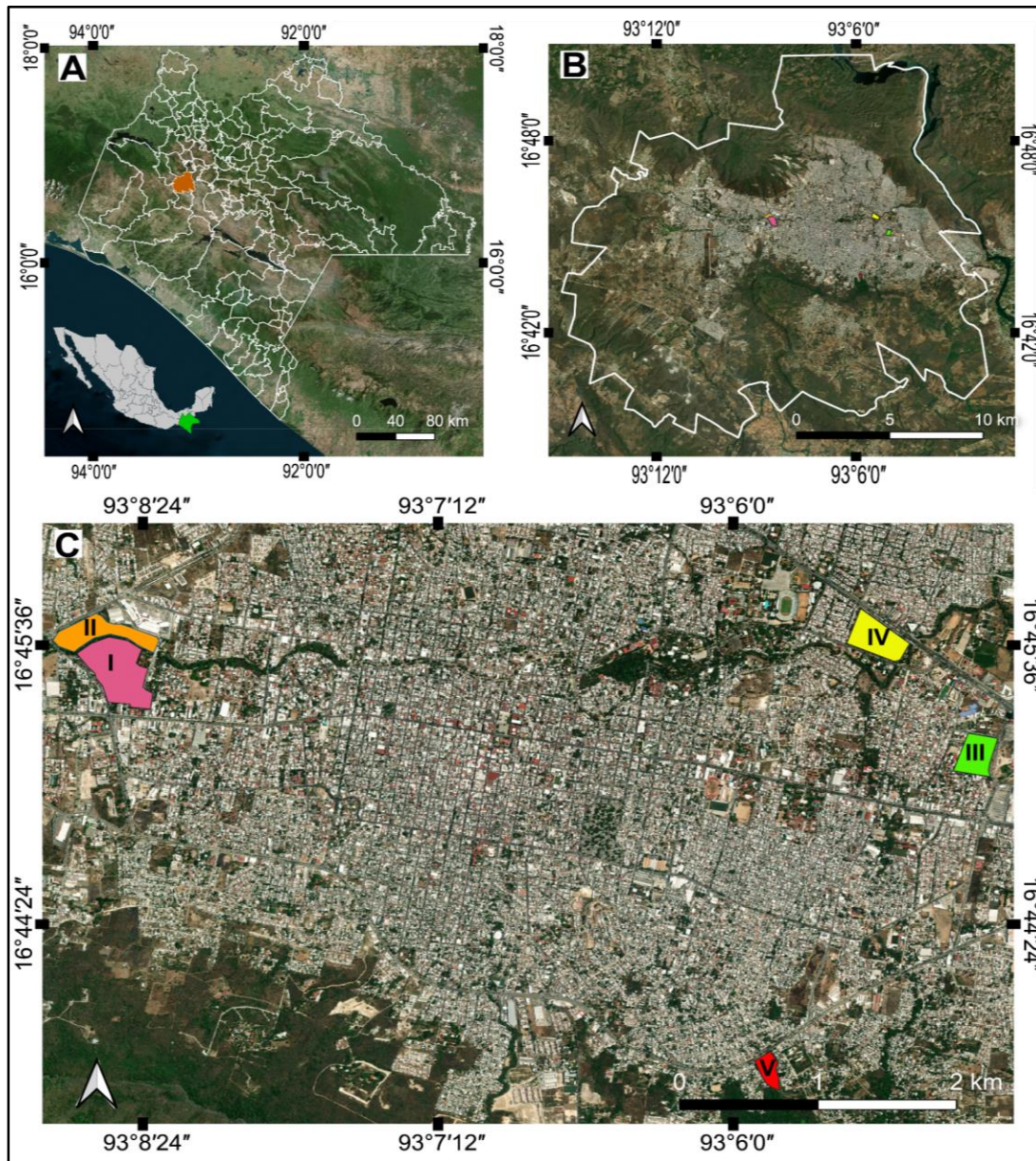


Figura 5. Ubicación geográfica del área de estudio. A) Ubicación del Estado de Chiapas dentro del límite político de México, y división municipal de Chiapas, con el municipio de Tuxtla Gutiérrez señalado; B) Límite político de Tuxtla Gutiérrez; C) Acercamiento a la zona urbana de Tuxtla Gutiérrez, señalando los parques incluidos en este estudio: I. Caña Hueca, II. Joyyo Mayu, III. Parque FUNDAMAT, IV. Parque del Oriente, V. Parque Patricia.

5.1. PARQUE CAÑA HUECA

El Parque recreativo y deportivo Caña Hueca se ubica en Prolongación del Libramiento Poniente Norte, colindante al norte con el Parque Joyyo Mayu, al sur con el Hotel La Hacienda y al oriente con el Hotel Casa Kolping. Se conecta al Parque Joyyo Mayu mediante un puente que cruza el Río Sabinal, debido a la cercanía, la vegetación y fauna de estos parques son similares. Durante todo el año se organizan eventos culturales y deportivos, torneos y competencias dentro de estos espacios verdes.

Caña Hueca consta de 20.28 hectáreas, cuenta con cuatro circuitos, el más grande pavimentado con una distancia de 1.95 km. Se encuentran senderos para correr, gimnasio al aire libre, gimnasio para personas con discapacidad, juegos para niños con discapacidad, áreas de relajación, así como las diversas canchas de fútbol (fútbol rápido, fútbol 7 y fútbol), frontón, tenis, squash, tochito infantil, basquetbol y softbol infantil, estacionamiento pavimentado y cafeterías (Figura 6) (Gispert-Cruells *et al.*, 2002; González-Herrera, 2012). Este parque presenta vegetación selva subcaducifolia y densa, como parte del mantenimiento de la vegetación, el parque cuenta con cuadrillas especiales para el levantamiento de hojarascas, podas de manera esporádica y levantamiento de basura inorgánica.

Dentro de este espacio se han observado especies de aves como la garza corona negra (*Nycticorax nycticorax*), anadrríos moteado (*Actitis macularis*), zanate cola grande (*Quiscalus mexicanus*), momoto (*Momotus mexicano*) y la urraca (*Cyanocorax formosus*); especies vegetales como guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), flor de pavo real (*Caesalpinia pulcherrima*), guásimo (*Guazuma ulmifolia*), aceituno (*Simarouba glauca*), almendro (*Terminalia catappa*), benjamina (*Ficus benjamina*), guaje (*Leucaena esculenta*), palma de coco (*Cocos nucifera*), sospó (*Pseudobombax ellipticum*), entre otros (Gispert-Cruells, *et al.*, 2002; Comunidad de iNaturalist, 2025).

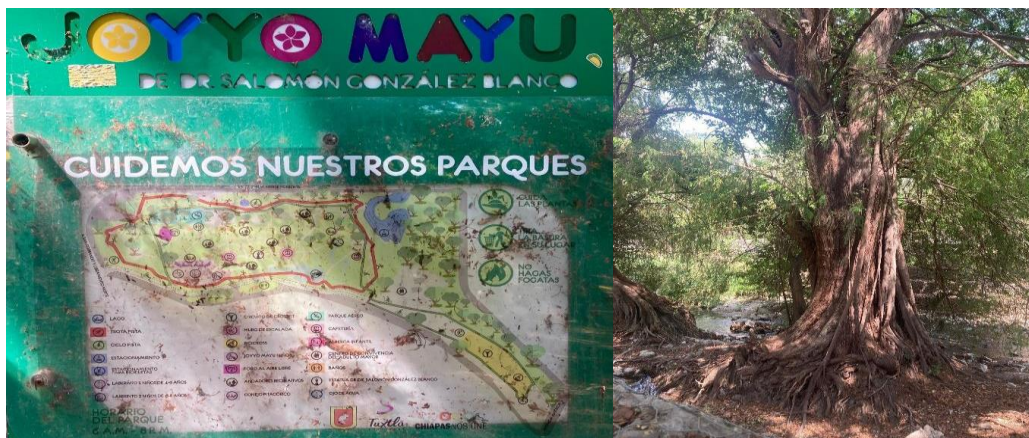


Figura 7. Señalética de Joyyo Mayu, a la derecha un ahuehuete en el Río Sabinal.

Este parque cuenta con senderos para correr, para bicicleta, gimnasio al aire libre, kiosco, cafetería, chapoteadero, tortuguero, área de lanchas, estanque, estacionamiento, comedores, centro de convivencia para adultos mayores, sanitarios, estacionamiento y juegos infantiles (Gispert-Cruells *et al.*, 2002; González-Herrera, 2012). En el centro del parque se localiza un lago artificial el cual ha funcionado como reservorio acuífero además de ser un centro de atracción infantil para paseos en lanchas.

La fauna la conforman animales como ardillas vientre rojo (*Sciurus aureogaster*), mirlo café (*Turdus grayi*), colibrí picudo (*Helimaster constantii*), garcita verde (*Butorides virescens*), algunos peces introducidos como la mojarra prieta (*Amphilophus trimaculatus*) y *Parachromis managuensis*, diversas tortugas, sapos e iguanas, entre otros (Comunidad de iNaturalist, 2025).

El mantenimiento del Parque Joyyo Mayu está a cargo de cuadrillas de 20 personas, coordinadas por la Secretaría de Infraestructura y Comunicaciones (SEINFRA), que se encargan específicamente de la recolección de basura y hojarasca, la cual se acumula temporalmente en el área de estacionamiento adyacente antes de su disposición final (IC IPLAM, 2015). La presencia de esta fauna sugiere que el parque mantiene una estructura de vegetación suficientemente compleja para ofrecer refugio, alimento y sitios de reproducción en un entorno urbano.

5.3. PARQUE FUNDAMAT

El Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro, localmente llamado FundaMAT, se encuentra ubicado en calle Perú s/n, Col. Las Palmas, dentro de la colonia El Retiro, a su alrededor tiene casas habitación y en un radio de aproximadamente 500 m, se encuentra cerca de una escuela preparatoria y un centro comercial. La superficie del parque es de 7.43 ha, cuenta con una cancha, baños, área de juegos y una unidad administrativa y un circuito sin pavimento (Figura 8). Tiene una extensión de un 33% menos y una mayor densidad de población arbórea que el Parque del Oriente (Rangel y Aquino, 2022).

Especies arbóreas han sido observadas en el parque, tales como el flamboyán (*Delonix regia*) que se encuentra en toda la orilla de este parque; benjamina (*Ficus benjamina*), palo mulato (*Bursera simarouba*), ceibas (*Ceiba petandra* y *C. aesculifolia*), cupapé (*Cordia dodecandra*), tronadora (*Tecoma stans*), guaje (*Leucaena esculenta* y *L. leucocephala*), cuchunú (*Gliricidia sepium*), matagallina (*Quadrella incana*), cacho de toro (*Vachellia collinsii*), guamúchil negro (*Vachellia pringlei*) y palo zorrillo (*Senna atomaria*), entre otros. La fauna comprende especies de aves, tales como loros y colibríes, entre otros. Además, dentro del parque se encuentra una comunidad de gatos que ha sido resguardada por los vecinos de este espacio verde.

Este parque posee una mayor densidad arbórea en relación con la infraestructura gris (obras y áreas construidas) (Rangel y Aquino, 2022). Las rutinas de mantenimiento son escasas, no se cuenta con cuadrillas especiales de manejo, de cortezas, hojas y materia inorgánica acumulada. Como consecuencia, es común observar una mayor acumulación de sustrato vegetal en distintos estados de descomposición, así como cobertura continua de hojarasca sobre el suelo.



Figura 8. Parque FundaMAT con afluencia de visitantes. Fotografía por Carlos Sánchez.

5.4. PARQUE DEL ORIENTE

El Parque Ciudad Deportiva Parque del Oriente localmente llamada Parque del Oriente se ubica en Boulevard Salomón González Blanco, Boulevard Rosa del Poniente y Boulevard Artículo 115 (Libramiento Norte), tiene una superficie de 9.12 hectáreas (IC IPLAM, 2015).

Al parque lo atraviesa el río Sabinal con árboles de ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), cuenta con la mayoría de árboles de mango (*Mangifera spp.*) y flamboyán (*Delonix regia*), otros como el tulipán de África (*Spathodea campanulata*), sauce (*Salix humboldtiana*), palma areca (*Dypsis lutescens*), nambiimbo (*Ehretia tinifolia*), matilisguate (*Tabebuia rosea*), matapalo (*Ficus involuta*), entre otros (Gispert-Cruells, *et al.*, 2002). Debido al mantenimiento de todos los días, los espacios de este parque se encuentran con poca cantidad de hojarascas en el

suelo, además, existe un lugar exclusivo donde almacenan la hojarasca, pero esta se encuentra combinada con basura inorgánica.

La fauna observada dentro de este parque tales como carpintero cheje (*Melanerpes aurifrons*), piranga roja (*Piranga rubra*), iguana verde (*Iguana iguana*), coatí (*Nasua narica*), murciélago frutero (*Artibeus jamaicensis*), toloque rayado (*Basiliscus vittatus*), y otras especies han sido registradas en iNaturalistMX con el fin de compartir observaciones con la comunidad (Comunidad de iNaturalist, 2025).

El parque del Oriente cuenta con debidas señalizaciones y contenedores de basura que incentivan a cuidar los espacios. Tiene un área de gimnasio polifuncional que cuenta con áreas para la práctica de actividades de contacto tales como boxeo, halterofilia, judo y tae kwon do. El parque también cuenta con las pistas de patinaje y atletismo de alta velocidad, una alberca semi olímpica, canchas de básquetbol y fútbol, misma que se encuentra con una malla perimetral y presenta piso de pasto, comedores, cafeterías y sanitarios (Figura 9).



Figura 9. Señalética del parque del Oriente y sendero.

5.5. PARQUE PATRICIA

El Parque Recreativo Ecológico Patricia se ubica en la primera y segunda Oriente Sur en la Colonia Francisco I. Madero, tiene una superficie de 3.02 hectáreas. El parque cuenta con dos accesos principales, uno ubicado al oriente y otro al poniente (IC IPLAM, 2015). Entre sus áreas destacan los juegos infantiles, una zona de

comedores con asadores de ladrillo, una cancha de básquetbol, un gimnasio al aire libre, un módulo de sanitarios que actualmente no está en funcionamiento y un teatro al aire libre (Figura 10).

El parque alberga un ecosistema de selva baja caducifolia, complementado con reforestación de plantas ornamentales y vegetación nativa. Entre las especies arbóreas se encuentra el ramón (*Brosimum alicastrum*), castaño (*Sterculia apetala*), guanacastle (*Enterolobium cyclocarpum*), el zapote negro (*Dyospiros nigra*), árboles de mango (*Mangifera* spp.), benjamina (*Ficus benjamina*), entre otros. Este parque cuenta con una cuadrilla especial de levantamiento de hojarasca el cual se acumula dentro del mismo parque, en cuanto la materia inorgánica es levantada por el mismo personal.

La fauna presente en el parque Patricia está conformada por ardillas de vientre rojo (*Sciurus aureogaster*), ranas (*Anura* spp.), lagartijas, turipaches (*Coryphanes cristatus*), garrobos y diversas aves silvestres, como la cotorra común y la tortolita común, además su cercanía con el Zoológico Miguel Álvarez del Toro permite el acercamiento de monos saraguatos (*Alouatta palliata*), venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*), tucanes y guaqueques (*Dasyprocta punctata*) (IC IPLAM, 2015).



Figura 10. Comedores y vegetación del parque Patricia.

VI. MÉTODO

La selección de los cinco parques urbanos se basó principalmente en la facilidad de acceso, así como en su representatividad como espacios verdes dentro del entorno urbano de Tuxtla Gutiérrez, considerando su tamaño, cobertura vegetal, grado de intervención antrópica y uso público, de manera que en conjunto reflejan distintas condiciones del paisaje urbano de una ciudad en crecimiento. Asimismo, se consideró su relevancia para la conservación, ya que estos sitios mantienen áreas con vegetación y diferentes tipos de sustratos adecuados para el estudio de la diversidad de mixomicetes en ambientes urbanos.

Debido a que los Mixomicetes no se encuentran incluidos dentro de las categorías de riesgo y no están protegidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT sobre especies en riesgo, no fue necesario tramitar un permiso federal de recolecta científica. Sin embargo, dado que el trabajo de campo se realizó dentro de parques urbanos bajo administración municipal, se solicitó y obtuvo autorización por parte del H. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez para la recolección de sustratos con el fin de llevar a cabo el muestreo (Anexo 1). Las actividades de recolecta se llevó a cabo durante el mes de abril y mayo del 2024, mediante recorridos oportunistas dentro de cada parque.

6.1. RECOLECCIÓN DE SUSTRATOS

Se realizaron recolecciones de manera oportunista de hojarasca, ramas tiradas y corteza de árboles rugosos de cada parque, obteniendo 18 muestras por parque, para obtener un total de 90 muestras. Durante la recolección, los sustratos se guardaron en sobres de papel y se etiquetaron de acuerdo las abreviaturas de los respectivos parques y sustrato, CH: Caña Hueca; JY: Joyyo Mayu; PF: Parque FundaMAT; PO: Parque del Oriente; PP: Parque Patricia; H: Hojarasca, CR: Corteza Rugosa y R: Ramitas.

La recolección de sustratos se llevó a cabo mediante recorridos en distintas zonas de cada parque, incluyendo tanto áreas con alta intervención antrópica (senderos, zonas recreativas y áreas con mantenimiento frecuente) como áreas con

menor grado de perturbación, con el fin de incorporar la heterogeneidad de condiciones presentes en cada sitio.

El material se transportó al Laboratorio Taller de Procesos Bioculturales, Educación y Sustentabilidad del Instituto de Ciencias Biológicas UNICACH. Seguidamente, se utilizó el método de cámara húmeda que se recomienda para el aislamiento de especies de mixomicetes en condiciones de laboratorio (Stephenson y Stempen, 1994; Lado y Rojas, 2020).

6.1.1. Método de cultivo en cámara húmeda

Para cada muestra, se colocaron fragmentos del sustrato sobre un trozo de servitoalla dentro de una caja Petri desechable estéril de 90 mm × 15 mm. El sustrato se saturó con agua destilada y se midió el pH inicial. Se dejaron apiladas de acuerdo al sustrato y sitio de estudio, durante 24 horas y transcurrido ese periodo, se midió el pH final y después con una pipeta se desechó el exceso de agua dejando una película de agua, con el fin de no contaminar las muestras se desinfectó la pipeta antes de sumergirla en cada caja con sustrato.

Se vertió agua a las cámaras húmedas cuando fue necesario según una inspección rutinaria. Esto se determina cuando el sustrato superior está seco al tacto. Las cámaras húmedas se revisaron semanalmente con un estereoscopio para buscar presencia de mixomicetes (Rojas *et al.*, 2022), por 12 semanas. Al detectarse cuerpos fructíferos, estos se recolectaron de la cámara húmeda para su secado y almacenamiento en cajas de cartón y luego se procedió a identificar los especímenes (Stephenson, 1989; Lado y Rojas, 2020).

6.2. IDENTIFICACIÓN DE MIXOMICETES

Se examinaron los especímenes utilizando un microscopio estereoscópico y microscopio óptico, siguiendo las recomendaciones de Lado y Rojas (2020). Durante este proceso se utilizó el concepto morfológico de especie y las guías de identificación de Martin y Alexopoulos (1969), Lado y Nannenga-Bremekamp (2022), junto con las descripciones originales de autores de la especie a tratar.

Se utilizó el sistema taxonómico de Leontyev *et al.* (2019) y Moroz *et al.* (2024), ya que el arreglo taxonómico de los mixomicetes ha experimentado cambios y este último elabora una compilación del sistema taxonómico de los mixomicetes. Por último, las especies se nombraron siguiendo la nomenclatura estándar publicada en la lista de Lado (2005-2025), esto asegura que los nombres son consistentes y aceptados internacionalmente junto con su etimología (Lado, 2025). Para las especies que no fue posible identificar a nivel específico se registraron utilizando el género seguido de sp., y un número consecutivo para diferenciarlas entre sí, para las formas de fructificación aberrantes se registraron como mixomicete (Anexo 2).

La presencia de una especie en un cultivo de cámara húmeda se consideró un registro, si en el cultivo de la cámara húmeda volvió aparecer después de unos días, se tomó en cuenta como otro registro. Para la abundancia se consideró una colonia de cuerpos fructíferos dentro de una cámara húmeda como un único individuo, esto por el hecho de desarrollarse el mismo sustrato. Además, la presencia de plasmodio en el cultivo de cámaras húmedas se consideró como cultivo exitoso.

6.3. CÁLCULOS DE DIVERSIDAD

La diversidad biológica, en particular la de los mixomicetes, puede analizarse utilizando diversos enfoques que permiten cuantificar y comparar la variedad de especies presentes en diferentes hábitats o sustratos (Novozhilov *et al.*, 2022). En este contexto, los cálculos de diversidad se dividen en dos componentes principales:

- Diversidad alfa: evalúa la riqueza y composición de especies dentro de un hábitat o tipo de sustrato particular.
- Diversidad beta: analiza la diferencia o superposición de especies entre diferentes hábitats o sustratos.

En este estudio, los cálculos de diversidad se realizaron a través del programa RStudio versión 4.5.1. (R Core Team, 2025). Con base al número de registros de

las especies, se generó un listado de especies, así como una matriz con datos de abundancia y presencia/ausencia.

6.3.1. Cálculo de la diversidad alfa

La alfa-diversidad es una medida de la diversidad de especies en un hábitat o área específica y es una de las componentes clave en el estudio de la biodiversidad (Magurran, 2004). En este estudio, la alfa-diversidad se determinó a partir de un inventario con el fin de conocer el número total de especies, la abundancia (Aa) y la riqueza específica (S) de mixomicetes de los cinco parques urbanos. La riqueza de especies de mixomicetes por parques se evaluó mediante la riqueza observada y estimadores no paramétricos de riqueza, específicamente Chao1 y ACE (*Abundance-based Coverage Estimator*), con el fin de predecir el número total de especies de la comunidad, incluyendo aquellas que no fueron detectadas durante el monitoreo de las cámaras húmedas (Novozhilov *et al.*, 2022).

Asimismo, la estructura de las comunidades de mixomicetes se determinó a través de índices de diversidad (Moreno, 2000): Shannon-Wiener (H'), que considera la riqueza tanto como la uniformidad; de Simpson (D) para conocer la dominancia, y su complemento ($1-D$) que permite invertir la relación y un valor alto indica una mayor diversidad; el índice de Equidad de Pielou (J') se utilizó para cuantificar y obtener la uniformidad de los sitios de estudios (Marrugan, 2004; Novozhilov *et al.*, 2022).

Para la comparación de diversidad de especies entre sustratos, a través del paquete Vegan en R (Oksanen *et al.*, 2025), se calculó la bondad de ajuste mediante la prueba χ^2 , utilizando el número de especies observados y esperado en diferentes clases de abundancia (Novozhilov *et al.*, 2022). Además, se calculó el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') de cada tipo de sustrato de cada parque para conocer la diversidad de mixomicetes en los tres tipos de sustratos.

De manera general, la suficiencia de esfuerzo de muestreo se evaluó mediante una curva de acumulación de especies (SAC) construida a partir de las cámaras húmedas como unidad de muestreo. Asimismo, se realizaron curvas de

rarefacción mediante la función *iNEXT*, y su visualización se realizó con la función *ggiNEXT*, incorporando intervalos de confianza al 95 %. Este procedimiento permitió evaluar la suficiencia del muestreo y comparar la riqueza de especies entre parques y sustratos de manera estandarizada, independientemente de las diferencias en el número de registros.

6.3.2. Cálculo de la diversidad beta

Para determinar la diversidad beta entre los diferentes parques urbanos se empleó la matriz de abundancia para la organización inicial de los datos, y posteriormente se transformó en una matriz de presencia/ausencia, a través de la paquetería *vegan* y *tidyverse* (Wickham *et al.*, 2019).

Se utilizó la matriz de presencia/ausencia para el cálculo de los índices de similitud de Sørensen y Jaccard, los cuales se expresaron a través de dendogramas, para comparar la composición de especies entre diferentes sitios respecto al total de especies presentes (Moreno, 2000).

La matriz de abundancia se utilizó para comparar la superposición de especies entre comunidades de mixomicetes en los sitios de estudio, a través del índice de Chao-Sørensen ajustado, con el fin de corregir la estimación de la abundancia de especies que probablemente existen pero que no se detectaron en las muestras (Chao *et al.*, 2006; Novozhilov *et al.*, 2022). El resultado de todos los estimadores de similitud utilizados en este estudio, es un valor que oscila entre cero (comunidades con baja similitud) y uno (comunidades con alta similitud).

Asimismo, se construyó un mapa de calor mediante la paquetería *heatmap* de R (Kolde, 2025), el cual permitió visualizar la distribución diferencial de especies.

VII. RESULTADOS

7.1. Composición taxonómica

Se obtuvieron un total de 102 registros de mixomicetes en tres tipos de sustratos provenientes de cinco parques urbanos de Tuxtla Gutiérrez. Estos registros

correspondieron a 22 morfoespecies, de las cuales 20 fueron identificadas a nivel específico. La mayor diversidad se concentró en dos géneros del orden Trichiales, *Perichaena* y *Arcyria*, con tres especies cada uno, seguidos por representantes del orden Physarales (Figura 11).

Se identificaron 10 especies como nuevos registros para el estado: *Arcyria pseudoleiocarpa*, *Calomyxa synspora*, *Cribraria lepida*, *Diderma chondrioderma*, *D. deplanatum*, *Didymium flexuosum*, *Enteridium variable*, *Perichaena corticalis*, *P. quadrata* y *Physarum echinosporum* (Figura 12), lo que expande significativamente el conocimiento de la mixobiota de este grupo en la región de Chiapas (Cuadro 1). Además, se documentaron 10 formas aberrantes de mixomicetes, las cuales no pudieron ser determinadas a nivel de especie debido a sus características atípicas.

Se observó que especies como *Cribraria lepida*, *C. violacea* y *Perichaena depressa* (Figura 12: G, H y Ñ) están ampliamente distribuidas en la mayoría de los parques. Por el contrario, especies como *Arcyria afroalpina*, *Diderma deplanatum* y *Stemonitis pallida* (Figura 12: A, J y S) tuvieron registros puntuales, lo que refiere a la presencia de especies menos comunes o especializadas en ciertos sitios (Cuadro 1).

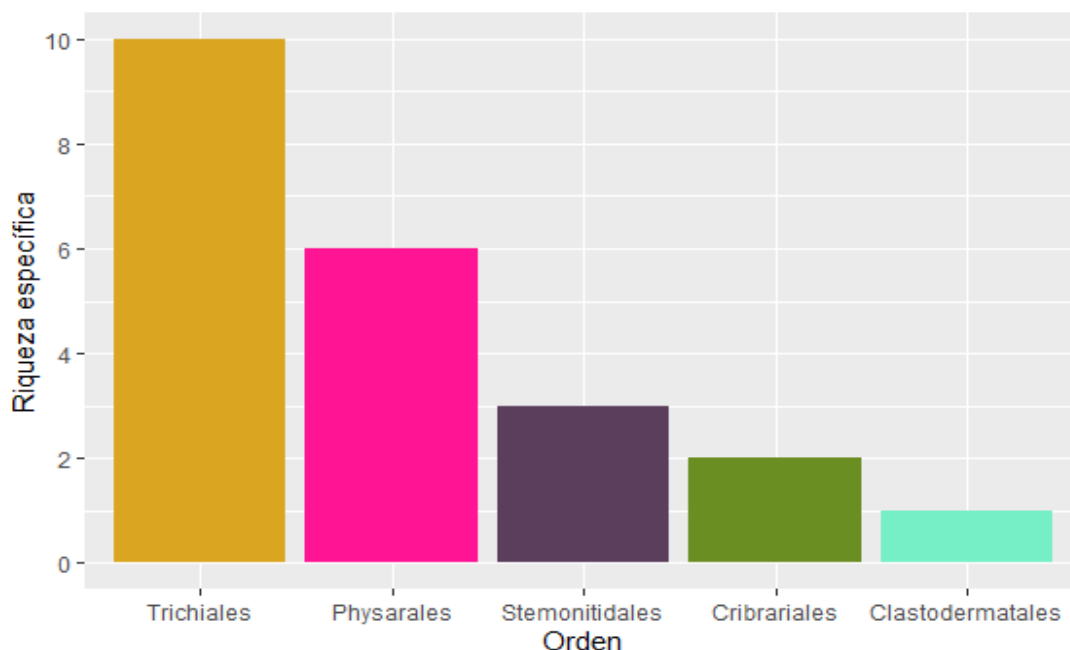


Figura 11. Riqueza específica de mixomicetes de acuerdo al Orden taxonómico.

Cuadro 1. Número de registros de mixomicetes por especie asociados a los cinco parques urbanos estudiados en este trabajo.

Especies	Sitio de estudio				
	Caña Hueca	Funda MAT	Joyyo Mayu	Parque Oriente	Parque Patricia
<i>Arcyria afroalpina</i>				1	
<i>Arcyria cinerea</i>	2		3		
<i>Arcyria pseudoleiocarpa</i> *					2
<i>Arcyria</i> sp. 1			1		
<i>Calomyxa synspora</i> *			2		
<i>Clastoderma debaryanum</i>	1	2	1		
<i>Comatricha tenerrima</i>				2	
<i>Cribraria lepida</i> *	5		9	11	1
<i>Cribraria violacea</i>		6		5	5
<i>Diderma chondrioderma</i> *	2				
<i>Diderma deplanatum</i> *	1				
<i>Didymium flexuosum</i> *	1			3	
<i>Didymium squamulosum</i>	1	1			
<i>Enteridium variabile</i> *	3	2	1		
Mixomicete **	2	2	4	1	1
<i>Perichaena corticalis</i> *	2	1	1		
<i>Perichaena depressa</i>	2	8	3		
<i>Perichaena quadrata</i> *	1	3	1		
<i>Perichaena</i> sp. 1			1		
<i>Physarum decipiens</i>		2			
<i>Physarum echinosporum</i> *					1
<i>Stemonitis flavogenita</i>					1
<i>Stemonitis pallida</i>			1		

Nota: Las especies marcadas con * corresponden a nuevos registros para el área de estudio; aquellas marcadas con ** no fueron incluidas en los análisis de índices de diversidad

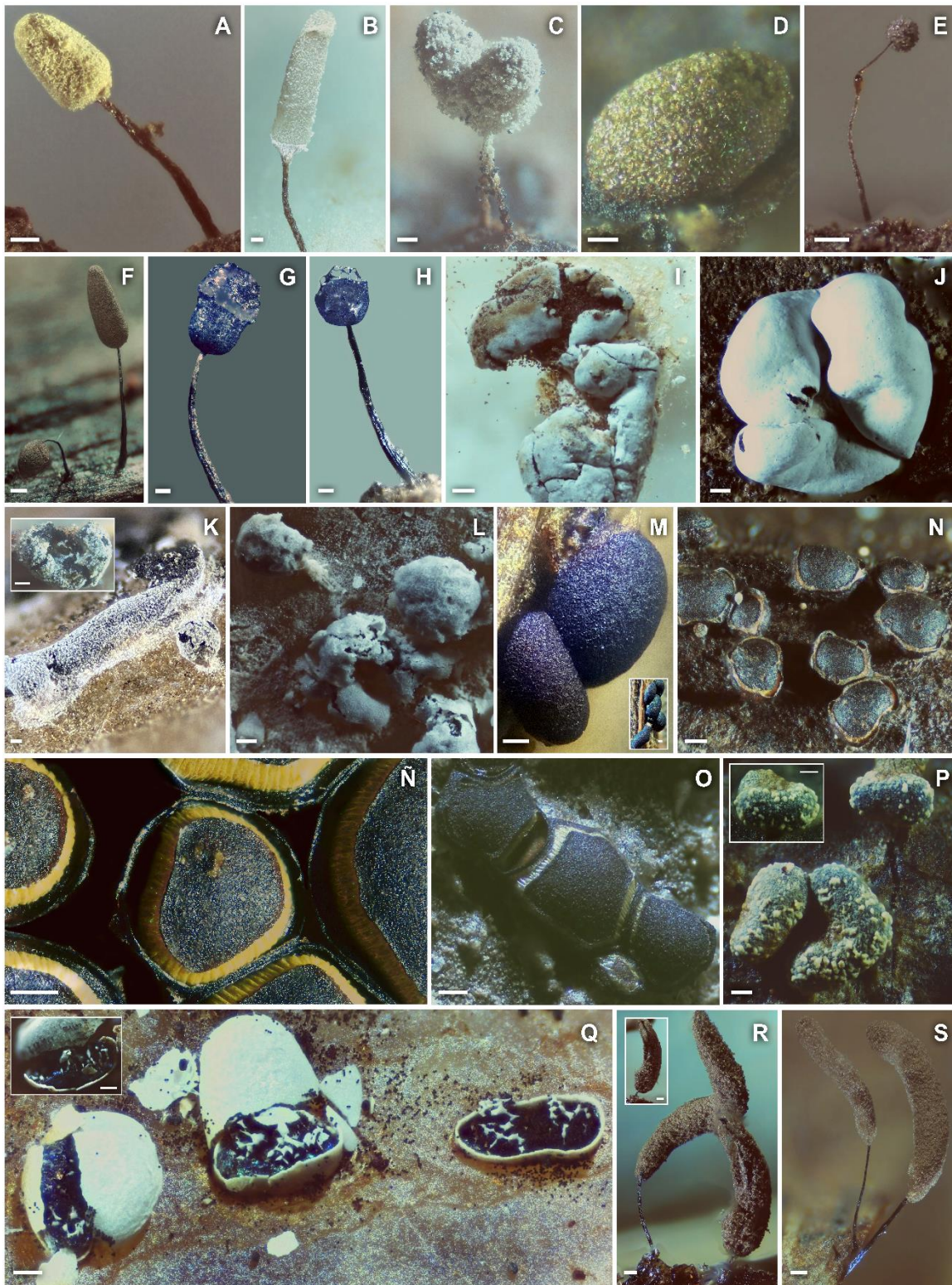


Figura 12. Diversidad de mixomicetes de cinco parques urbanos de TGZ. A: *Arcyria afroalpina*, B: *Arcyria cinerea*, C: *Arcyria pseudoleiocarpa*, D: *Calomyxa synspora*, E: *Clastoderma debaryanum*, F: *Comatricha tenerrima*, G: *Cribraria lepida*, H: *Cribraria*

violacea, I: *Diderma chondrioderma*, J: *Diderma deplanatum*, K: *Didymium flexuosum*, L: *Didymium squamulosum*, M: *Enteridium variabile*, N: *Perichaena corticalis*, Ñ: *Perichaena depressa*, O: *Perichaena quadrata*, P: *Physarum decipiens*, Q: *Physarum echinosporum*, R: *Stemonitis flavogenita*, S: *Stemonitis pallida*.

7.2. Diversidad alfa

Caña hueca (CH) presentó la mayor diversidad con 11 especies y 21 registros, seguido de Joyyo Mayu (JY), también con 11 especies y 24 registros. En contraste, Parque Oriente (PO) y Parque Patricia (PP) mostraron la menor riqueza, con solo cinco especies cada uno. FundaMAT obtuvo ocho especies con una abundancia relativamente alta (Cuadro 2).

Los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H') y Simpson ($1-D$) reflejaron que en CH se encontró la comunidad más diversa ($H'=2.24$; $1-D= 0.88$), mientras que el índice de dominancia de Simpson (D) y Equidad de Pielou (J') indicaron que las abundancias están distribuidas de manera uniforme entre las especies ($D= 0.12$; $J'= 0.93$).

Asimismo, el parque JY mostró una diversidad moderada ($H'= 2.02$; $1-D= 0.81$) y su equidad fue buena ($J' = 0.84$), lo que indica que varias especies contribuyen de manera equilibrada a la composición total. Su dominancia fue baja ($D = 0.19$), lo cual sugiere que ninguna especie concentra la mayor parte de los registros.

Por su parte, PF presentó una diversidad medianamente alta ($H'= 1.83$; $1-D= 0.80$) en comparación con PO y PP. A pesar de tener menor riqueza que CH y JY la equidad fue alta ($J' = 0.88$), lo que indica que las especies presentes mantienen proporciones relativamente similares. La dominancia de Simpson fue baja ($D = 0.20$), lo que sugiere que no existe una especie claramente predominante.

Aunque el PO presentó la diversidad más baja entre los parques ($H'= 1.31$; $1-D= 0.67$), la alta equidad sugiere una comunidad bien distribuida, donde las especies presentes mantienen abundancias similares ($J'= 0.82$). De manera similar

el PP mostró baja diversidad y alta equidad, a diferencia de los otros parques este sitio presentó una dominancia alta ($D= 0.80$), evidenciando claramente que una o unas pocas especies predominan.

Cuadro 2. Índices de diversidad estimados para los cinco parques urbanos estudiados.

Indicadores ecologicos	Sitio de estudio				
	Caña Hueca	Joyyo Mayu	FundaMAT	Parque Oriente	Parque Patricia
Abundancia (Aa)	21	25	24	22	10
Riqueza específica (S)	11	8	11	5	5
Índice de diversidad de Shannon (H')	2.24	1.83	2.02	1.31	1.36
Índice de diversidad de Simpson (1-D)	0.88	0.80	0.81	0.67	0.68
Índice de dominancia de Simpson (D)	0.12	0.20	0.19	0.33	0.80
Índice de Equidad de Pielou (J')	0.93	0.88	0.84	0.82	0.84

A pesar que los parques CH y JY muestran una mayor riqueza observada, presentan estimaciones altas, lo que sugiere que el muestreo en estos sitios no fue exhaustivo y que un número considerable de especies aún no ha sido registrado. Lo mismo ocurre con el parque PF y PP. Por el contrario, en el PO las estimaciones son muy cercanas a la riqueza observada, lo que indica que el esfuerzo de muestreo en este sitio fue considerablemente adecuado (Figura 13).

La curva de acumulación de especies (SAC) demostró que la riqueza observada de mixomicetes aumenta conforme se incrementa el esfuerzo de muestreo (Figura 14). Esto indica que cada cámara adicional sigue aportando especies nuevas y que la diversidad no se ha estabilizado completamente al final del muestreo. Por lo tanto, aunque se han detectado muchas especies, la curva sugiere que el inventario aún es incompleto y que se podrían encontrar más

especies con mayor esfuerzo de muestreo o con condiciones experimentales más homogéneas.

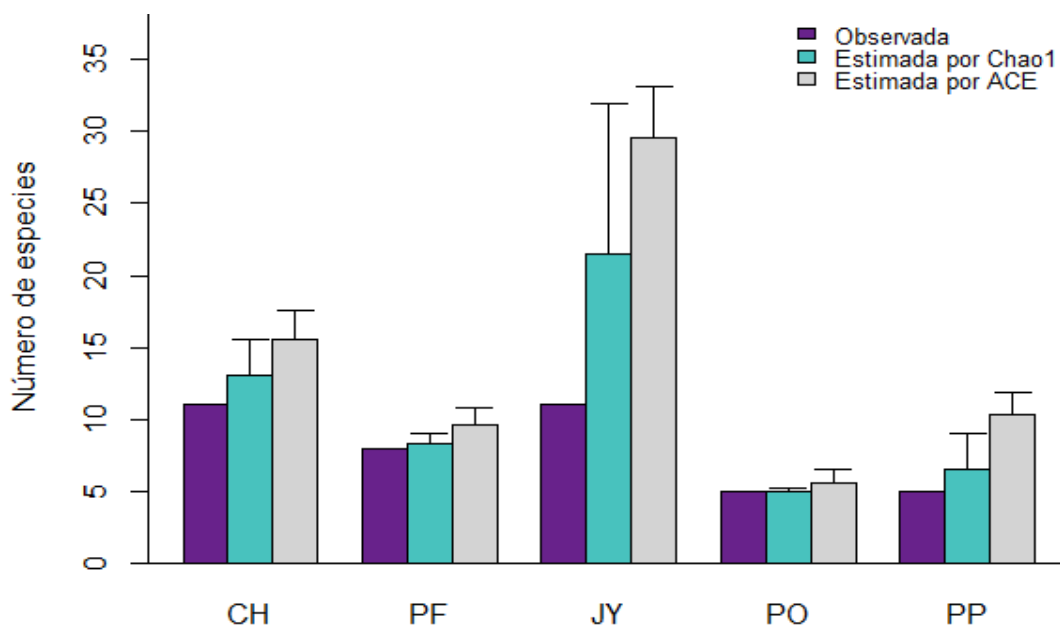


Figura 13. Riqueza de especies observadas y estimada de mixomicetes por parque.

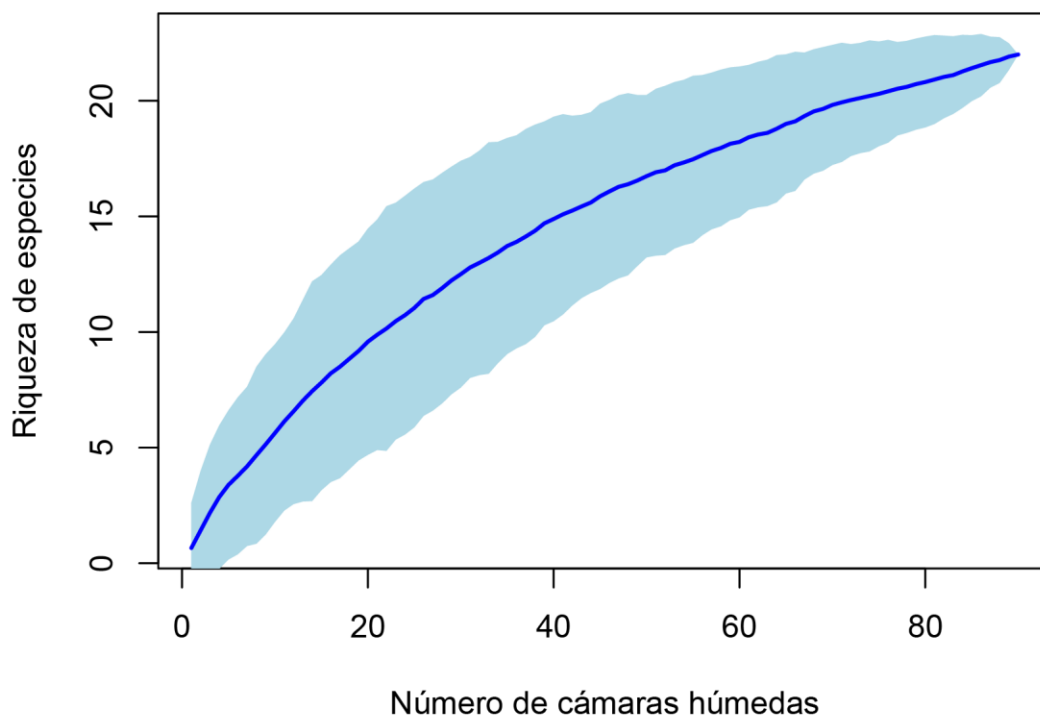


Figura 14. Curva de acumulación de especies de mixomicetes en función al número de cámaras húmedas.

De manera complementaria, las curvas de rarefacción y extrapolación permitieron evaluar la riqueza esperada estandarizando el esfuerzo de muestreo. Estas curvas evidenciaron diferencias en la riqueza de especies entre parques y entre tipos de sustratos (Figura 15 y 16), independientemente del número de registros obtenidos. En particular, algunos parques y sustratos mostraron curvas que tienden a estabilizarse, lo que sugiere una caracterización adecuada de su diversidad, mientras que otros presentaron pendientes positivas en la extrapolación, indicando una diversidad potencial aún no completamente documentada.

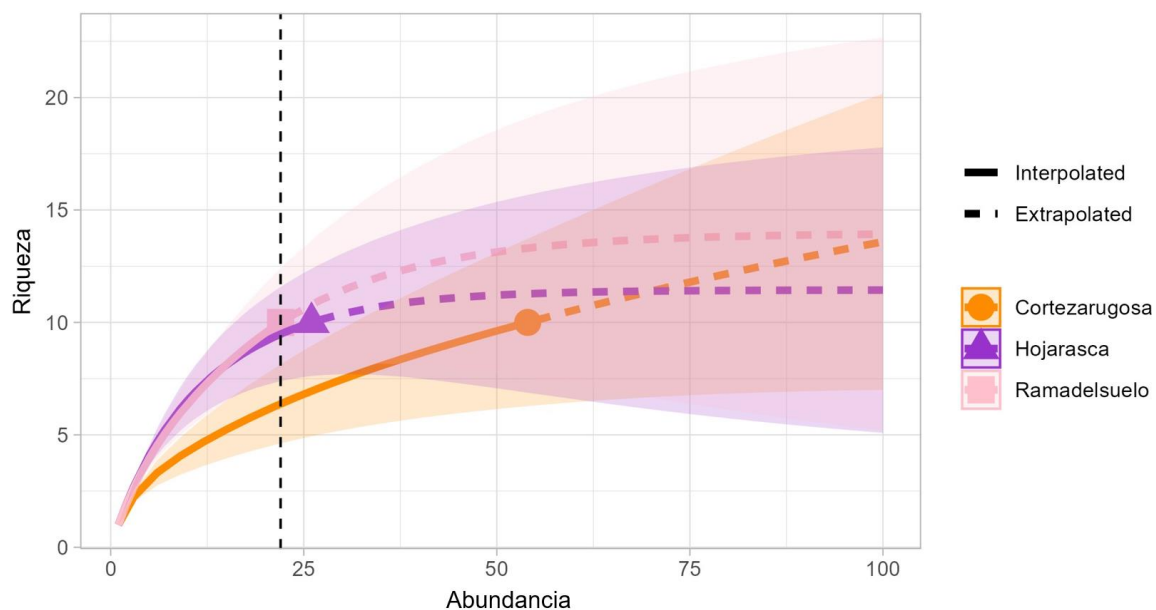


Figura 15. Curvas de rarefacción y extrapolación de la riqueza de mixomicetes por tipo de sustrato.

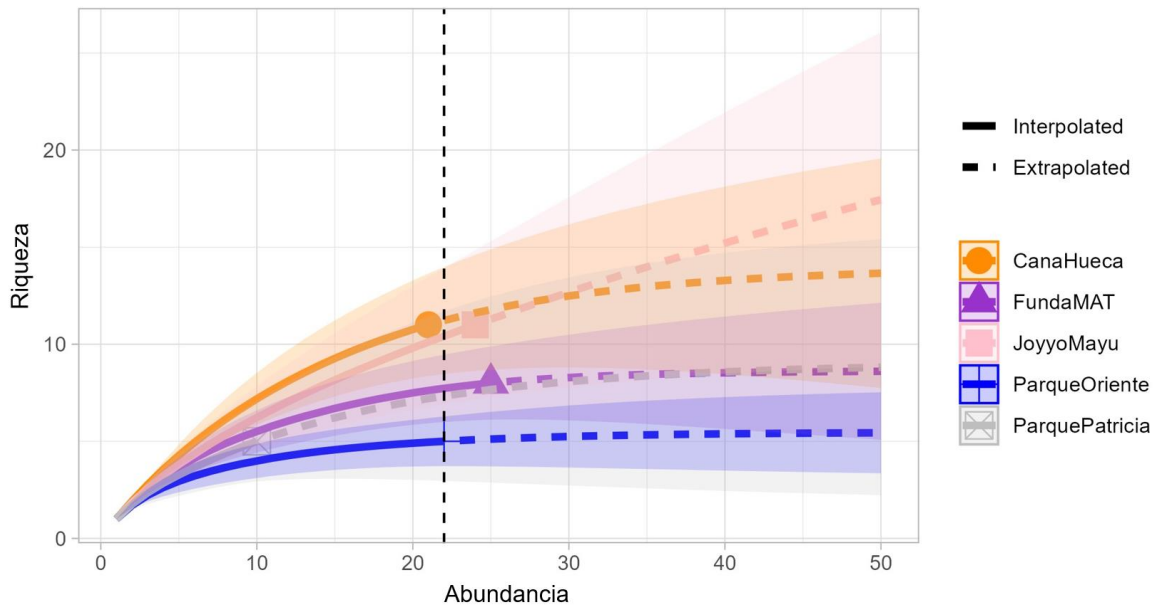


Figura 16. Curvas de rarefacción y extrapolación de la riqueza de mixomicetes por parques.

Con relación al sustrato, la riqueza total registrada fue igual en los tres sustratos, con 10 especies en hojarasca, 10 en corteza rugosa y 10 en ramas del suelo. Sin embargo, la abundancia de los mixomicetes difirió notablemente entre ellos, siendo corteza rugosa el sustrato más productivo (54 registros), seguido de hojarasca (26) y ramas del suelo (22).

En CH, la hojarasca representó el sustrato más diverso ($H' = 1.15$). En PF, la diversidad se registró igualmente en la hojarasca ($H' = 1.28$), aunque las ramas del suelo también aportaron diversidad moderada ($H' = 1.15$), mientras que la corteza presentó el valor más bajo ($H' = 0.85$). El parque JY presentó niveles similares de diversidad entre los sustratos. En PO, la corteza rugosa fue el sustrato más diverso ($H' = 0.75$) y en PP la diversidad provino de ramitas del suelo ($H' = 0.64$), evidenciando comunidades empobrecidas y dominadas por pocas especies.

En cuanto al éxito de cultivos, el porcentaje promedio en cámara húmeda con resultados positivos en la hojarasca fue de 73.33%, en corteza rugosa y ramas del suelo cada una fue de 70%.

La hojarasca presentó siete especies de mixomicetes exclusivas ($H' = 2.13$), en ramas del suelo ($H' = 2.05$) se encontraron cinco especies exclusivas (Figura 17), del mismo modo estos dos tipos de sustratos de manera general demostraron mayor éxito al presentar mayor diversidad. En cuanto a la corteza rugosa, presentó cuatro especies exclusivas, baja diversidad ($H' = 1.56$) y registros, sin embargo, mostró porcentajes de cultivos positivos relativamente homogéneos (66.67%-83.33%) (Cuadro 3).

El análisis de χ^2 , demostró diferencias significativas ($\chi^2 = 143.98$, $gl = 42$, $p < 0.0001$), lo que indica que la distribución de las especies por sustratos no es aleatoria, es decir, confirma que el sustrato es un factor ecológico significativo que determina la composición de la comunidad de los mixomicetes.

Cuadro 3. Diversidad de mixomicetes en diferentes sustratos de muestreo de cinco parques urbanos.

Especies	CH	PF	JY	PO	PP
Número de especies en corteza rugosa	4	3	6	3	1
Número de especies en hojarasca	6	4	4	1	1
Número de especies en ramas en el suelo	1	4	3	2	2
Número de registros en corteza rugosa	9	9	14	16	6
Número de registros en hojarasca	10	7	5	3	1
Número de registros en ramas en el suelo	2	9	5	3	3
Índice de diversidad de Shannon (H') en corteza rugosa	1.15	0.85	1.35	0.75	0
Índice de diversidad de Shannon (H') en hojarasca	1.70	1.28	1.33	0	0
Índice de diversidad de Shannon (H') en ramas en el suelo	0	1.15	0.95	0.64	0.64
Cultivos positivos usando corteza rugosa (%)	50	50	100	83.33	66.67
Cultivos positivos usando hojarasca (%)	100	66.67	100	66.67	33.33
Cultivos positivos usando ramas en el suelo (%)	66.67	66.67	83.33	66.67	66.67
Especies	CH	PF	JY	PO	PP



Figura 17. Distribución de la riqueza de especies de mixomicetes por tipo de sustrato presentes en cinco parques en TGZ.

7.3. Diversidad beta

Para determinar la diversidad beta de los mixomicetes de cinco diferentes parques urbanos, se analizaron los patrones de recambio de especies por medio de índices de similitud de Jaccard y Sørensen, junto con técnicas de agrupamiento jerárquico. Tanto los índices de Jaccard y Sørensen como el agrupamiento jerárquico coincidieron en dividir los cinco parques en dos conjuntos principales (Cuadro 4; Figura 18).

Cuadro 4. Matriz de similitud calculada con el índice de Chao-Sørensen de los parques estudiados.

	Caña Hueca (CH)	FundaMAT (PF)	Joyyo Mayu (JY)	Del Oriente (PO)
FundaMAT (PF)	0.50			
Joyyo Mayu (JY)	0.84	0.40		
Del Oriente (PO)	0.34	0.17	0.36	
Patricia (PP)	0.16	0.26	0.18	0.68

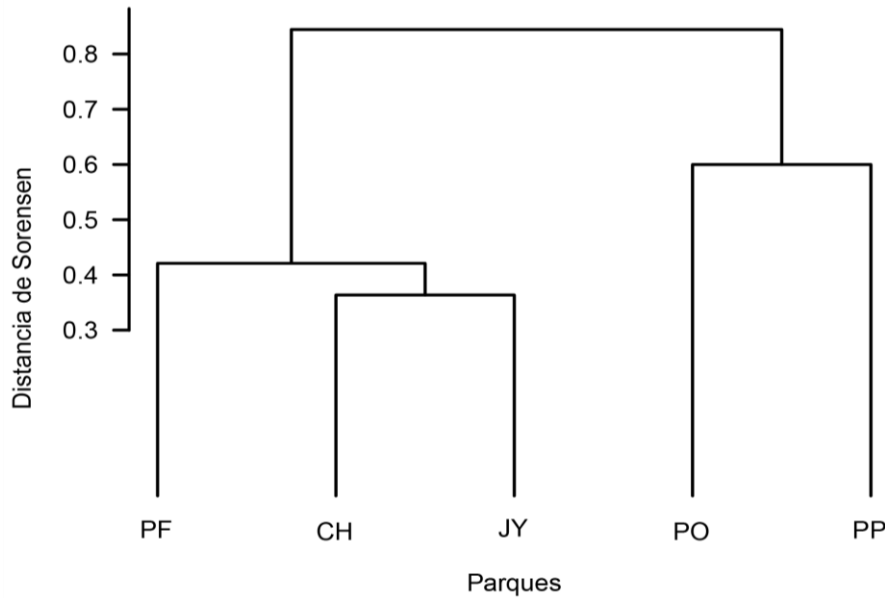


Figura 18. Agrupamiento de los parques urbanos de acuerdo a la similitud de la composición de especies de mixomicetes.

El primer grupo se conformó por CH y JY, ambos parques exhibieron una alta similitud (0.84) de la comunidad de especies que los diferencia aún más de los otros parques. PF se asocia al grupo de CH y JY, por el hecho de que estos tres parques comparten especies como *Clastoderma debaryanum*, *Enteridium variabile*, *Perichaena corticalis*, *Perichaena depressa* y *Perichaena quadrata*, que son ausentes en PO y PP. Si bien, el PF forma parte de la misma comunidad ecológica, pero se distingue por tener un subconjunto de especies que lo hace ligeramente diferente a CH y JY. El segundo grupo mostró la similitud entre PO y PP, esto indica que la composición de especies de mixomicetes se diferenció del otro grupo. En conjunto, los análisis determinaron que los parques tienen una composición similar pero un patrón de abundancia muy diferente.

De este modo, las asociaciones entre la frecuencia de especies y parques se evidenciaron especies como *Cribraria lepida* que se concentró con mayor abundancia en PO y JY, y *Cribraria violacea* en PF. Mientras que otras especies como *Diderma deplanatum* y *Physarum echinosporum* mostraron una presencia

restringida, lo que contribuyó a una distribución heterogénea para la formación de patrones de similitud diferenciados entre parques (Figura 19).

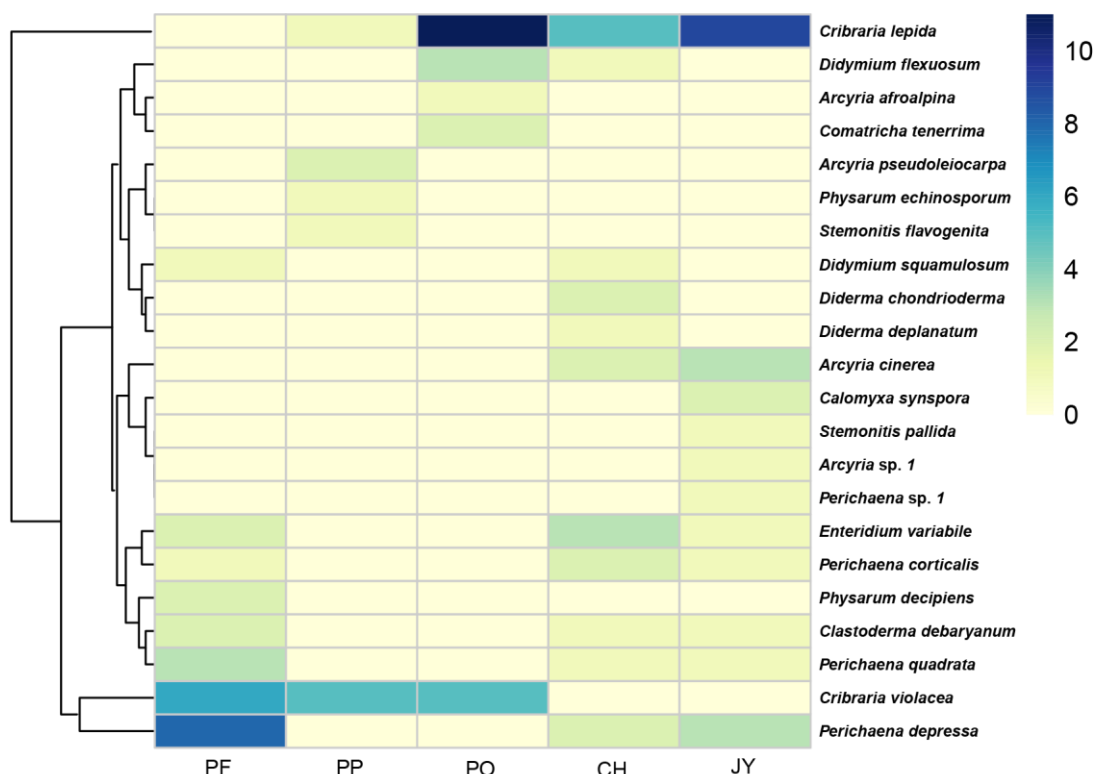


Figura 19. Distribución y frecuencia de especies de mixomicetes registradas en los parques estudiados.

VIII. DISCUSIÓN

8.1. Composición taxonómica

Este estudio registró una cantidad considerable de mixomicetes, reportándose 22 morfoespecies, 20 de ellas identificadas a nivel específico, lo cual corresponde aproximadamente al 15% de la mixobiota previamente registrada en Chiapas (Gutiérrez-Zamarripa y Pérez-Ovando, 2024) y cerca del 5% reportadas para México (Salazar-Hernández *et al.*, 2022). La obtención de nuevos registros no solo incrementa el inventario conocido para Chiapas, sino que amplía la distribución documentada de estos taxones dentro del estado.

De manera similar a lo documentado para el estado por Gutiérrez-Zamarripa y Pérez-Ovando (2024), el género *Arcyria* destacó por su diversidad; sin embargo, en el presente estudio también destacó *Perichaena*, lo que amplía la representación del orden Trichiales. Este orden presenta variación morfológica en caracteres como el capilicio y la ornamentación de esporas que facilita su establecimiento en distintos microhábitats (García-Cunchillos *et al.*, 2021; Yatsiuk *et al.*, 2025). Esta alta variabilidad interna puede explicar por qué múltiples morfoespecies de Trichiales están presentes en distintos sitios muestreados y por qué este género se registra con frecuencia en estudios ecológicos, incluso en ambientes antropizados. Este patrón adquiere mayor significado al considerar que Trichiales ha sido señalado como uno de los órdenes más representativos y diversos en regiones tropicales y neotropicales (Lado & Wrigley de Basanta, 2008).

La riqueza registrada en este estudio (22 morfoespecies a partir de 90 muestras) se encuentra dentro del rango observado en ambientes urbanos. En la ciudad de Mérida, Yucatán, se documentaron igualmente 20 especies en parques urbanos (Rojas *et al.*, 2022), mientras que en estudios internacionales se han reportado entre 23 y 40 morfoespecies, sin embargo, las comparaciones directas deben contextualizarse según el esfuerzo de muestreo y el tipo de sustrato analizado.

Por ejemplo, en el estudio de Hosokawa *et al.* (2019) obtuvieron 23 morfoespecies a partir de 426 muestras, y Rojas *et al.* (2025) registraron 32 morfoespecies a partir de 288 muestras. En contraste, este estudio empleó un esfuerzo menor, 90 muestras, por lo que las diferencias en riqueza están influenciadas tanto por la intensidad de muestreo como por las particularidades metodológicas y ambientales propias de cada sitio.

Del mismo modo, estudios recientes realizados en ambientes urbanos muestran que la diversidad y composición de mixomicetes dependen más de las condiciones microambientales que del grado de urbanización. En distritos urbanos de Rusia, Kireeva y Gmoshinskiy (2024) reportaron la dominancia de Physarales,

mientras que Takahashi (2024) registró 44 especies en corteza viva a lo largo de un gradiente urbano en Japón, con abundancias destacadas de *Cribraria* y *Perichaena*.

Aunque estos valores superan la riqueza observada en este estudio, tales diferencias reflejan variaciones en el sustrato y en la intensidad del muestreo. Aun así, algunos patrones son consistentes, como la presencia recurrente de géneros como *Cribraria*, *Perichaena* y *Arcyria*. No obstante, en este estudio el orden Trichiales fue el más diverso, lo que sugiere que la composición específica está fuertemente influenciada por el tipo de sustrato y las características locales de cada parque.

8.2. Diversidad alfa y beta

Los parques urbanos albergan diversidad de especies, visibles y microscópicas, contribuyen a los servicios ecológicos esenciales, incluyendo la regulación del microclima, la descomposición de materia orgánica y el mantenimiento de microhábitats (Escobedo *et al.*, 2011). La mixobiota encontrada en los cinco parques urbanos de Tuxtla Gutiérrez están estrechamente relacionados con la historia de uso del suelo, la presencia de sustratos diversos que actúan como hábitats favorables, la calidad ecológica del ambiente e intensidad del manejo. De acuerdo con Stephenson y Landolt (1996), las comunidades con mayor estratificación vegetal y retención de humedad tienden a albergar una mayor riqueza de mixomicetes, lo cual es consistente con los patrones observados en este trabajo.

En general, los resultados muestran que la diversidad no se distribuye de manera uniforme entre los parques, sino que responde a las características de los microhábitats y a la composición de la vegetación. La hojarasca se destacó como el sustrato más favorable, al presentar la mayor riqueza, abundancia y diversidad (H'), lo cual concuerda con estudios que señalan su alta capacidad de retención de humedad y microheterogeneidad, condiciones esenciales para el desarrollo de esporocarpos (Stephenson y Stempen, 1994; Ndiritu *et al.*, 2009). Asimismo, el análisis de χ^2 demostró que la distribución de los mixomicetes no es aleatoria y existe una preferencia por determinados sustratos, patrón consistente con estudios

urbanos previos (Rojas y Valverde, 2015; Takahashi *et al.*, 2019), donde se atribuye esta preferencia a diferencias en las condiciones ambientales locales y en las propiedades físicas y químicas del sustrato que influyen en la germinación y el desarrollo del plasmodio (Novozhilov *et al.*, 2006).

Los parques CH y JY destacaron por registrar la mayor riqueza ($S= 11$) y los índices de diversidad más altos, lo cual indica comunidades ecológicamente más desarrolladas. Este patrón es coherente con las características ambientales de ambos sitios, al ser parques muy cercanos, presentan una cobertura arbórea densa de vegetación nativa tanto como variedad de árboles frutales antiguos, lo cual propicia a mantener una estructura ecológica más estable y una mayor heterogeneidad de microhábitats. Además, CH y JY son consolidados como parques de larga trayectoria con abundante vegetación y cuerpos de agua, como el emblemático Río Sabinal; considerados uno de los principales pulmones verdes de la ciudad (IC IPLAM, 2015; Gispert-Cruells *et al.*, 2002). Factores como el tipo y calidad del sustrato, como humedad, exposición solar y la presencia de plantas también ejercen una influencia considerable en las comunidades microbianas del suelo (Hogberg *et al.*, 2007; Wellman, 2023). Estas condiciones confirman que los organismos presentan una selección clara de microhábitats, concentrándose principalmente en la hojarasca, donde se registró la mayor riqueza y número de especies exclusivas.

Asimismo, este conjunto formado por los parques CH y JY, presentaron la mayor similitud registrada en los índices utilizados, lo que indica que estos parques comparten una comunidad de mixomicetes altamente semejante. Aunque el PF presenta menor riqueza, se integró en el grupo de CH y JY, debido a que comparte especies como *Clastoderma debaryanum*, *Enteridium variabile*, *Perichaena corticalis*, *P. depressa* y *P. quadrata*, ausentes en PO y PP.

Sin embargo, el PF mantiene especies que lo diferencian ligeramente de CH y JY. Además, este sitio ha presentado reforestaciones e iniciativas de conservación (IC IPLAM, 2015), esta mezcla de especies plantadas y nativas podría explicar el por qué forma parte del mismo grupo, pero con un subconjunto propio. Asimismo, una

menor heterogeneidad implica una reducción en la variedad y disponibilidad de nichos, lo que concuerda con estudios que asocian la homogeneización del paisaje urbano con una pérdida de comunidades de protistas (Hosokawa *et al.*, 2019; Rojas *et al.*, 2022).

Por otro lado, PO y PP mostraron menor diversidad y se agruparon entre sí. Estas diferencias se refuerzan por las variaciones en las especies dominantes, por ejemplo, *Cribraria lepida* mostró mayor abundancia en PO y JY, mientras que *Cribraria violacea* fue más frecuente en PF. Incluso especies de presencia restringida, como *Diderma deplanatum* y *Stemonitis flavogenita*, contribuyeron notablemente al recambio y a la diferenciación entre parques. En conjunto, esta variación indica que, aunque los parques pertenecen al mismo entorno urbano, cada uno mantiene un ensamblaje particular de mixomicetes, lo cual refleja condiciones ambientales y de manejo específicas.

A pesar de que el PP mantiene cercanía con la Reserva Ecológica “El Zapotal” y conserva parches de vegetación relativamente madura, los resultados obtenidos no reflejaron una mayor riqueza y abundancia de mixomicetes. Diversos estudios han demostrado que las variaciones en la composición de mixomicetes dependen en gran medida de factores ambientales locales como la humedad, dirección del viento, la temperatura, el tipo de sustrato más que de la extensión o continuidad del bosque circundante (Schnittler y Stephenson, 2000; Schnittler *et al.*, 2022). Las curvas de acumulación y las estimaciones no paramétricas (Chao1 y ACE) refuerzan esta interpretación, al mostrar que, en CH, JY, PP y PF aún se podría registrar una mayor riqueza con un mayor esfuerzo de muestreo. Esto indica que las comunidades de mixomicetes en ambientes urbanos pueden estar subestimadas debido a la variabilidad espacial de los microhábitats, un patrón también reportado en estudios recientes (Novozhilov *et al.*, 2022).

IX. CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio permitieron identificar la diversidad de mixomicetes presentes en cinco parques urbanos de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, contribuyendo al conocimiento de la mixobiota en los entornos influenciados por

actividades humanas. La composición taxonómica reveló una diversidad notable, con 22 morfoespecies registradas y diez nuevos reportes para Chiapas, el cual permitirá comparaciones futuras de la mixobiota chiapaneca.

La diversidad alfa mostró que la riqueza de especies no se distribuye de manera uniforme entre los parques, sino que depende principalmente de factores locales como la temperatura o la humedad que influyen en la calidad y disponibilidad de microhábitats (sustratos), la madurez del arbolado, la acumulación de hojarasca y la heterogeneidad estructural del área verde.

La diversidad beta evidenció que parques cercanos pueden presentar reemplazo de especies debido a factores como el tipo de vegetación, el manejo del arbolado, la estabilidad de la hojarasca y la intensidad de disturbios que determinan la disponibilidad de nichos para los mixomicetes.

En este sentido, la conformación de dos grupos bien definidos entre los parques analizados, confirman que cada sitio actúa como un fragmento ecológico y que la conservación de múltiples espacios verdes heterogéneos es fundamental para mantener la riqueza de mixomicetes en ambientes urbanos.

Los resultados de los parques urbanos estudiados evidencian que albergan una comunidad diversa y ecológicamente estructurada, cuyos patrones de distribución están fuertemente influenciados por el sustrato y el microambiente local.

X. RECOMENDACIONES

Para futuros estudios sobre mixomicetes en ambientes urbanos se recomienda aumentar el esfuerzo de muestreo, tanto en número de cámaras húmedas como en la diversidad de sustratos analizados, así como recolección en campo, con el fin de mejorar la detección de especies poco frecuentes.

Asimismo, es conveniente estandarizar las condiciones de monitoreo e incubación en laboratorio (p. ej. humedad, temperatura y tiempo de exposición), ya que estas variables influyen en el desarrollo de los plasmodios y esporocarpos en cámara húmeda.

También se sugiere incorporar muestreos repetidos a lo largo del año para capturar la variabilidad estacional y evaluar la influencia de microambientes y del grado de urbanización. Finalmente, la inclusión de análisis comparativos entre sustratos y el monitoreo de variables microambientales permitirán una mejor interpretación de los patrones de riqueza y composición de especies en parques urbanos.

XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Accad, N. S. B., Bernardo, D. A. C., Candelaria, V. D. A., Deleniana, L., Olivares, J.C., Dagamac, N.H.A. y De la Cruz, T.E.E. 2023. Occurrence of myxomycetes in selected elevated urban residential gardens in Metro Manila, Philippines. *Philippine Journal of Systematic Biology Online*. 17(1): 16-22.
- Adl, S. M., Bass, D., Lane, C.E., Lukeš, J., Schoch, C.L., Smirnov, A., Agatha, S., Berney, C., Brown, M.W., Burki, F., Cárdenas, P., Čepička, I., Chistyakova, L., Campo, J., Dunthorn, M., Edwardsen, B., Eglit, Y., Guillou, L., Hampl, V., Heiss, A. A., Hoppenrath, M., James, T.Y., Karpov, S., Kim, E., Kolisko, M., Kudryavtsev, A., Lahr, D.J.G., Lara, E., Le Gall, L., Lynn, D.H., Mann, D.G., Massana Molera, R., Mitchell, E.A.D., Morrow, C., Park, J.S., Pawlowski, J.W., Powell, M.J., Richter, D.J., Rueckert, S., Shadwick, L., Shimano, S., Spiegel, F.W., Torruella Cortes, G., Youssef, N., Zlatogursky, V. y Zhang, Q. 2018. Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 66(1): 4–119.
- Castro, P., Escoriza, T., Oltra, J., Otero, M. y Sanahuja, E. 2003. ¿Qué es una ciudad? Aportaciones para su definición desde la prehistoria. *ScriptaNova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. 7: 146.
- Cavalier-Smith, T. 2013. Early evolution of eukaryote feeding modes, cell structural diversity and classification of the protozoan phyla Loukozoa, Sulcozoa, and Choanozoa. *European Journal of Protistology*. 49(2): 115–178. <https://doi.org/10.1016/j.ejop.2012.06.001>
- Chen, S. 2023. The taxonomic history of Myxomycetes (Myxogastrea). *Mycosystema*. 42(1): 38-49. <https://doi.org/10.13346/j.mycosystema.220240>
- Chen, Y. F., Yea, P. A., Chang, J. H. y Liu, C. H. 2005. Myxomycetes in Hsien Chi-Yen, Taipei City. *Collection and Research*. 18: 15-23.
- Clark, J. y Haskins, E. 2014. Sporophore morphology and development in the mixomycetes: a review. *Mycosphere*. 5(1): 153-170.

- Clark, J. y Haskins, E. 2016. Mycosphere essays 3. Myxomycete spore and amoeboflagellate biology: a review. *Mycosphere*. 7(2): 86-101.
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica, CEIEG. 2021. Tuxtla Gutierrez, mapa municipal. <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/productos/files/MAPASMUN/101.pdf>. Consultado el 11 de octubre de 2023.
- Comunidad de iNaturalist, 2025. Observaciones de Biodiversidad del Parque del Oriente en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, observado en 2019-2025. <https://www.inaturalist.org>. Consultado el 04 de octubre de 2025.
- Comunidad de iNaturalist, 2025. Observaciones de Biodiversidad del Parque Ecológico y Recreativo “Joyyo Mayu” en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, observado en 2018-2025. <https://www.inaturalist.org>. Consultado el 04 de octubre de 2025.
- Comunidad de iNaturalist, 2025. Observaciones de Biodiversidad del Parque Caña Hueca en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, observado en 2023-2025. <https://www.inaturalist.org>. Consultado el 04 de octubre de 2025.
- Dagamac, N. H. A. y de la Cruz, T. E. E. 2015. The Diversity and Ecological Roles of Myxomycetes in Different Forest Ecosystems. *Mycology: An International Journal on Fungal Biology*. 6(4): 193-203.
- De la Cruz-Santana, A. 2024. Reseña de la calidad del aire de la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático (IIGERCC). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Escobedo, F.J., Kroeger, T. y Wagner, J.E. 2011. Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices. *Environmental Pollution*. 159: 2078-2087. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.01.010>.
- Estrada-Torres, A., Wrigley de Basanta, D., Conde, E. y Lado, C. 2009. Myxomycetes associated with dryland ecosystems of the Tehuacán-Cuicatlán Valley Biosphere Reserve, Mexico. *Fungal Diversity*. 36:17-56.

- Fierer, N. y Jackson, R.B. 2006. The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *P Natl Acad Sci USA*. 103: 626–631.
- Fiore-Donno, A. M. Clissmann, F. Meyer, M. Schnittler, M. y Cavalier-Smith, T. 2013. Two-gene phylogeny of bright-spored mixomicetes (Slime moulds, Superorder Lucisporidia). *PLoS One*. 8(5): 12 pp. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062586>.
- Galindo-Flores, G., Hernández-Cuevas, L., Rodríguez-Palma M. y Estrada-Torres, A. 1993. Contribución al conocimiento de los myxomycetes del parque nacional Lagunas de Zempoala. *Acta Bot. Mex*. 21: 27-42.
- García, T. 2024. Parque del Oriente: Un pulmón verde y deportivo en Tuxtla Gutiérrez. <https://oem.com.mx/elheraldodechiapas/local/parque-del-oriente-un-pulmon-verde-y-deportivo-en-tuxtla-gutierrez-13192213?.com>. Consultado el 13 de noviembre de 2025.
- García-Chaves, C., Rojas, C. y Niño-García J.P. s.d. Synecological aspects of myxomycetes in Antioquia, Colombia.
- García-Cunchillos, I., Estébanez, B. y Lado, C. 2021. New Approach to the Ultrastructure of the Capillitium in the Order Trichiales (Myxomycetes, Amoebozoa) and its Phylogenetic Implications. *Protist*. 172(2): 16 pp. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2021.125805>
- Gispert-Cruells M., Rodríguez-González H., González-Esquinca A.R. 2002. Los diversos y floridos árboles de los parques de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Universidad Nacional Autónoma de México, Gobierno del estado de Chiapas. México.
- González-Herrera, R. 2013. Estimación de las pérdidas económicas en las estructuras asociadas a peligro sísmico en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geofísica.
- Gray, W.D. y Alexopoulos, C.J. 1968. Biology of the Myxomycetes. The Ronald Press Company, New York.

- Gubanov, E. S., Gmoshinskiy, V. I., Bortnikov, F. M., Matveev, A. V. y Novozhilov, Y. K. 2022. Genus *Perichaena* (Myxomycetes, Trichiales, Arcyriaceae): nomenclature history and recommendations for morphospecies identification. *Микология и фитопатология*. 56(6): 393-410.
- Gutiérrez-Zamarripa, S. y Pérez-Ovando, E. C. 2024. Los mixomicetes de Chiapas: nueve décadas de estudio. *Slime Molds*. 4(16): 10 pp.
- Högberg, M.N., Högberg, P. y Myrold, D.D. 2007. Is microbial community composition in boreal forest soils determined by pH, C-to-N ratio, the trees, or all three? *Oecologia*. 150: 590–601.
- Hoppe, T. y Kutschera, U. 2010. Ecological Role of Myxomycetes in a Deciduous Forest. *Plant Signaling & Behavior*. 5(11): 1568-1570.
- Hosokawa, A. Reid, C. R. y Latty, T. 2019. Slimes in the city: The diversity of mixomicetes from inner-city and semi-urban parks in Sydney, Australia. *Fungal Ecology*. 39: 37-44.
- Ing, B. y Stephenson, S. L. 2022. The history of the study of myxomycetes. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Academic Press.
- Instituto Ciudadano de Planeación Municipal, ICIPLAM. 2015. Valoración de los parques urbanos. La ruta hacia una tuxtla sustentable. <https://tuxtla.gob.mx/iciplam/descargas/VALORACION-DE-LOS-PARQUES-URBANOS-2015.pdf>. Consultado el 11 de noviembre de 2023.
- Instituto de Investigación en Gestión de Riesgos y Cambio Climático, IIGERCC. 2023. Índice Multidimensional para Determinar la Habitabilidad Urbana en Tuxtla Gutiérrez: Versión Ejecutiva. [https://iigercc.unicach.mx/views/images/source/Proyectos/Habitabilidad TGz/Habitabilidad Urbana TuxtlaGtz VEjecutiva.pdf](https://iigercc.unicach.mx/views/images/source/Proyectos/Habitabilidad_TGz/Habitabilidad_Urbana_TuxtlaGtz_VEjecutiva.pdf). Consultado el 12 de diciembre de 2024.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía e Informática, INEGI. 2022. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas (07101). <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=070000070101#tabMCCollapso-Indicadores>. Consultado el 11 de noviembre de 2024.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/07/07101.pdf. Consultado el 11 de noviembre de 2023.
- Jangid, K., Williams, M.A., Franzluebbers, A.J., Sanderlin, J.S., Reeves, J.H., Jenkins, M.B., Endale, D.M., Coleman, D.C. y Whitman, W.B. 2008. Relative impacts of land-use, management intensity and fertilization upon soil microbial community structure in agricultural systems. *Soil Biol Biochem.* 40: 2843–2853. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.07.030>
- Kang, S., Tice, A. K., Spiegel, F.W., Silberman, J.D., Pánek, T. y Cepicka, I. 2017. Between a pod and a hard test: The deep evolution of Amoebae. *Molecular Biology and Evolution.* 34(9): 2258–2270.
- Keller, H. W. Everhart, S. E. y Kilgore, C. M. 2022. The Myxomycetes: Introduction, basic biology, life cycles, genetics, and reproduction. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. 2a ed. Academic Press. Pp. 1-45.
- Keller, H.W. 2021. Morel mushrooms, macrofungi, corticolous myxomycetes and American elm trees. *FUNGI.* 14(2): 23-34.
- Keller, H.W., Braun, K. 1999. Myxomycetes of Ohio: their systematics, biology and use in teaching. *Ohio Biological Survey, New Series.* 13: 1-182.
- Kireeva, N.I. y Gmoshinskiy, V. 2024. First data on myxomycetes of Moscow City blocks. En: *Study and Conservation of Biodiversity of Natural Anthropogenic Mycobiota: Proceedings of the International Scientific Conference.* Krasnoufimsk. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14181484>. Pp. 64-69.

- Kolde, R. 2025. Pheatmap: Pretty Heatmaps. <https://cran.r-project.org/web/packages/pheatmap/pheatmap.pdf>
- Kryvomaz, T., Voloshkina, O., Michaud, A. y Andrusishina, I. 2016. The analysis of metals biotransformation by alpine nivicolous myxomycetes from substrates. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5:10: 50-57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79440>
- Lado, C. 2005-2025. An on line nomenclatural information system of Eumycetozoa. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. <https://eumycetozoa.com>. Consultado el 17 de febrero de 2024.
- Lado, C. 2025. ETYMOMYX. Los nombres de los Myxomycetes y grupos afines (Eumycetozoa). Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid, Spain. <https://etymomyx.csic.es>
- Lado, C. y Eliasson, U. 2017. Taxonomy and systematics: current knowledge and approaches on the taxonomic treatment of myxomycetes. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. Academic Press. Pp. 205-251.
- Lado, C. y Nannenga-Bremekamp, N. E. 2022. Descriptive, Illustrated Keys to the World's mixomicetes. CSIC: España.
- Lado, C. y Rojas, C. 2020. Guía para el estudio de la taxonomía y ecología de Mixomicetes. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/1755244-guia-para-el-estudio-de-la-taxonomia-y-ecologia-de-mixomicetes?offset=2>. Consultado el 5 de septiembre de 2023.
- Lado, C. y Wrigley de Basanta, D. 2008. A review of Neotropical Myxomycetes (1828-2008). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 65(2): 211–254. <http://dx.doi.org/10.3989/ajbm.2008.v65.i2.293>
- Lado, C., Estrada-Torres, A., Stephenson, S. L., Wrigley de Basanta, D. y Schnittler, M. 2003. Biodiversity assessment of myxomycetes from two tropical forest reserves in Mexico. *Fungal Diversity*. 12(1): 67-110.

- Lado, C., Estrada-Torres, A., Wrigley de Basanta, D., Schnittler, M. y Stephenson, S. L. 2017. A rapid biodiversity assessment of myxomycetes from a primary tropical moist forest of the Amazon basin in Ecuador. *Nova Hedwigia*. 104(1-3), 293-321.
- Latowski, D., Lesiak, A., Jarosz-Krzeminska, E. y Strzalka, K. 2008. *Fuligo septica*, as a new model organism in studies on interaction between metal ions and living cells. *Metal Ions in Biology and Medicine and Medicine*. 10: 204-209.
- Leonardo-Silva, L. Moreira, I. C. Camilo-Cotrim, C. F. Rojas, C. y Xavier-Santos, S. 2021. Ecological aspects of myxomycete assemblages in two Brazilian Cerrado landscapes. *Slime Molds*. 1(8): 12 pp. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5098451>.
- Leontyev, D. V. Schnittler, M. Stephenson, S. L. Novozhilov, Y. K. y Shchepin, O. N. 2019. Towards a phylogenetic classification of the mixomicetes. *Phytotaxa*. 399(3): 209-238.
- Leontyev, D. V. y Schnittler, M. 2022. The phylogeny and phylogenetically based classification of mixomicetes. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. 2ª ed. Academic Press. Pp. 97-124.
- Lister, A. 1925. A monograph of the Mycetozoa, 3ª ed. Revised by G. Lister. Printed by order of the Trustees. London.
- López-Sánchez, M. E., Honrubia, M., Gracia, E. y Gea, F.J. 1986. Revisión bibliográfica sobre la biología de los mixomicetes. Editum. Universidad de Murcia. Pp. 1-94.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Malden, MA. Pp. 1-256.
- Martin, G. W. y Alexopoulos, C. J. 1969. *The Myxomycetes*. Iowa City: University of Iowa Press. Pp. 1-561.

- Mitchel, D.H., Chapman, S.W. y Farr, M.L. 1980. Notes on Colorado fungi IV: Myxomycetes. *Mycotaxon* 10(2): 299–349.
- Moreno, C. E. 2000. Métodos para medir la biodiversidad. Volumen 1. Manuales y tesis SEA. Pp. 1-84.
- Moreno, G., Lizárraga, M. y Illana, C. 2007. Catálogo de los Myxomycetes de México. *Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid*. 31: 187-229.
- Nannenga-Bremekamp, N. E. y Lado, C. 2022. Descriptive, Illustrated Keys to the World's Myxomycetes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas: España. Pp. 1-581.
- Ndiritu, G. G., Spiegel, F. W. y Stephenson, S. L. 2009. Distribution and ecology of myxomycete assemblages associated with different microhabitats. *Fungal Ecology*. 2(4): 168-183.
- Nielsen, A. B., Van Den Bosch, M., Maruthaveeran, S. y Van Den Bosch, C. K. 2014. Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. *Urban ecosystems*. 17: 305-327.
- Niemelä, J. 2014. Ecology of urban green spaces: The way forward in answering major research questions. *Landscape and urban planning*. 125: 298-303.
- Nolasco-Garduño, S. 2018. Contribución al estudio sistemático del complejo *Didymium squamulosum* de algunas zonas de Latinoamérica. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Tlaxcala. http://repositorio.uatx.mx:8443/jspui/handle/DSyTI_UATx/444
- Novozhilov, Y. K. Rollins, A. W. Shchepin, O. N. y Schnittler, M. 2022. Ecology and distribution of myxomycetes. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. 2ª ed. Academic Press. Pp. 325-376.
- Novozhilov, Y.K., Schnittler, M., Zemlianskaia, I.V. y Fefelov, K.A. 2000. Biodiversity of plasmodial slime moulds (Myxogastria): measurement and interpretation. *Protistology* .1: 161-178.

- Oksanen, J., Simpson, G., Blanchet, F., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P., O'Hara, R., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Borman, T., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M., Lahti, L., Martino, C., McGlinn, D., Ouellette, M., Ribeiro-Cunha, E., Smith, T., Stier, A., Ter-Braak, C. y Weedon, J. 2025. Vegan: Community Ecology Package. doi:10.32614/CRAN.package.vegan
- Paudel, S. y States, S. L. 2023. Urban green spaces and sustainability: Exploring the ecosystem services and disservices of grassy lawns versus floral meadows. *Urban Forestry & Urban Greening*. 84: 1-14.
- Pérez, A. 2014. Estudio socioambiental de los parques y áreas verdes de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.
- Poulain, M., Meyer, M. y Bozonnet, J. 2011. Les Myxomycètes. Fédération. Mycologique et Botanique Dauphiné- Savoie, Sévrier. Pp. 5-190.
- R Core Team, 2025. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rincón-Marín, C. García-Chaves, M. C. Valverde, R. y Rojas C. 2021. Myxomycete ecology in urban areas: rapid assessment from two cities. *Current Research in Environmental & Applied Mycology*. 11(57): 58-66.
- Rodríguez-Palma, M. 1998. Myxomycetes of the state of Tlaxcala. *Mcllvainea*. 13: 25-33.
- Rojas, C. Valverde, R. y Rojas, P. A. 2022. Myxomycetes associated with three different types of Neotropical urban landscapes. *Studies in Fungi*. 7(1): 1-7.
- Rojas, C. y Stephenson, S. L. 2008. The Ecological Role of Myxomycetes in Tropical Forests. *Fungal Ecology*. 1(1): 20-27.

- Rojas, C. y Stephenson, S.L. 2013. Effect of forest disturbance on myxomycete assemblages in the southwestern Peruvian Amazon. *Fungal Divers.* 59: 45-53.
- Rojas, C. y Valverde, R. 2015. Ecological patterns of lignicolous myxomycetes from two different forest types in Costa Rica. *Nova Hedwigia.* 101(1): 21–34.
- Rojas, C., Rojas, P. A., y Stephenson, S. L. 2021. Phenology of myxomycetes in Turrialba, Costa Rica. *Karstenia.* 59(1-2): 1-12.
- Rojas-Alvarado, C., Solano-Arguendas, A.F., García-Chaves, M.C. y Rojas-Camacho, P. 2025. Los mixomicetes del Área Metropolitana de Costa Rica: asociación con la calidad del aire y los atributos químicos de la corteza de los árboles. *Scientia Fungorum.* 56: 1-12.
<https://doi.org/10.33885/sf.2025.56.1483>
- Rojas-Guerrero, F. 2025. Efecto de la dominancia de vegetación exótica y la disponibilidad de sustratos sobre la diversidad biológica de mixomicetes en bosques de Tlaxcala y alrededores. Tesis de Maestría. Universidad de Tlaxcala, Tlaxcala de Xicohténcatl, México. Pp. 5-30.
- Rollins, A. W. y Stephenson, S. L. 2011. Global distribution and ecology of myxomycetes. *Plant Biology.* 12: 2-11.
- Rostafiński, J. 1873. Versuch eines systems der Mycetozen. University Press, Strassburg. Pp. 1-115.
- Salazar Hernández, B.B., Rojas, C., Andrade-Torres, A. y Medel-Ortiz, R. 2022. New records of myxomycetes for the state of Veracruz from Cofre de Perote National Park. *Slime Molds.* 2(1): 1-23.
- Schnittler, M. y Novozhilov, Y.K. 1998. Late-autumn myxomycetes of the northern Ammergau Alps. *Nova Hedwigia* 66. Pp. 205-222.
- Schnittler, M., Dagamac, N. H. A., Woyzichovski, J. y Novozhilov, Y. K. 2022. Biogeographical patterns in myxomycetes. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology.* 2ª ed. Academic Press. Pp. 377-416.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT. 2015. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. México.
- Secretaría de Obras Públicas del Estado de Chiapas, SOP. s.d. Programa de Ordenamiento de la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (POZM-TG). https://sop.chiapas.gob.mx/descargassop/ANEXOS/POZMTG_Final.pdf. Consultado el 11 de noviembre de 2024.
- Secretaria General de Gobierno, SGG. 2018. Programa de Desarrollo Urbano Del Centro de Población de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 2015-2040. (PDUCP TGZ 2015-2040). Periódico Oficial No. 361, 3ra Sección.
- Sibaja-Matarrita, R. Barboza-Chinchilla, L. y Rojas, C. 2018. ¿Pueden los micetozoos ser usados como indicadores de salud del suelo en el contexto agrícola de Costa Rica? *Revista de Ciencias Ambientales*. 52(1): 161-174.
- Silva, M., García, A. y Hernando, A. 2015. Crecimiento de la mancha urbana en la Zona Metropolitana de Tuxtla Gutiérrez (Chiapas, México). *Que hacer Científico en Chiapas*. 10(2): 35-41.
- Snell, K. L. y Keller, H. W. 2003. Influence of Microhabitat on the Distribution of Myxomycetes in Tropical Forests of Costa Rica. *Mycologia*. 95(4): 473-482.
- Stephenson, S. L. 2021. Secretive slime moulds: myxomycetes of Australia. CSIRO PUBLISHING.
- Stephenson, S. L. Payal, N. Kaur, G. y Rojas, C. 2021. Assemblages of mixomicetes associated with three different substrates affected by forest wildfires. *Plant Ecology and Evolution*. 154(1): 15-27.
- Stephenson, S. L. y Stempen, H. 1994. Myxomycetes; a handbook of slime molds. Timber Press: Portland.

- Stephenson, S. L., Elliott, T. F., Elliott, K. y Vernes, K. 2023. Myxomycetes associated with the bark, cones and leaves of Australian cypress pines (*Callitris* spp.). *Australian Journal of Botany*. 71(3): 157-165.
- Stephenson, S. y Landolt, J. 1996. The vertical distribution of dictyostelids and myxomycetes in the soil/litter microhabitat. *Nova Hedwigia*. 62(1): 105-117.
- Takahashi, K. 2024. Myxomycetes on the bark of living *Metasequoia glyptostroboides* trees and their distribution along a rural-urban gradient. *Mycoscience*. 65(3): 123-132.
- Takahashi, K., Harakon, Y. y Fukasawa, Y. 2018. Geographical distribution of myxomycetes living on *Cryptomeria japonica* bark in Japan. *Mycoscience*. 59: 379–385.
- Touray, F. y Ergül, C. C. 2019. Record of myxomycetes on monumental trees in Bursa city center–Turkey. *European Journal of Biology*. 78(1): 40-50.
- Treviño-Zevallos, I. F. 2021. Estudio biosistemático de mixomicetes altoandinos. Tesis Doctoral. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid, España. 332 pp.
- Treviño-Zevallos, I. F. y Lado, C. 2022. Myxomycetes de la Estación Biológica Wayqecha (Cusco-Perú). Instituto Científico Michael Owen Dillon. Arequipa, Perú. 198 pags.
- Wahid, J. y Karsono, B. 2008. Sustainable urban green space as urban ecology Case Study: Urban Parks in Medan. Conferencia: NURI International Conference and Symposium, Architecture, Development and UrbanizationAt: Brastagi, Sumatera Utara, Indonesia.
- Welden, A. L., Dávalos, L. y Guzmán, G. 1979. Segunda lista de hongos, líquenes y myxomycetes de las regiones de Uxpanapa, Coatzacoalcos, Los Tuxtlas, Papaloapan y Xalapa (México). *Bol.Soc. Mex. Mic.* 13: 151-161.

- Wellman, P. 2023. The importance of substrate properties in the occurrence of species of myxomycetes. *Slime Molds*. 3(5): 4-10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6998855>
- Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L. D., François, R., Grolemund, G., Hayes, A., Henry, L., Hester, J., Kuhn, M., Pedersen, T. L., Miller, E., Bache, S. M., Müller, K., Ooms, J., Robinson, D., Seidel, D. P., Spinu, V., Takahashi, K., Vaughan, D., Wilke, C., Woo, K. y Yutani, H. 2019. Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*. 4(43): 6-14. doi:10.21105/joss.01686
- Wijayawardene, N.N., Hyde, K.D., Al-Ani, L.K.T., Tedersoo, L., Haelewaters, D., Rajeshkumar, K.C., Zhao, R.L., Aptroot, A., Leontyev, D.V., Saxena, R.K., Tokarev, Y.S., Dai, D.Q., Letcher, P.M., Stephenson, S.L., Ertz, D., Lumbsch, H.T., Kukwa, M., Issi, I.V., Madrid, H., Phillips, A.J.L., Selbmann, L., Pfliegler, W.P., Horvath, E., Bensch, K., Kirk, P.M., Kolaříková, K., Raja, H.A., Radek, R., Papp, V., Dima, B., Ma, J., Malosso, E., Takamatsu, S., Rambold, G., Gannibal, P.B., Triebel, D., Gautam, A.K., Avasthi, S., Suetrong, S., Timdal, E., Fryar, S.C., Delgado, G., Reblova, M., Doilom, M., Dolatabadi, S., Pawłowska, J.Z., Humber, R.A., Kodsueb, R., Sanchez-Castro, I., Goto, B.T., Silva, D.K.A., de Souza, F.A., Oehl, F., da Silva, G.A., Silva, I.R., Błaszowski, J., Jobim, K., Maia, L.C., Barbosa, F.R., Fiuza, P.O., Divakar, P.K., Shenoy, B.D., Castañeda-Ruiz, R.F., Somrithipol, S., Lateef, A.A., Karunarathna, S.C., Tibpromma, S., Mortimer, P.E., Wanasinghe, D.N., Phookamsak, R., Xu, J., Wang, Y., Tian, F., Alvarado, P., Li, D.W., Kusan, I., Matošević, N., Mesić, A., Tkalić, Z., Maharachchikumbura, S.S.N., Papizadeh, M., Heredia, G., Wartchow, F., Bakhshi, M., Boehm, E., Youssef, N., Hustad, V.P., Lawrey, J.D., Santiago, A.L.C.M.A., Bezerra, J.D.P., Souza-Motta, C.M., Firmino, A.L., Tian, Q., Houbraken, J., Hongsanant, S., Tanaka, K., Dissanayake, A.J., Monteiro, J.S., Grossart, H.P., Suija, A., Weerakoon, G., Etayo, J., Tsuraykau, A., Vazquez, V., Mungai, P., Damm, U., Li, Q.R., Zhang, H., Boonmee, S., Lu, Y.Z., Becerra, A.G., Kendrick, B., Brearley, F.Q., Motiejunaite, J., Sharma, B.,

- Khare, R., Gaikwad, S., Wijesundara, D.S.A., Tang, L.Z., He, M.Q., Flakus, A., Rodriguez-Flakus, P., Zhurbenko, M.P., McKenzie, E.H.C., Stadler, M., Bhat, D.J., Liu, J.K., Raza, M., Jeewon, R., Nassonova, E.S., Prieto, M., Jayalal, R.G.U., Erdogdu, M., Yurkov, A., Schnittler, M., Shchepin, O.N., Novozhilov, Y.K., Silva-Filho, A.G.S., Gentekaki, E., Liu, P., Cavender, J.C., Kang, Y., Mohammad, S., Zhang, L.F., Xu, R.F., Li, Y.M., Dayarathne, M.C., Ekanayaka, A.H., Wen, T.C., Deng, C.Y., Pereira, O.L., Navathe, S., Hawksworth, D.L., Fan, X.L., Dissanayake, L.S., Kuhnert, E., Grossart, H.P. y Thines, M. 2020. Outline of fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere*. 11(1): 1060-1456.
- Wrigley de Basanta D. 2000. Acid deposition in Madrid and corticolous mixomicetes. *Stapfia*. 73: 113-120.
- Wrigley de Basanta, D. y Estrada-Torres, A. 2022. Techniques for recording and isolating myxomycetes: updated. En: Rojas, C. y Stephenson, S. L. (Eds.). *Myxomycetes: Biology, Systematics, Biogeography and Ecology*. 2ª ed. Academic Press. Pp. 417-451.
- Wrigley de Basanta, D., 2004. The effect of simulated acid rain on corticolous myxomycetes. *Systematics and Geography of Plants*. 74: 175-181.
- Zavaleta-Palacios, M., Díaz-Nigenda, E., Vázquez-Morales, W., Morales-Iglesias, H. y Narcizo de Lima, G. 2020. Urbanización y su relación con la isla de calor en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 7(2):3-18.

XII. ANEXOS

Anexo 1. Oficio de permiso de recolecta.

TUXTLA GUTIÉRREZ
Ayuntamiento | 2021-2024

TUCHTLAN

Secretaría de Medio Ambiente y Movilidad Urbana

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a 24 de abril del 2024.
OFICIO No. SMAyMU/ 000547 /2024.

MC. ERIKA C. PÉREZ OVANDO
PROFESORA DE ASIGNATURA
LABORATORIO-TALLER DE LOS PROCESOS BIOCULTURALES,
EDUCACIÓN Y SUSTENTABILIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE
CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS.
PRESENTE.

Parque Recreativo y Deportivo
17/05/24
RECIBIDO
Prolongación de la 5a. Norte Poniente S/N
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Por medio del presente me es grato enviarle un cordial saludo y en atención a su oficio sin número de fecha 16 de abril del presente año, la cual solicita el apoyo para otorgar las facilidades a las alumnas Berenice Beatriz Pérez Ruíz y Norlenny Lizbeth Jonapá Pérez estudiantes de octavo y noveno semestre de la Licenciatura de Biología de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, en la recolecta de hojarasca, ramas y algunos hongos dentro de 05 parques de esta ciudad, para desarrollar los siguientes proyectos de investigación:

- Los macromicetos de los Parques de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
- Diversidad de *Myxomycetes* en Parques Urbanos de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Al respecto me permito informar a usted, que dicha solicitud es Procedente, sujetándose a lo siguientes puntos:

- Portar una identificación oficial por parte de la Universidad.
- Portar uniforme institucional.
- Presentar el cronograma de actividades ante esta dependencia, así como los puntos a muestrear.
- Portar en todo momento oficio de respuesta que emite esta Secretaría.
- Al inicio de las actividades presentarse con los administradores de cada parque.
- En caso de que por su naturaleza de las actividades requiera autorización por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), deberán hacer el trámite correspondiente.

Sin otro particular, le envío un cordial saludo.

RESPECTUOSAMENTE

LIC. AURELIO CRUZ OVANDO
SECRETARIO

E.g. Archivo/Municipio
DRA. RUIZ/UTM/NOA/16-10-2024

Paci
Tuxtla Gutiérrez
Secretaría de Medio Ambiente y Movilidad Urbana
DESPACHADO
24 ABR 2024
HORA: 17/05/24
H. AYUNTAMIENTO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

H. Ayuntamiento Constitucional de Tuxtla Gutiérrez | Administración 2021 - 2024
Avenida Central Poniente No. 544, Col. Centro, C.P. 29000, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Teléfono: (961) 83 2 5511 Ext. 3021
www.tuxtla.gob.mx

Anexo 2. Descripción taxonómica de las especies registradas.

Clase MYXOMYCETES

Subclase MYXOGASTROMYCETIDAE

Orden **CRIBRARIALES**

Familia **Cribrariaceae**

Género ***Cribraria***

Etimología: Del latín, *cribrum* -i + arius, -a, -um = hecho como un tamiz o cedazo.

Cribraria lepida Meyl., Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. 56:326 (1927)

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Ciudad Deportiva Parque del Oriente, Av. Rosa del Pte. s/n, Infonavit Grijalva, 29044. 16°45'39.66" N, -93°05'26.11" O. NLJP06, 20/jun/2024; NLJP07, 25/jun/2024; NLJP08, 25/jun/2024; NLJP09, 26/jun/2024; NLJP24, 01/jul/2024; NLJP25, 01/jul/2024; NLJP70, 09/jul/2024; NLJP93, 19/jul/2024; NLJP100, 23/jul/2024; NLJP106, 23/jul/2024; NLJP114, 30/jul/2024; NLJP116, 30/jul/2024.

Parque Recreativo Ecológico Patricia, 1ra y 2da. Oriente Sur. Colonia Francisco I. Madero, 29052. 16°43'47.60" N, -93°05'51.60" O. NLJP 14, 28/Jun/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP74, 09/jul/2024; NLJP75, 16/jul/2024; NLJP103, 23/jul/2024; NLJP128, 02/ago/2024; NLJP129, 02/ago/2024; NLJP135, 08/ago/2024.

Parque Salomón González "Joyyo Mayu", Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP79, 16/jul/2024; NLJP81, 16/jul/2024; NLJP82, 16/jul/2024; NLJP83, 16/jul/2024; NLJP 95, 23/jun/2024; NLJP98, 23/jun/2024; NLJP129, 02/ago/2024; NLJP133, 02/ago/2024; NLJP159, 09/sep/2024.

Descripción: Esporocarpos estipitados, gregarios o solitarios, erectos o inclinados, altura mayor ~1.5 mm. Esporoteca globosa, subglobosa o ligeramente piriforme, de

color violeta brillante, la parte superior lacerada en forma de red (Figura 20). Estípite color violeta oscuro, 4/5 de la altura total, rugoso, delgado a engrosado de arriba hacia abajo; marrón rojizo con luz transmitida. Hipotalo de color violeta oscuro, discoide o irregular.

Calículo hasta la mitad o 2/3 de la esporoteca, de color violeta con luz transmitida, hialino, de margen dentado, superficie cubierta por una red abierta en la porción superior con glóbulos de nictidina. Nudos en forma de estrella, pulvinados o similar a un racimo de uvas, densamente cubiertos de glóbulos de color violeta oscuro, conectados por 4-5 filamentos delgados, con o sin extremos libres.

Glóbulos de nictidina de 0.5 –1.5 μm de diámetro, de color violeta. Esporas libres, de color violeta brillante en masa, subglobosas, de 5-6 μm de diámetro, violeta claro con luz transmitida, minuciosamente verrugosas.

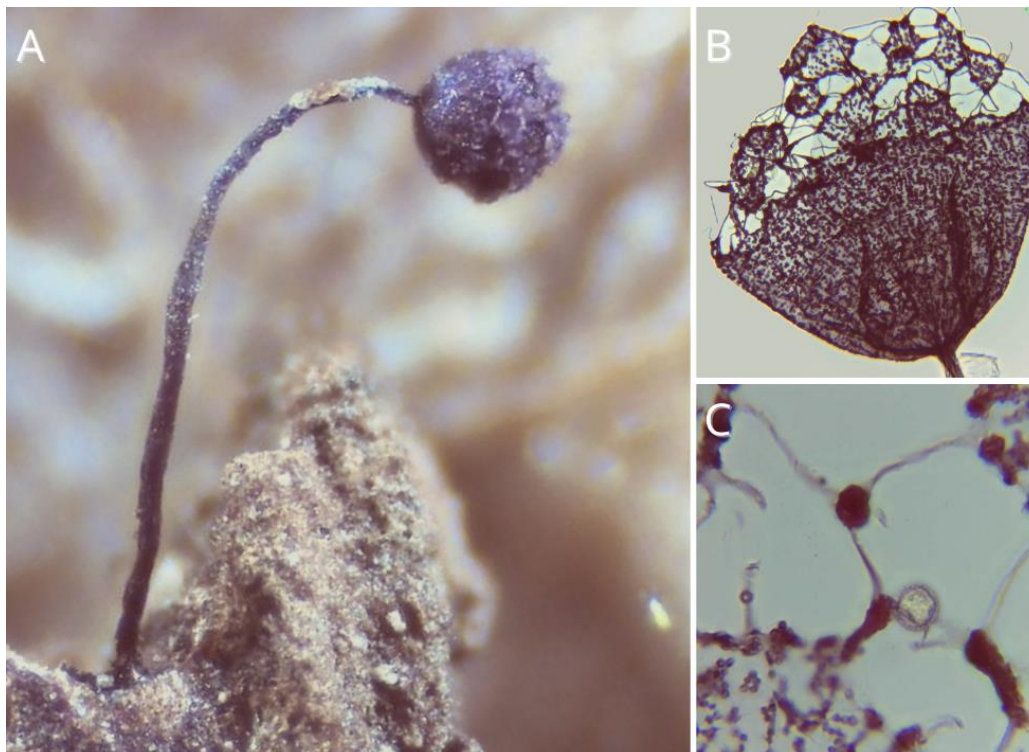


Figura 20. *Cribraria lepida*. A. Esporocarpo; B. Esporoteca; C. Esporas y nudos.

Cribraria violacea Rex, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 43:393 (1891)

Etimología: Del latín, *violaceus*, -a, -um = violáceo, de color violeta.

Material estudiado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Ciudad Deportiva Parque del Oriente, Av. Rosa del Pte. s/n, Infonavit Grijalva, 29044. 16° 16'45"39.66" N, -93°05'26.11" O. NLJP72, 09/jul/2024; NLJP94, 19/jul/2024; NLJP118, 30/jul/2024; NLJP119, 30/jul/2024; NLJP122, 30/jul/2024.

Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro "FundamAT", Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP15, 28/jun/2024; NLJP90, 19/jul/2024; NLJP107, 23/jul/2024; NLJP112, 30/jul/2024; NLJP120, 30/jul/2024.

Parque Recreativo Ecológico Patricia, 1ra y 2da. Oriente Sur. Colonia Francisco I. Madero, 29052. 16°43'47.60" N, -93°05'51.60" O. NLJP121, 30/jul/2024; NLJP131, 02/ago/2024; NLJP137, 15/ago/2024; NLJP138, 15/ago/2024; NLJP139, 15/ago/2024.

Descripción: Esporocarpos estipitados, gregarios o dispersos. Esporotecas suberectas brillantes, subglobosas o proladas, erectas, inclinadas, altura de 1- 2 mm. Esporoteca globosa, subglobosa o piriforme, después de la dehiscencia permanece el cálculo con la parte superior lacerada en forma de una red. Estípites de color violeta oscuro, rugoso, husándose hacia arriba; marrón rojizo con luz transmitida. Hipotalo de color violeta oscuro, discoide o irregular.

Calículo hasta la mitad o 2/3 de la esporoteca, de color violeta con luz transmitida, hialino, de margen dentado. Nudos de tamaño y forma irregular o aplanado, escasos, a veces con huecos; conectados por hilos delicados que forman una red abierta, con o sin extremos libres (Figura 21).

Glóbulos de nictidina de 1–1,5 µm de diámetro, de color violeta oscuro o púrpura. Esporas libres, de color violeta brillante en masa, globosas a subglobosas, violeta claro con luz transmitida, verrugosas, 6-7-8 µm de diámetro.

Comentarios: *Cribraria violacea* y *C. lepida* son similares en color, tamaño, hábito e incluso en la ornamentación verrugosa de las esporas, pero en *C. lepida* las verrugas son más pequeñas que de *C. violacea*, además los nodulos o nudos son

aplanados, grandes, con pocas mallas y no tan individualizados, pequeños, pulvinados y gruesos como en *C. lepida*.

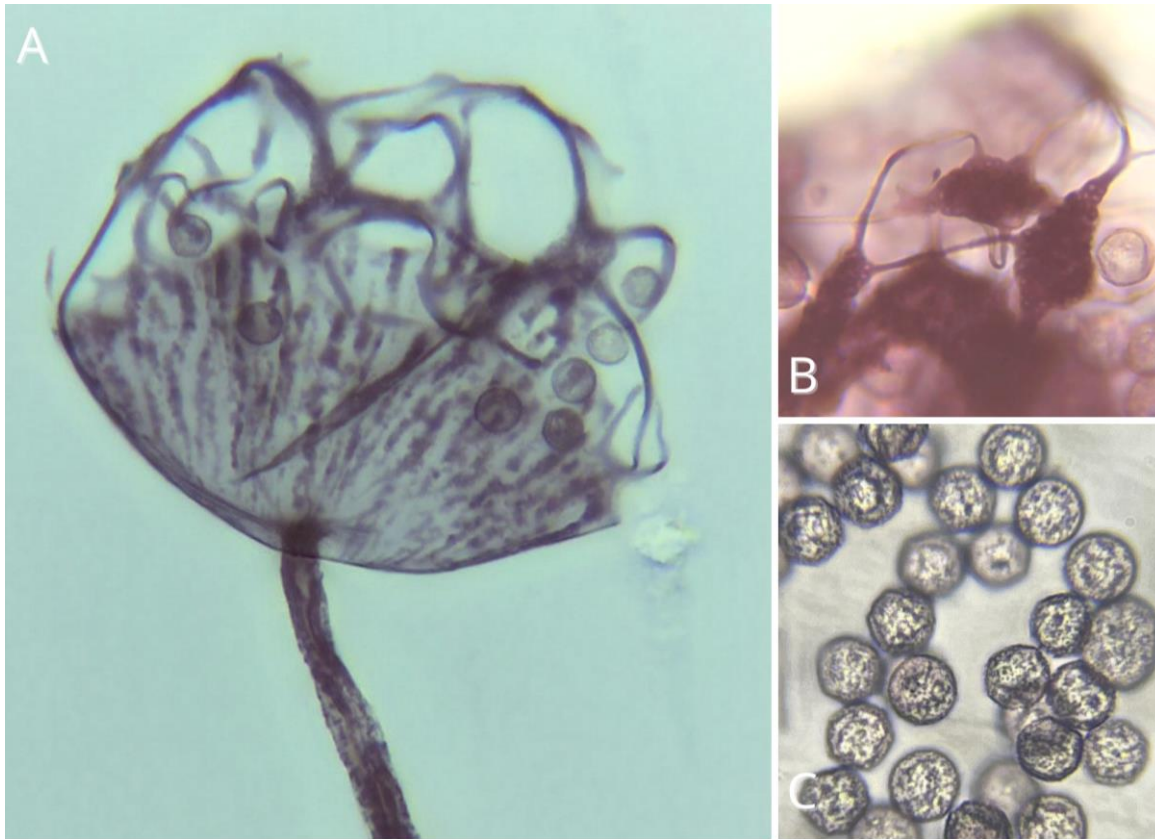


Figura 21. *Cribraria violacea*. A. Esporocarpio; B. Nudos; C. Esporas.

Orden **PHYSARALES**

Familia **Didermaceae**

Género ***Diderma***

Etimología: Gr. *di-* + *derma*, significa dos pieles, que quiere decir con peridio doble.

Diderma chondrioderma (de Bary & Rostaf.) Kuntze, Revis. gen. pl. 3(3):465 (1898)

Etimología: Gr. *chondros* + *derma*, que quiere decir piel, peridio cartilaginoso.

Material examinado: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP102, 23/jul/2024; NLJP151, 21/ago/2024.

Descripción: Esporóforos sésiles y plasmodiocárpicos, gregarios y dispersos. Esporangios blancos, algunos grisáceos por falta de cal, frágiles. subglobosos, algo deprimidos o pulvinados, de 0.4-3 mm de largo y ~0.3 de ancho (Figura 22). Peridio doble, tan juntas que parece una capa, la primera capa calcárea blanca, lisa o rugosa, la segunda capa interna es membranosa, blanquecina y poco traslúcida.

Hipotalo marrón rojizo apenas visible o de color coral blanquecino. Columela en forma de placa, plana en formada por glóbulos de color amarillo pálido. Capilicio escasamente o muy ramificado, de ~2 de diámetro, filamentos de color marrón a marrón oscuro, algunas partes suelen ser hialinas, reticulados, con nódulos calcáreos alargados.

Masa de esporas de color marrón, marrón claro en l.t., subglobosas, de 7-8-9-10-11-12-13 μm de diámetro, finamente verrugosas, las esporas más pequeñas dan aspecto de ser punteadas.

Comentarios: Dado que, *Diderma deplanatum* y *D. chondrioderma* presenta similaridad en los cuerpos fructíferos, existen diferencias notorias, algunas de ellas es la columela, en *D. chondrioderma* se manifiesta como una placa baja, plana, formada por globulos amarillentos. Del mismo modo, el hipotalo se presenta de forma variable en *D. chondrioderma*, mientras que en *D. deplanatum* es oscuro e iridiscente.

El material analizado de *D. chondrioderma* coincide con la descripción moderna de Nannenga-Bremekamp (2022), particularmente en la morfología y ornamentación de las esporas, el capilicio, columela y el tipo de fructificación. No obstante, las variaciones observadas en la abundancia del capilicio y en la coloración del hipotalo sugieren que factores ecológicos locales, tales como las condiciones microambientales de la cámara húmeda, pueden influir en la expresión morfológica de algunos caracteres.

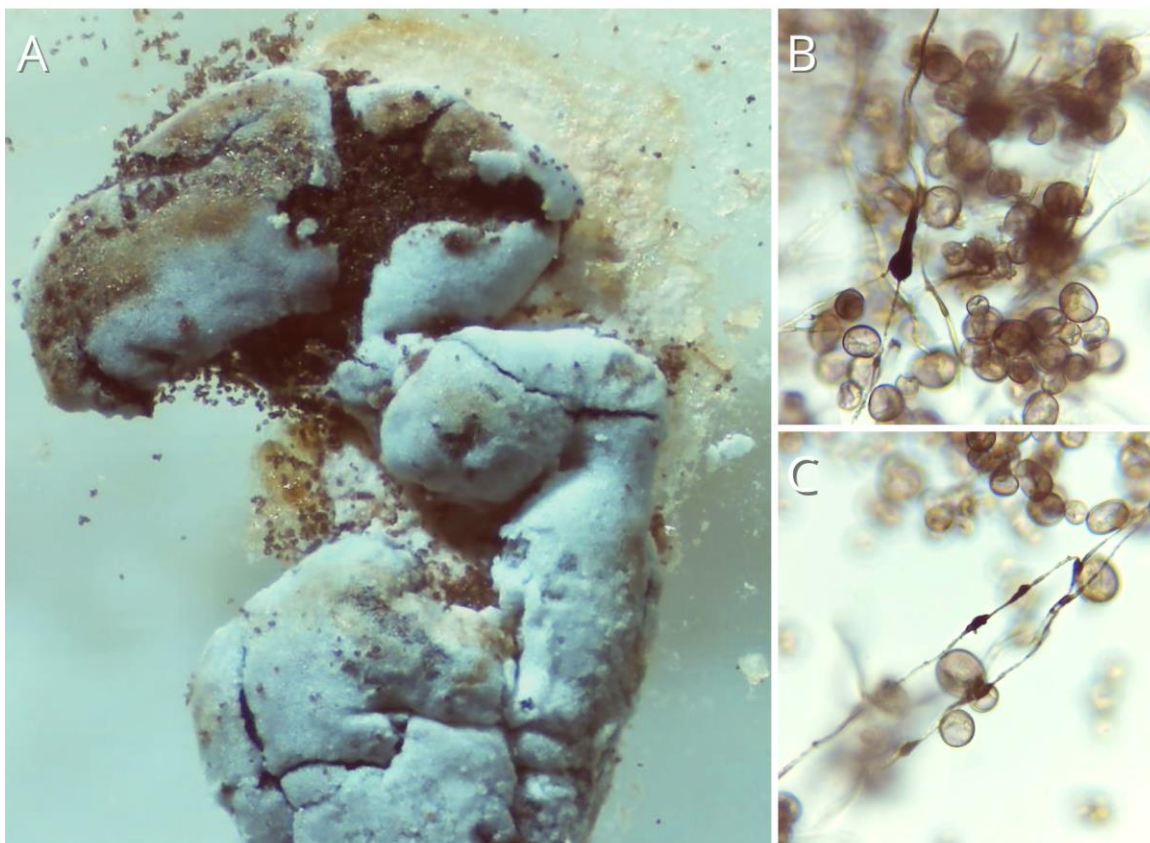


Figura 22. *Diderma chondrioderma*. A. Esporocarpio; B. Capilicio; C. Esporas.

Diderma deplanatum Fr., Syst. mycol. 3(1):110 (1829)

Etimología: Del Lat. *de-planatus*, -a, -um, que significa de forma aplanada.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, - 93°08'32.04" O. NLJP78, 16/jul/2024.

Descripción: Esporóforos sésiles, blancos, pulvinados a prolados, subglobosos, ligeramente aplanados por arriba, apiñados, a veces deformados por la presión mutua, o solitarios, entre 0.5-1.5 mm de largo y ~0.5 de diámetro. Peridio doble, las capas unidas como una sola, textura similar a un cascarón de huevo; la capa externa es rugosa compuesta por gránulos cristalinos de color blanco, la capa interna es delgada y de color blanquecina (Figura 23).

Hipotalo conspicuo, de color negruzco e iridiscente, en algunos esporóforos apiñados permaneció de color blanquecino de forma irregular. Columela de forma convexa, de color amarillento pálido, pequeña y corta, en algunos esporóforos está ausente. Capilicio escasamente ramificado y anastomosado, liso, hialino tornándose marrón-amarillento en algunas partes, con nódulos calcáreos, de 1-2-3 μm de diámetro.

Dehiscencia en pequeños huecos o de forma irregular, exponiendo la masa de esporas de color marrón oscuro. Esporas uniformemente verrucosas, libres o en grupos, de color marrón, de 7-11 μm de diámetro.

Comentarios: El material anteriormente estudiado coincide con las descripciones clásicas y modernas de *Diderma deplanatum*, sin embargo, se observaron variaciones notables respecto al tipo de fructificación, la coloración del hipotalo y la pigmentación del capilicio, esto podría explicarse por factores ecológicos locales, como humedad relativa y el tipo de sustrato.

A pesar de las variaciones, los caracteres claves como la estructura del peridio, tamaño y ornamentación de las esporas, el capilicio y presencia de columela reducida, son consistentes con *Diderma deplanatum* (Nannenga-Bremekamp, 2022).

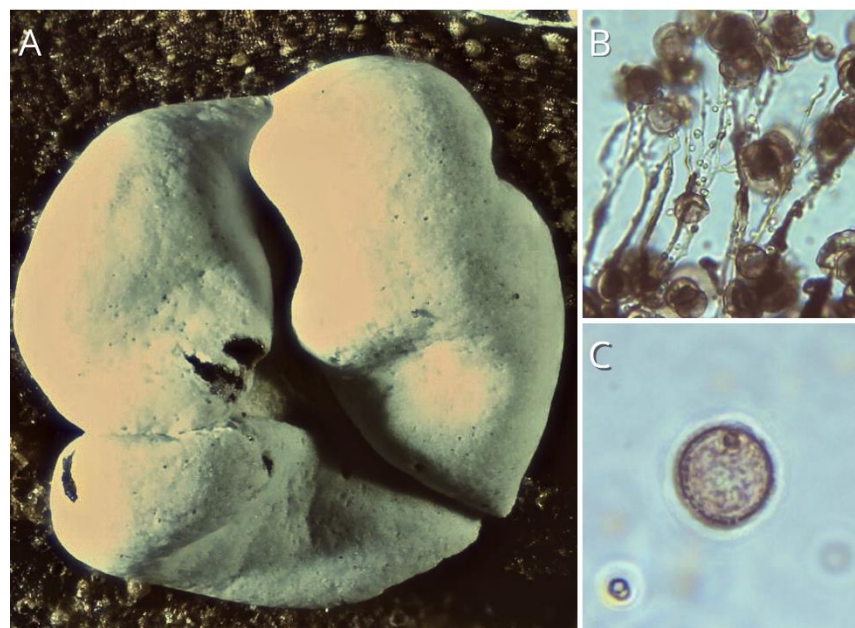


Figura 23. *Diderma deplanatum*. A. Esporocarpio; B. Capilicio; C. Espora.

Familia **Didymiaceae**

Género **Didymium**

Etimología: del griego *didymos* = doble.

Didymium flexuosum Yamash., J. Sci.Hiroshima Univ., Ser. B, Div.2, Bot. 3:31 (1936) (= *D. parietale* G.W. Martin & T.E. Brooks)

Etimología: Lat. *flexuosus*, -a, -um= flexuoso, sinuoso, tortuoso, retorcido.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Ciudad Deportiva Parque del Oriente, Av. Rosa del Pte. s/n, Infonavit Grijalva, 29044. 16° 16' 45" 39.66" N, -93° 05' 26.11" O. NLJP03, 17/jun/2024; NLJP05, 20/jun/2024; NLJP23, 01/jul/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP21, 01/jul/2024.

Descripción: Plasmodiocarpos y esporocarpos con estípites cortos. Los plasmodiocarpos son pulvinados a prolados y gregarios, ligeramente alargados; los esporocarpos, subglobosos. Hipotalo blanco, membranoso y coriáceo. La columela membranosa, en forma de placa, compuesta por cúmulo de cristales irregulares y subglobosos blanco-amarillentos vista desde el microscopio, no sobresale del esporocarpo. Peridio único, rugoso, de color gris (aspecto arenoso), conspicuamente cubierto de cristales de cal blanca; la dehiscencia es irregular (Figura 24).

Capilicio filamentosos, formado por tubos hialinos, delgados, con ramificaciones flexuosas y con abundantes terminaciones libres. Vesículas libres del capilicio, deformes, de aproximadamente 15 µm de diámetro, de color y ornamentación similar a las esporas. Esporas de 9.07- 11.09(-12.03) µm de diámetro, de color negruzco en masa; libres, marrones, globosas a subglobosas, con ornamentación verrugosa-reticulada.

Comentarios: El material estudiado coincide con *Didymium parietale* debido a las similitudes significativas del plasmodiocarpo, presencia de cristales de cal, capilicio

con vesículas ornamentadas, tamaño y ornamentación de las esporas, la presencia de una columela interna y no prominente es un rasgo consistente con la descripción de *D. parietale* (Martin y Alexopoulos, 1969). El ejemplar de Chiapas difiere en el color del capilicio, ya que estas son completamente hialinas.

Actualmente *Didymium parietale* G.W. Martin & T.E. Brooks (1938) es sinónimo de *Didymium flexuosum* Yamash., J. (1936) este último se considera como el nombre válido.

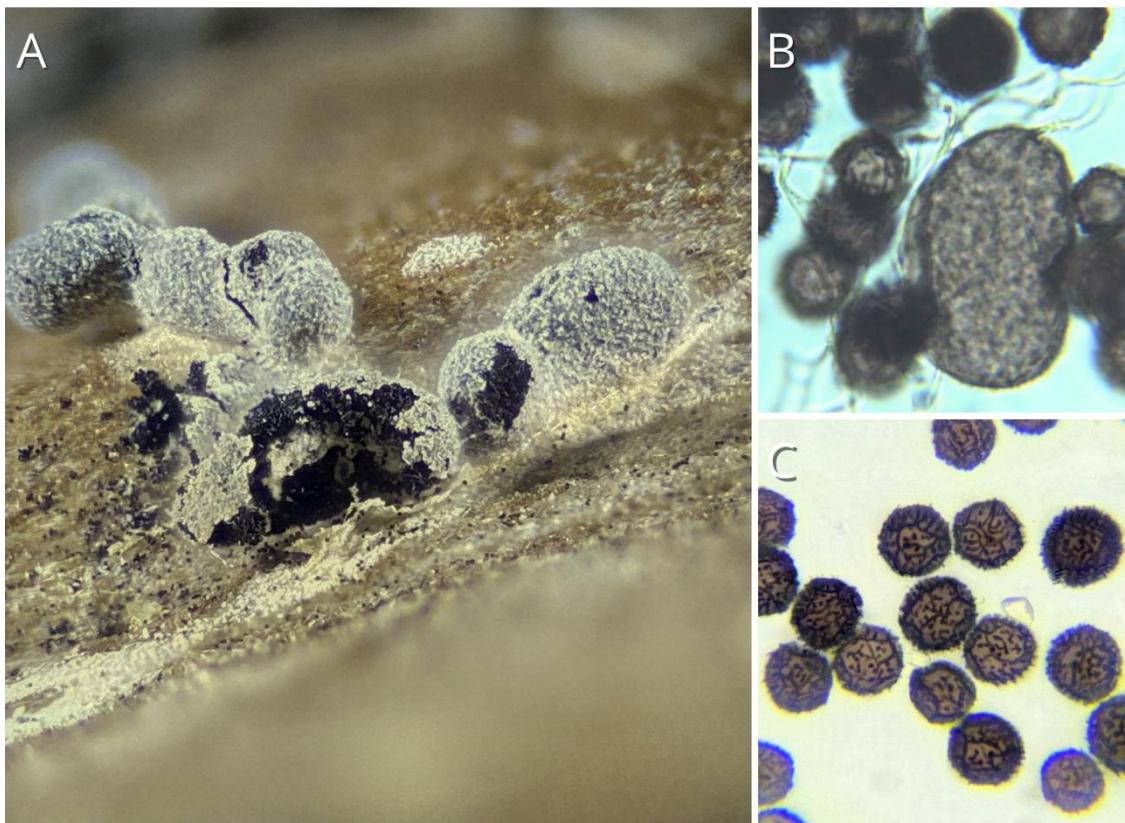


Figura 24. *Didymium flexuosum*. A. Esporocarpo; B. Capilicio y Vesículas; C. Esporas.

Didymium squamulosum (Alb. & Schwein.) Fr. & Palmquist, Symb.gasteromyc., fasc. 3 :19 (1818)

Etimología: *Lat.* squama(-mma), -ae + -ulus, ula, -ulum + -osus, -osa, -osum: que significa con abundantes escamas pequeñas.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro “FundaMAT”, Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP16, 28/jun/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP76, 16/jul/2024.

Descripción: Plasmodiocarpos sésiles y esporocarpos con estípites cortos. Los plasmodiocarpos son alargados y prolados, con un hipotalo irregular. Los esporocarpos estipitados, subglobosos, ligeramente deprimido, algunos ejemplares de apariencia sésil, pero con un estipite corto oculto debajo, otros se agrupan formando una unión con las esporotecas y estípite (Figura 25).

Esporotecas rugosas, cubierta de cal blanca en forma de escamas, de 0.2 a 0.6 μm de diámetro. Estipite membranoso, corto, firme, coriáceo, de color blanquecino. Hipotalo coriáceo de color blanco, discoide o irregular. Columela blanca, redonda, compuesta por un cúmulo de cristales irregulares. Doble peridio, la capa interior está unido a la masa de esporas, es transparente e iridiscente; la capa exterior está compuesta de cristales irregulares. Dehiscen en forma de placas que permiten ver la masa de esporas marrón oscuro.

Capilicio liso, de 0.8-2 μm de diámetro, anastomosado, incoloro, apenas ramificado. Esporas verrucosas, de color marrón en l.t., de 8 – 10 μm de diámetro, subglobosas y ovoides; las verrugas de color marrón oscuro, de 0.5 a 1.3 μm de largo.

Comentarios: Esta morfoespecie no presenta cristales de forma estelada, sin embargo, Nolasco-Garduño (2018) presenta evidencia de ejemplares de *Didymium squamulosum* chiapanecos, los cuales corresponden a la descripción de la morfoespecie anteriormente presentada, por lo que se trata de un complejo de especies crípticas y sugiere que estos organismos presentan diferencias de acuerdo al ecosistema donde se desarrollan.

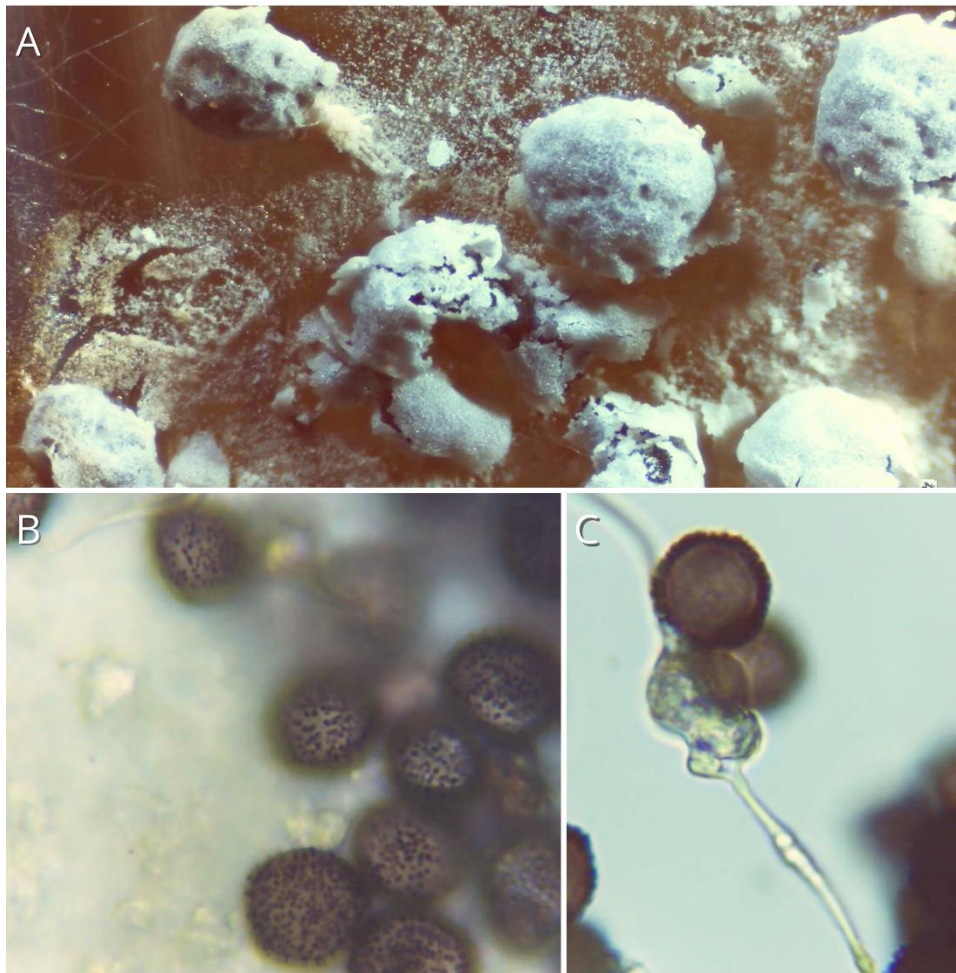


Figura 25. *Didymium squamulosum*. A. Esporoforos; B. Cristales y esporas; C. Capilicio.

Familia **Physaraceae**

Género ***Physarum***

Etimología: Del griego= physa y del latín= -rus, -ra, -rum: vejiga, burbuja, que presenta vejigas.

Physarum decipiens M.A. Curtis, Amer. J. Sci. Arts, ser. 2 6:352 (1848)

Etimología: Lat. *decipiens*, -entis, que significa “engañoso”.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Fundación Miguel Alvarez del Toro “FundaMAT”, Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP71, 09/jul/2024; NLJP157, 02/sep/2024.

Descripción: Plasmodiocarpos cortos, pulvinados, cilindricos, poco ramificados, de 0.8-0.5 mm de largo, 0.2-0.3 mm de ancho. Peridio simple, amarillo o blanco, harinoso, compuesto por incrustaciones de cal amarillos o blancos, a veces moteado de color naranja-rojo (Figura 26).

Hipotalo conspicuo, a veces formando un pseudoestipite de color marrón rojizo. Capilicio con grandes nudos de cal amarillos o blancos, badhamioide. Globulos de cal amarillo claro en l.t., de ~1 μ m de diametro. Masa de esporas de color marrón oscuro; esporas en grupos o libres, de color marrón subglobosas, con equinulas más grandes que otras, de 9-14 μ m de diametro.

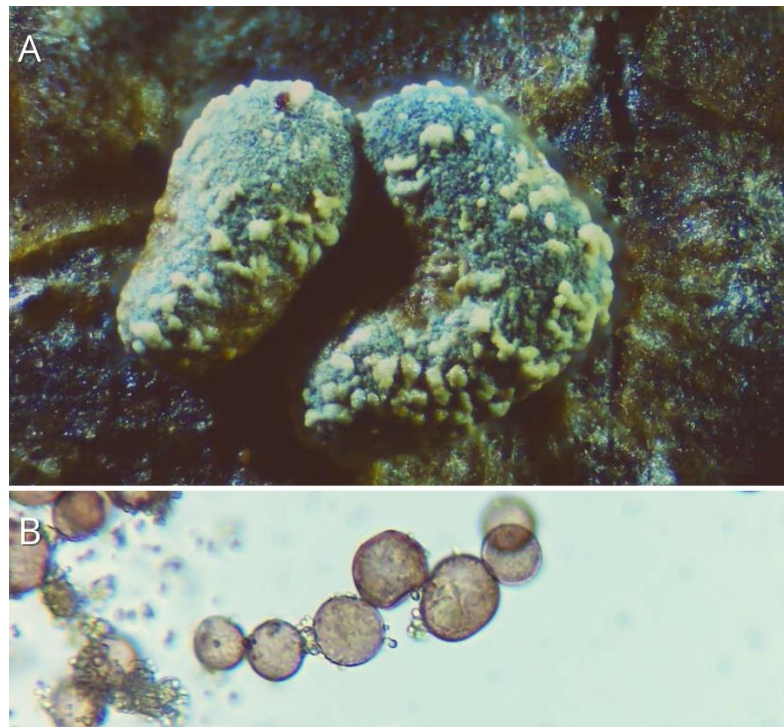


Figura 26. *Physarum decipiens*. A. Esporoforos; B. Globulos y esporas.

Comentarios: Los ejemplares coinciden con las descripciones actuales de *Physarum decipiens*, particularmente por presentar plasmodiocaspos cortos y pulvinados, con capilicio badhamioide con nudos de cal prominentes. Los caracteres morfológicos han sido ampliamente reportado por autores como Lister (1925) y Mitchel *et al.* (1980), quienes también destacan los esporocarpos como deprimidos-globosos y el capilicio con nudos de colores variables entre amarillo, rojo o anaranjado.

Physarum echinosporum Lister, J. Bot. 37:147 (1899)

Etimología: Gr. *echinos* (Lat. *echinus*, -i) + *sporos* (Lat. *sporus*, -a, -um), quiere decir esporas cubierta de espinas.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Recreativo Ecológico Patricia, 1ra y 2da. Oriente Sur. Colonia Francisco I. Madero, 29052. 16°43'47.60" N, -93°05'51.60" O. NLJP19, 28/jun/2024.

Descripción: La mayoría son plasmodiocarpas sésiles y pocos esporocarpas con estípites cortos. Los plasmodiocarpas están comprimidos lateralmente, sinuosos, 0.179-1.457 mm de largo, 0.253-0.819 mm de ancho y 0.261-0.648 de alto. Los esporocarpas estipitados presentan un estipite corto de 0.123 mm largo y un grosor de 0.174, de color marrón claro y una esporoteca de subglobosa (Figura 27).

Peridio doble, la parte externa está compuesta por una capa gruesa de color blanca, lisa, similar a un cascarón de huevo; la capa interna es membranosa, delgada y translúcida, un poco iridiscente de tono azul-morado, la cual se mantiene como una bolsa con esporas cuando presenta dehiscencia la capa externa.

Hipotalo coriáceo, de color marrón opaco e irregular. Capilicio calcáreo de color blanco, angulares y tubulos conectores cortos, delgados y hialinos. Masa de esporas de color marrón oscuro.

Esporas de color marrón en l.t, de 7-9 μm de diámetro sin contar la ornamentación, con espinas individuales o parcialmente unidas formando una corta reticulación, las espinas miden aproximadamente de 1-2 μm de largo.

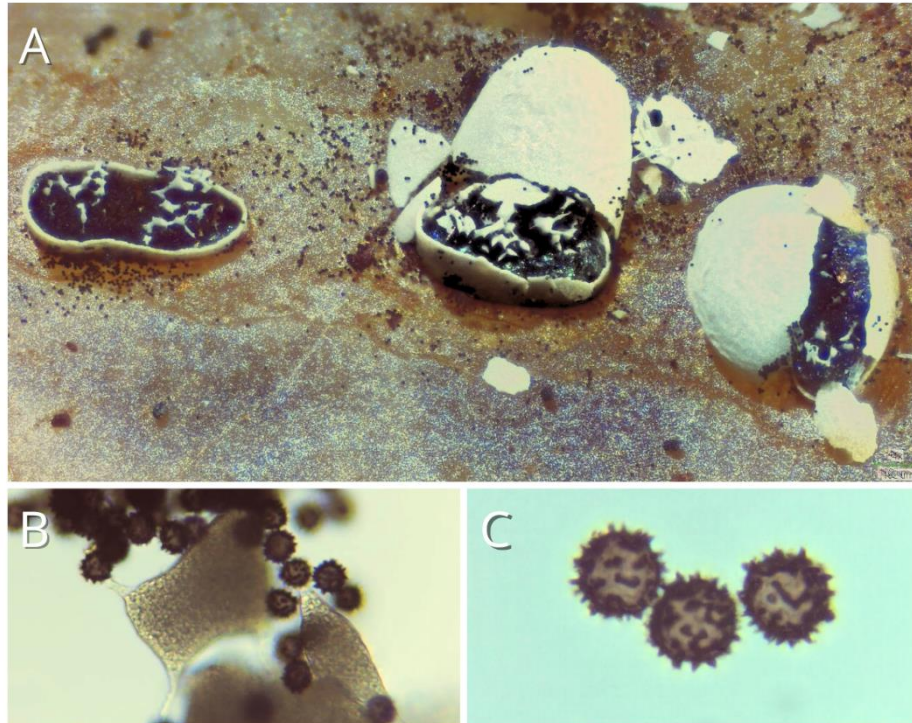


Figura 27. *Physarum echinosporum*. A. Esporoforos; B. Capilicio; C. Esporas.

Orden **TRICHIALES**

Familia **Arcyriaceae**

Género ***Arcyria***

Etimología: Del Griego *arkys*, que significa red, reticuladas o redecillas.

Arcyria afroalpina Rammeloo, Bull. Jard. Bot. Belg. 51(1/2):229 (1981)

Etimología: Lat. *afer*, *afra*, *afrum* + *alpinus*, -a, -um que significa africano, de África; alpino, de los Alpes; de la alta montaña africana.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Ciudad Deportiva Parque del Oriente, Av. Rosa del Pte. s/n, Infonavit Grijalva, 29044. 16° 16' 45" 39.66" N, -93° 05' 26.11" O. NLJP106, 23/jul/2024.

Descripción: Esporangios estipitados. Esporoteca de color amarillo brillante cuando no deshice, de 0.4 a 0.9 mm de altura, globoso, subglobosa a ovada. Hipotalo de color marrón rojizo oscuro. Estipite de 1mm, de color naranja a marrón. Calículo aplanado, amarillo hialino y estriado.

Capilicio adherido al calículo, flexible y pobremente ramificado, de color amarillo hialino, cubierto por pequeñas espinas o verrugas, de 1-2-3 μm de diámetro. Esporas hialinas, de 5-6 μm de diámetro, verrucosas con algunas espinas más grandes que las verrugas (Figura 28).

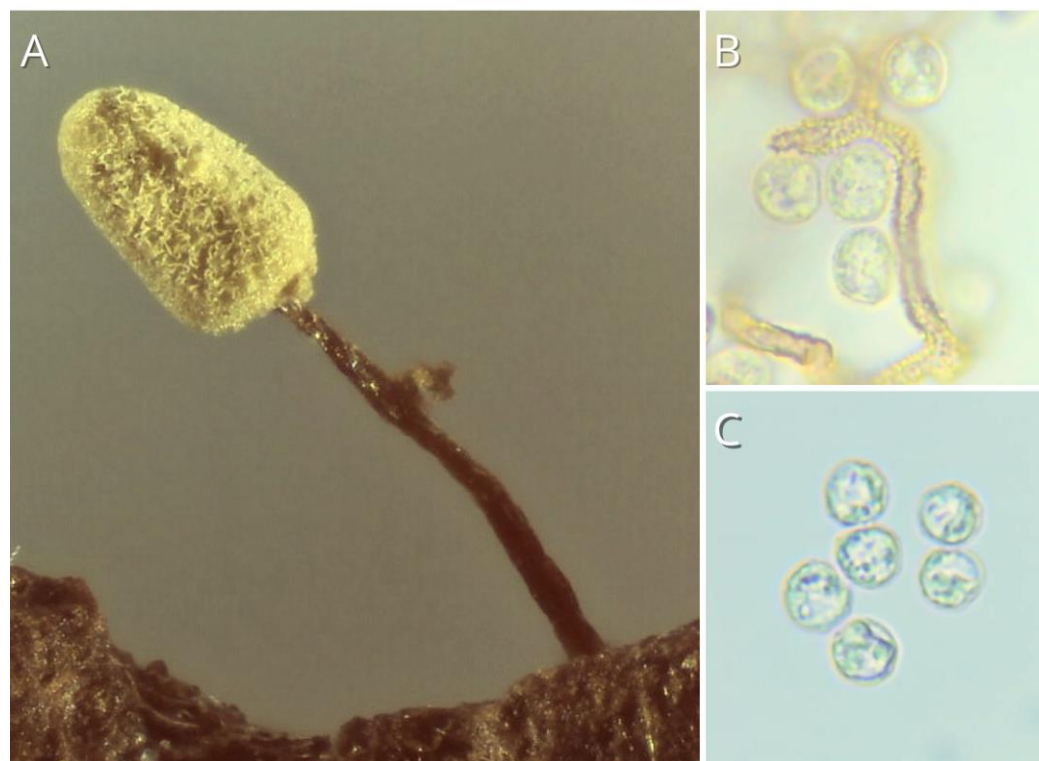


Figura 28. *Arcyria afroalpina*. A. Esporoforo; B. Capilicio; C. Esporas.

Arcyria cinerea (Bull.) Pers., Syn. meth. fung. 1:184 (1801)

Etimología: Lat. *cinereus*, -a, -um de significado: cinéreo, ceniciento o de color ceniza.

Material examinado: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP73, 09/jul/2024; NLJP150, 21/ago/2024.

Parque Salomón González "Joyyo Mayu", Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP141, 15/ago/2024; NLJP155, 02/sep/2024; NLJP156, 02/sep/2024;

Descripción: Esporangios estipitados. Esporotecas blancas o grises, cilíndricas alargadas o ovadas largas. Peridio que deshice en forma de una delicada tela,

dejando a la vista el capilicio. Estipite largo de color ocre, con hipotalo que se expande de color ocre oscuro, a veces se unen formando un solo estipite con varias esporotecas.

Capilicio hialino que no se expande mucho, cubierto densamente por espinas, de 2-3-4 μm de diametro, a veces bifurcado. Esporas hialinas, de 6-7 μm de diametro, globosas, con algunas verrugas prominentes a lisas (Figura 29).

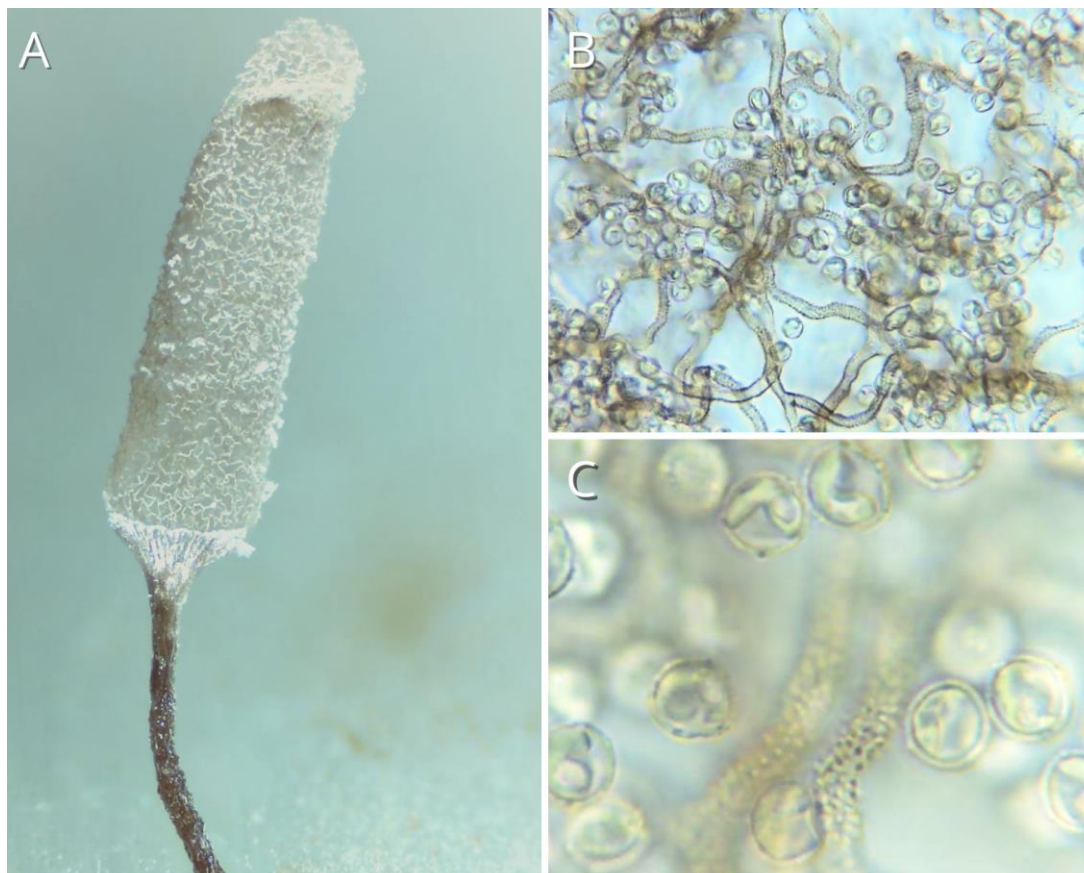


Figura 29. *Arcyria cinerea*. A. Esporoforo; B. Capilicio; C. Esporas

Arcyria pseudoleiocarpa (Illana, G. Moreno, Lizárraga & A. Castillo) Yatsiuk, Leontyev & Schnittler, in Yatsiuk, Leontyev, Schnittler, Ehlers, Mikryukov & Kõljalg, Fungal Syst. Evol. 15:112 (2024)

Etimología: Del Griego *pseudo-* que significa falso o que imita a. Del *Gr. leiocarpa* = *leios* + *karpos*, -ou = con fruto o espora lisa.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Recreativo Ecológico Patricia, 1ra y 2da. Oriente Sur. Colonia Francisco I. Madero, 29052. 16°43'47.60" N, -93°05'51.60" O. NLJP18, 28/jul/2024; NLJP92, 19/jul/2024.

Descripción: Esporangios estipitados, de 0.3-0.5 mm de ancho en la esporoteca y 1.5-2.3 mm de largo junto con el estipite, agrupados o dispersos, erectos o recostados sobre el sustrato, algunos fusionándose en la esporoteca, pero manteniendo individualmente el estípite (Figura 30).

Esporoteca ovada o subcilíndrica, de color gris, 0.7-1.05 mm de largo. Estipite de 0.7-1.7 mm de largo, de color ocre aclarándose hacia la esporoteca. Columela ausente. Peridio simple, evanescente, permaneciendo en cálculo en forma de platillo, 0.252 mm de diámetro, de textura rugosa y color gris-ocre claro en l.t.

Capilicio expandido, de color gris, hialino en l.t., muy largo, de 2-3 μm de diámetro, ornamentados con espirales, con pocas ramificaciones y terminaciones. Masa de esporas de color gris, esporas individuales hialinas en l.t., de 6-8 μm de diámetro, subglobosas, minúsculamente equinuladas.

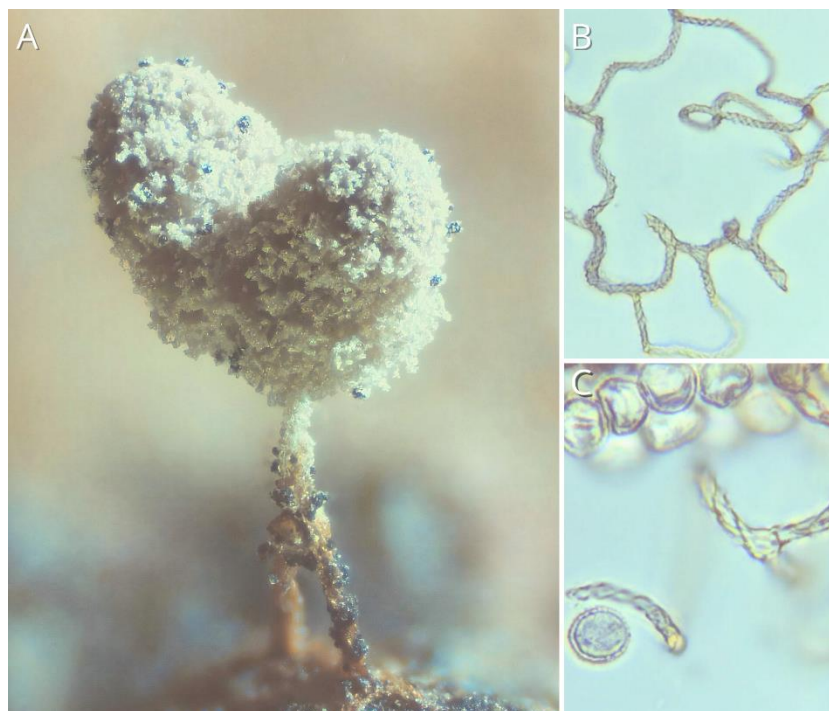


Figura 30. *Arcyria pseudoleiocarpa*. A. Esporoforo; B. Capilicio; C. Esporas

Comentarios: El tamaño de las esporas difiere de acuerdo a la descripción del autor, sin embargo, los especímenes de *Arcyria pseudoleiocarpa* en el Neotrópico reportan el tamaño de esporas de 6.5-8 µm de diámetro (Lado, et al. 2017).

***Arcyria* sp.**

Material examinado: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP73, 09/jul/2024; NLJP150, 21/ago/2024.

Parque Salomón González "Joyyo Mayu", Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP141, 15/ago/2024; NLJP155, 02/sep/2024; NLJP156, 02/sep/2024;

Descripción: Esporocarpos estipitados, de color negro, con un solo estipite y tres esporotecas de forma ovada alargada.

Comentarios: Este mixomicete no alcanzó de fructificar de manera exitosa, es por eso que se ha considerado su forma aberrante.

Género *Perichaena*

Etimología: Del Griego *peri* + *chaeno*, que significa dividida alrededor, peridividida o se abre alrededor.

Perichaena corticalis (Batsch) Rostaf., Sluzowce monogr. 293 (1875)

Etimología: Del Lat. *corticalis*, -is, -e, que significa con una corteza notable, pronunciada o gruesa; de corteza.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro "FundaMAT", Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP22, 01/jul/2024.

Parque Salomón González "Joyyo Mayu", Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP97, 23/jul/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP123, 02/ago/2024; NLJP125, 02/ago/2024.

Descripción: Esporóforos sésiles, subglobosas o pulvinadas, de 0.2-1 mm de diámetro. Doble peridio, la capa externa de color marrón oscuro con partículas incluidas, la capa interna de color amarillo claro, membranosa y lisa (Figura 31).

Hipotalo translúcido y membranoso. Capilicio de 2-4 μm de diámetro, formando pocas ramificaciones, de color amarillo claro, ornamentado con pequeñas verrugas y con constricciones anuladas en algunas partes.

Deshicencia a partir de una línea superior formando una copa, exponiendo la masa de esporas de color amarillo brillante, con borde ondulado. Esporas de color amarillo claro en l.t., de 9-10 μm de diámetro, ligeramente verrugosas.

Comentarios: El conjunto de caracteres morfológicos que describen a *Perichaena corticalis* coinciden con los ejemplares recolectados, esto permite identificarlo con seguridad. La observación de capilicio con constricciones y ornamentación sutil es un rasgo útil para su diferenciación de otras especies morfológicamente similares dentro del género *Perichaena*.

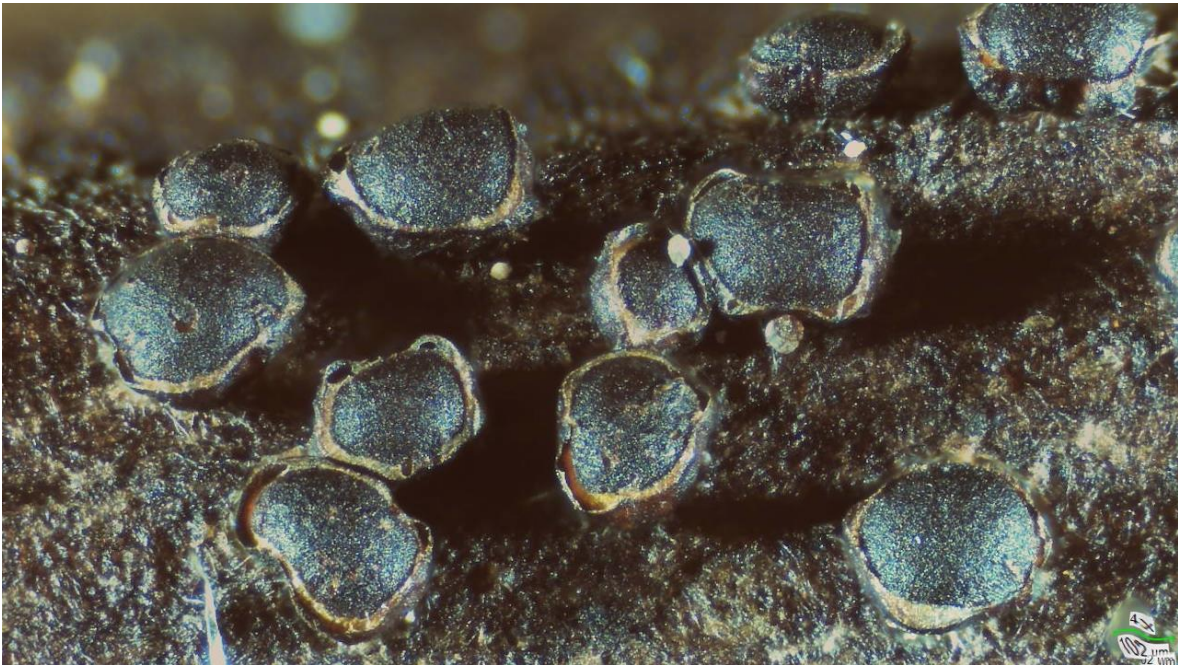


Figura 31. *Perichaena corticalis*.

Perichaena depressa Lib., Pl. crypt. Arduenna 378 (1837)

Etimología: Del *Lat. depressus*, -a, -um, que significa deprimido o hundido.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro “FundaMAT”, Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP17, 28/jun/2024; NLJP22, 01/jul/2024; NLJP87, 19/jul/2024; NLJP91, 19/jul/2024; NLJP111, 30/jul/2024; NLJP124, 02/ago/2024; NLJP152, 02/sep/2024; NLJP153, 02/sep/2024.

Parque Salomón González “Joyyo Mayu”, Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP79, 16/jul/2024; NLJP96, 23/jul/2024; NLJP97, 23/jul/2024; NLJP105, 23/jul/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP105, 23/jul/2024; NLJP124, 02/ago/2024.

Descripción: Esporóforos sésiles, comprimidos lateralmente debido a la presión mutua, planos y angulares. Peridio doble, la capa externa de color marrón oscuro, la capa interna de color amarillo claro, membranosa y lisa (Figura 32). Deshicencia en forma de tapa plana, exponiendo la masa de esporas de color amarillo brillante y el capilicio. Capilicio ligeramente enrollado, de 2 – 2.5 µm de diámetro, hialino o amarillo claro en l.t., ornamentado con pequeñas espinas y verrugas. Esporas de color amarillo claro en l.t., de 9.5- 11 µm de diámetro, subglobosas y con pequeñas verrugas.

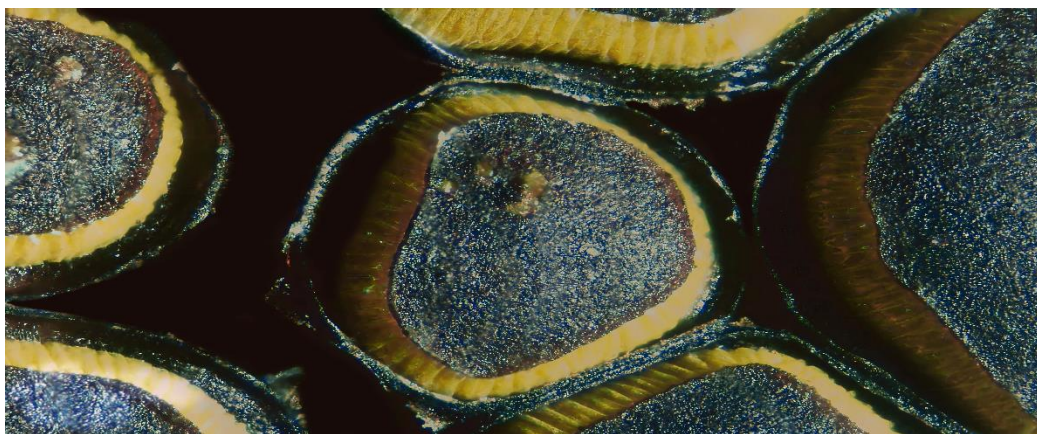


Figura 32. *Perichaena depressa*.

Perichaena quadrata T. Macbr., N. Amer. Slime-moulds, ed. 1, 184 (1899)

Etimología: Del *Lat. quadratus*, -a, -um, que significa “cuadrado, de cuatro lados”.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro “FundaMAT”, Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP89, 19/jul/2024; NLJP111, 30/jul/2024; NLJP158, 09/sep/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP104, 23/jul/2024.

Parque Salomón González “Joyyo Mayu”, Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP130, 02/ago/2024.

Descripción: Esporoforos sésiles, subglobosos, convexos, agrupados o solitarios, 0.1–0.7 mm de diámetro, creciendo en forma lineal. Peridio doble, la capa externa de color marrón oscuro, la capa interna de color amarillo claro, membranosa y lisa. Dehiscencia en forma de tapa, dejando una copa (Figura 33).

Capilicio con pocas ramificaciones, de color amarillo claro en l.t., de 2 a 4 µm de diámetro, anillado y verrugoso. Masa de esporas amarilla, de color amarillo claro en l.t. Esporas de 9–11 µm de diámetro y verrugosas.

Comentarios: Una de las diferencias entre *Perichanea depressa* y *P. quadrata* se encuentra en el tamaño y forma de los esporangios, *P. quadrata* presenta esporangios más pequeños y menos deprimidos, con un peridio más oscuro. En contraste, *P. depressa* se distingue de un capilicio ornamentado con verrugas y espinas, de aspecto más hialino que en *P. quadrata*.

También se observan variaciones en el hábito de crecimiento, *P. depressa* desarrolla esporangios sésiles, fuertemente comprimidos que suelen disponerse en forma de placas, mientras que, *P. quadrata* tiende a crecer de manera convexa, organizándose en línea, como un plasmodiocarpo, pero con divisiones.

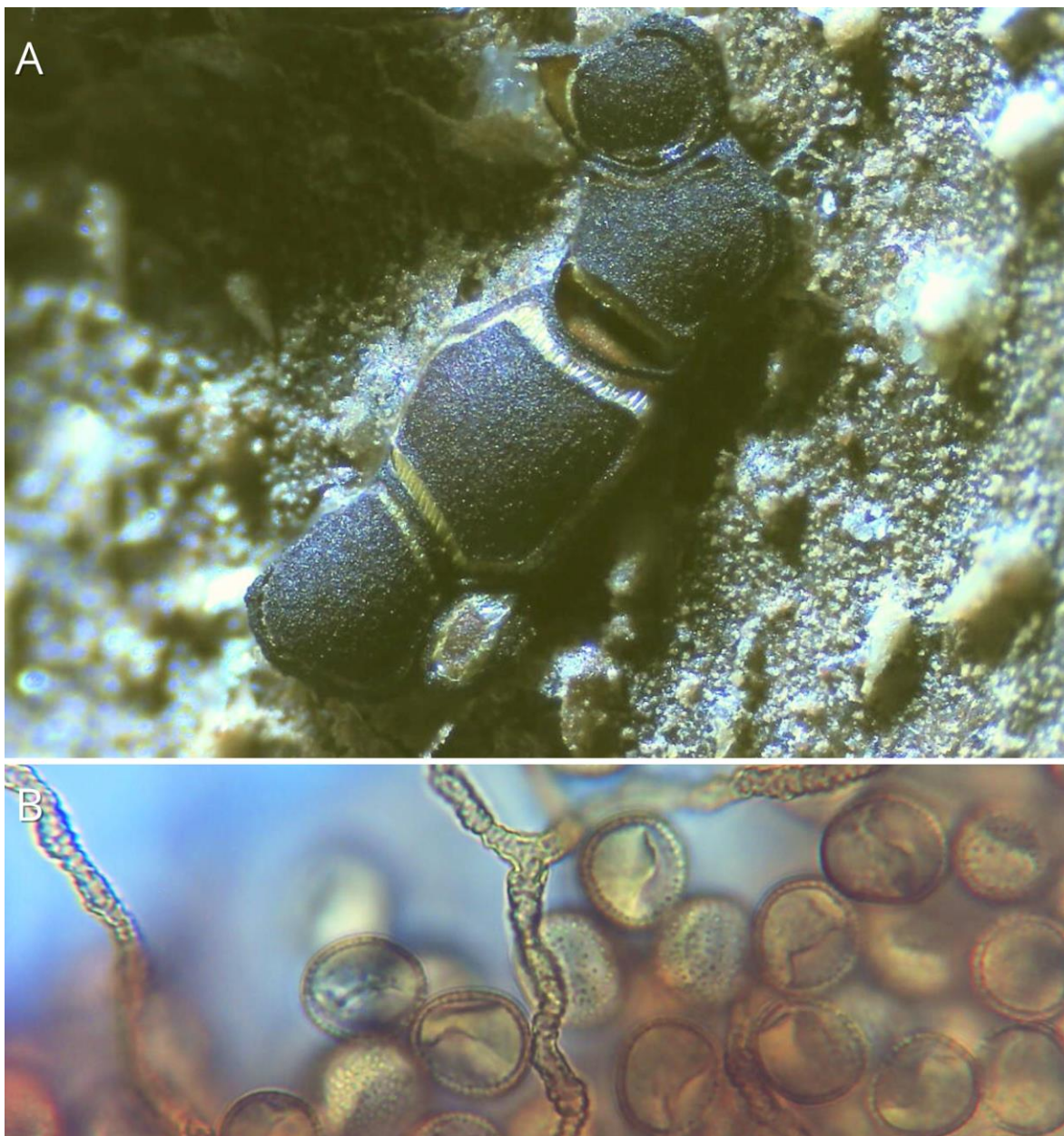


Figura 33. *Perichaena quadrata*. A. Esporoforo; B. Capilicio y esporas.

***Perichaena* sp. 1**

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Salomón González “Joyyo Mayu”, Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP11, 26/jun/2024.

Descripción: Esporocarpo solitario, estipitado, de 800-1000 μm de altura. Esporoteca subglobosa, pulvinada, en forma de corazón ensanchado, de 400-750 μm de diámetro. Hipotalo conspicuo, de color marrón anaranjado. Estipite negro,

corto y ancho, de 117 μm de altura y 150 μm de ancho, con pliegues, continuo con la esporoteca.

Peridio unico, de color anaranjado a amarillento, rugoso, amarillo dorado con luz transmitida, sin deshicencia. Esporas equinuladas, libres, algunas ligeramente adheridas en grupos, de amarillo claro por luz trasmitida, subglobosas, de (12.899) 11.392 x 12.073 (13.419) μm de diámetro; pared de esporas de grosor uniforme.

Familia Dianemataceae

Género ***Calomyxa***

Etimología: Gr. *kalos* + *myxa*, que significa “mucílago bonito”.

Calomyxa synspora M.L. Farr & Kowalski, Mycologia 66(5):886 (1974)

Etimología: Gr. *syn-* + *sporos* (Lat. *sporus*, -a, -um), que significa “esporas unidas, juntas”.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Salomón González “Joyyo Mayu”, Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP86, 16/jul/2024; NLJP100, 23/jul/2024.

Descripción: Esporóforos sésiles, agrupados o solitarios, subglobosos o pulvinados, de 0.4-1 mm. Hipotalo conspicuo, de color marrón negruzco. Peridio simple, de color bronce, iridiscente, rugoso, traslucido, de color amarillento en l.t. y con residuos oscuros. Capilicio ausente (Figura 34).

Masa de esporas amarillo brillante. Esporas densamente equinuladas, subglobosas y ovoides, algunas de ella turbinadas, de 11-13 μm de diámetro, agrupadas en 3-30, algunas esporas libres con equinulas más largas que otras.

Comentarios: Los ejemplares analizados se determinaron como *Calomyxa synspora*. Uno de los caracteres principales es la agrupación de esporas, lo cual fue corroborado en el material estudiado, cuyas esporas miden 11–13 μm de diámetro, correspondiendo con las dimensiones citadas en la literatura.

Un rasgo notorio en el material analizado es la ausencia de capilicio, esto podría interpretarse como una discrepancia, dado que el género *Calomyxa* se caracteriza por poseer un capilicio bien desarrollado. No obstante, la guía de Nannenga-Bremekamp y Lado (2022), indica que en *C. synspora* el capilicio puede ser “escaso o ausente”, lo que respalda la condición observada en este material. Además, se ha reportado la variabilidad de esta estructura en otras especies de mixomicetes del género *Perichaena* y *Licea* (Gubanov *et al.*, 2022), si bien, se ha sugerido que dicha variación podría estar influenciada por las condiciones de desarrollo, especialmente en fructificaciones en cámaras húmedas (Stephenson y Stempen, 1994).

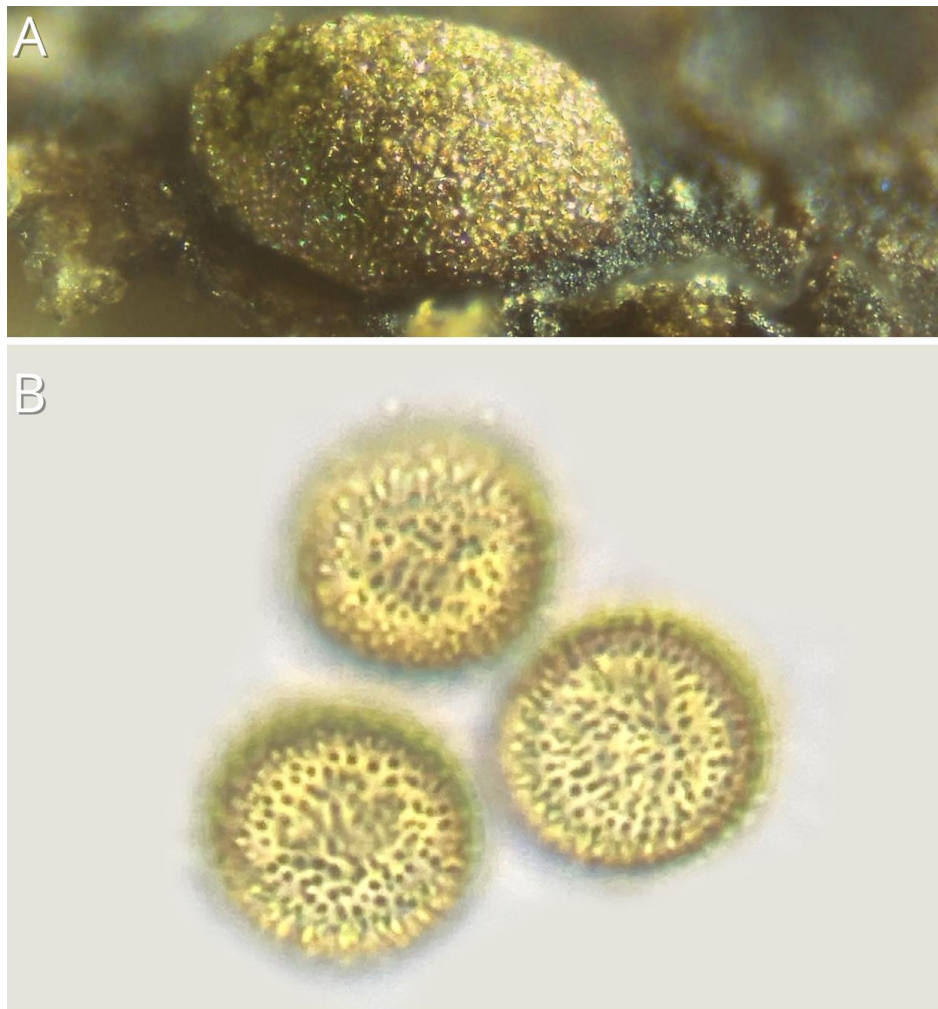


Figura 34. *Calomyxa synspora*. A. Esporoforo; B. Esporas.

Género *Enteridium*

Etimología: del Gr. *enteron*, que significa “pequeño intestino”.

Enteridium variable (Schrad.) J.C. Zamora, D. Rodrigues, García-Cunch. & Lado, IMA Fungus (on line) 16: e159960 [21 of 31] (2 Oct 2025)

Etimología: Lat. *variabilis*, -is, -e, que significa “variable” o “no constante”,

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Salomón González “Joyyo Mayu”, Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP11, 26/jun/2024.

Parque Caña Hueca, Prolongación del libramiento Poniente Norte, 29030. 16°45'28.57" N, -93°08'32.04" O. NLJP20, 01/jul/2024; NLJP108, 23/jul/2024; NLJP127, 02/ago/2024.

Parque Fundación Miguel Álvarez del Toro “FundaMAT”, Calle Perú s/n, Col. El Retiro, 29040. 16°45'08.04"N, -93°05'00.85" O. NLJP111, 30/jul/2024; NLJP158, 09/sep/2024.

Descripción: Esporoforos sesiles y plasmodiocarpicos, en grupos o solitarios, de formas variables, subglobosas, pulvinados y semiaplanados, alargados y curvados, el diametro oscila entre 0.2 – 0.6 mm, de color marrón oscuro casi grisáceo y negro opaco, en algunos casos se observan áreas con tonalidad más clara (pardo-violáceo), posiblemente relacionadas con la maduración diferencial o la distribución del peridio (Figura 35).

Peridio doble, la capa externa coriacea, de color marrón rojizo con luz transmitida, con materia granular o globulos de color pardo-amarillo; la capa interna es delgada, membranosa, a veces ligeramente lisa, con restos materiales menos conspicuos que de los de la capa externa, a veces visibles como pequeñas inclusiones granulares. Los especímenes no presentaban dehiscencia, sin embargo, se observó una fisura longitudinal central tras la rehidratación con alcohol, exponiendo la masa de esporas de color amarillo.

Hipotalo delgado, inconspicuo, membranoso, hialino a ligeramente amarillo. Esporas de color amarillo claro con luz transmitida, subglobosas a ligeramente ovaladas, (10) - 11- 12 (14) μ m de diámetro, pared gruesa a delgada; equinuladas, con longitud de (0.915) 1 – 1.3 μ m.

Comentarios: El ejemplar anteriormente descrito ha sido designado como *Licea variabilis*, esta determinación se sustenta en una comparación con las descripciones clásicas y modernas de *Licea variabilis* Schrad., incluyendo a Schrader (1797), Lister (1911), Martin y Alexopoulos (1969) y Nannenga-Bremekamp (2022).

La descripción de Lister (1911) corresponde a *Licea flexuosa* Pers., la cual se considera sinónimo taxonómico aceptado de *L. variabilis* Schrad, por lo tanto, los caracteres morfológicos descritos por Lister, pueden ser legítimamente utilizados en la comparación con ejemplares modernos determinados como *L. variabilis*.

Aunque algunos caracteres presentan ligeras desviaciones, como el tamaño de las equinulas, la mayoría de los rasgos diagnósticos coinciden sustancialmente con los reportados para *L. variabilis*. Sin embargo, el nombre válido de este ejemplar es *Enteridium variabile* (Schrad.) J.C. Zamora, D. Rodríguez, García-Cunch. y Lado.



Figura 35. *Enteridium variabile*.

Subclase STEMONITOMYCETIDAE

Orden STEMONITIDALES

Familia Stemonitidaceae

Género *Comatricha*

Etimología: Gr. *coma* + *thrix*, *trikos* = cabeza peluda, pelos formando cabellera.

Comatricha tenerrima (M.A. Curtis) G. Lister, in Lister, Guide Brit. Mycetozoa, ed. 4, 39 (1919)

Etimología: Lat. *tenerrimus*, *-a*, *-um* = tiernísimo, muy tierno, blandísimo o delicadísimo.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Tuxtla Gutiérrez, Parque Ciudad Deportiva Parque del Oriente, Av. Rosa del Pte. s/n, Infonavit Grijalva, 29044. 16°45'39.66" N, -93°05'26.11" O. NLJP12, 26/jun/24; NLJP117, 30/jul/2024.

Descripción: Esporangios estipitados, dispersos, 0.8-1.6 mm de altura total. Esporoteca ovoide o fusiforme, de color marrón. Estipite de color marrón oscuro, en l.t de color marrón rojizo, de aproximadamente 2/3 de la altura total del esporoforo, ahusado hacia la esporoteca. Hipotalo color marrón oscuro, de forma redonda (Figura 36).

La columela es una extensión del peridio, del mismo color, larga y con terminación roma y ligeramente ensanchada, alcanza casi el ápice de la esporoteca. Capilicio liso, ramificado y flexuoso, de color marrón pálido, ensanchado hacia la columela ($\varnothing \sim 3 \mu\text{m}$), forma una red con divisiones dicotómicas con pocas terminaciones en forma de pequeñas espinas, volviéndose más denso y delgado ($\varnothing 0.5\text{-}1.6 \mu\text{m}$) en la parte superior.

Esporas de color marrón en masa, color marrón pálido en l.t., de 5-6 μm de diámetro, subglobosas y equinuladas.

Comentarios: Este ejemplar presenta características morfológicas generales con *Comatricha tenerrima* (M.A. Curtis) G. Lister, particularmente en la forma y

estructura del esporóforo, no obstante, difiere en el tamaño y el tipo de ornamentación de las esporas. *C. tenerrima* ha sido reportada en el neotrópico, además, estudios como el de Gutiérrez-Zamarripa y Pérez-Ovando (2024) confirman la presencia de este taxón en el estado de Chiapas.

Según las descripciones clásicas y modernas de Lister (1925), Martin y Alexopoulos (1969), Poulain *et al.* (2011), las esporas de *C. tenerrima* oscilan típicamente entre 6-8 μm de diámetro, aunque algunas variedades amplían ese rango 10 o 12 μm .

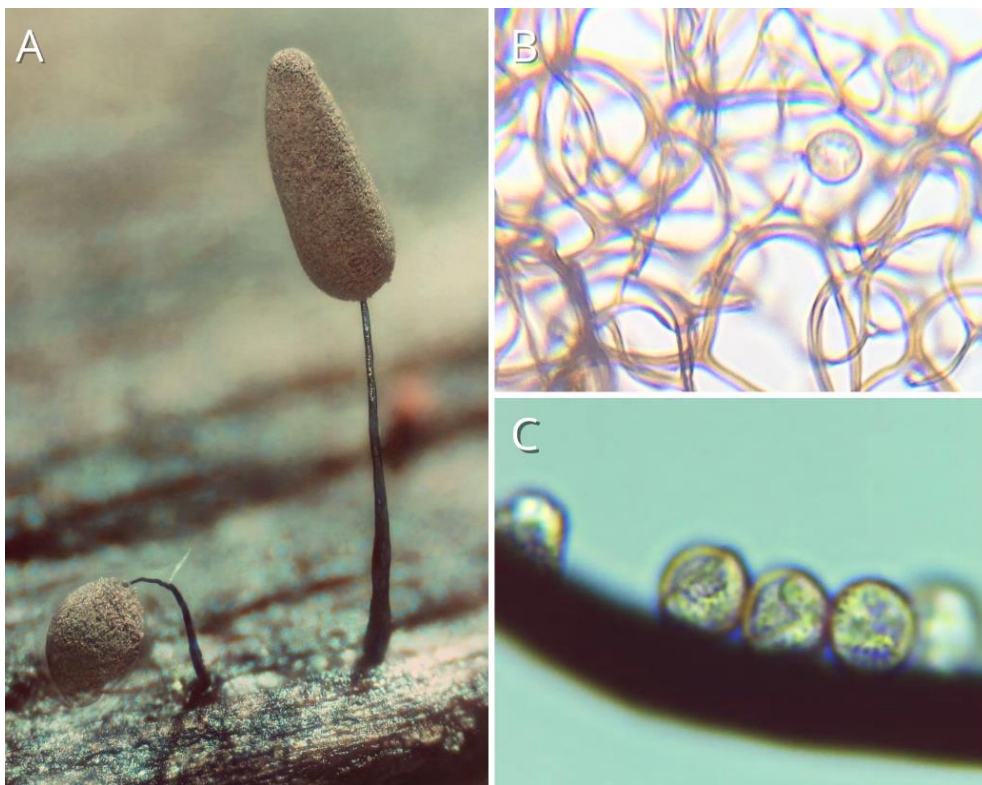


Figura 36. *Comatricha tenerrima*. A. Esporoforo; B. Capilicio; C. Esporas.

Género ***Stemonitis***

Etimología: Gr. *stemon* + *-ites*, *-itis*: hilos como una trama

Stemonitis flavogenita E. Jahn, Verh. Bot. Vereins Prov. Branderburg 45:165 (1904)

Etimología: Lat. *flavus*, -a, -um + *genitus*, -a, -um de significado “progresivamente amarillento”.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Recreativo Ecológico Patricia, 1ra y 2da. Oriente Sur. Colonia Francisco I. Madero, 29052. 16°43'47.60" N, -93°05'51.60" O. NLJP 136, 15/ago/2024.

Descripción: Esporoforos estipitados, sub-erectos, apiculada, de altura total de 2.4 mm, en grupos pequeños pero aislados. Esporoteca de color marrón. Estipite de color marrón oscuro, brillante, membranoso, liso, de 32 µm de grosor. Hipotalo marrón oscuro, en forma de manchas (Figura 37).

Columela del mismo color que el estipite, con una terminación expandida en la punta de la esporoteca. Capilicio liso, con varios extremos libres pero cortos, con axilas anchas y angulares. Esporas de color marrón, de 7-8-9 µm de diámetro, densamente verrugosas.

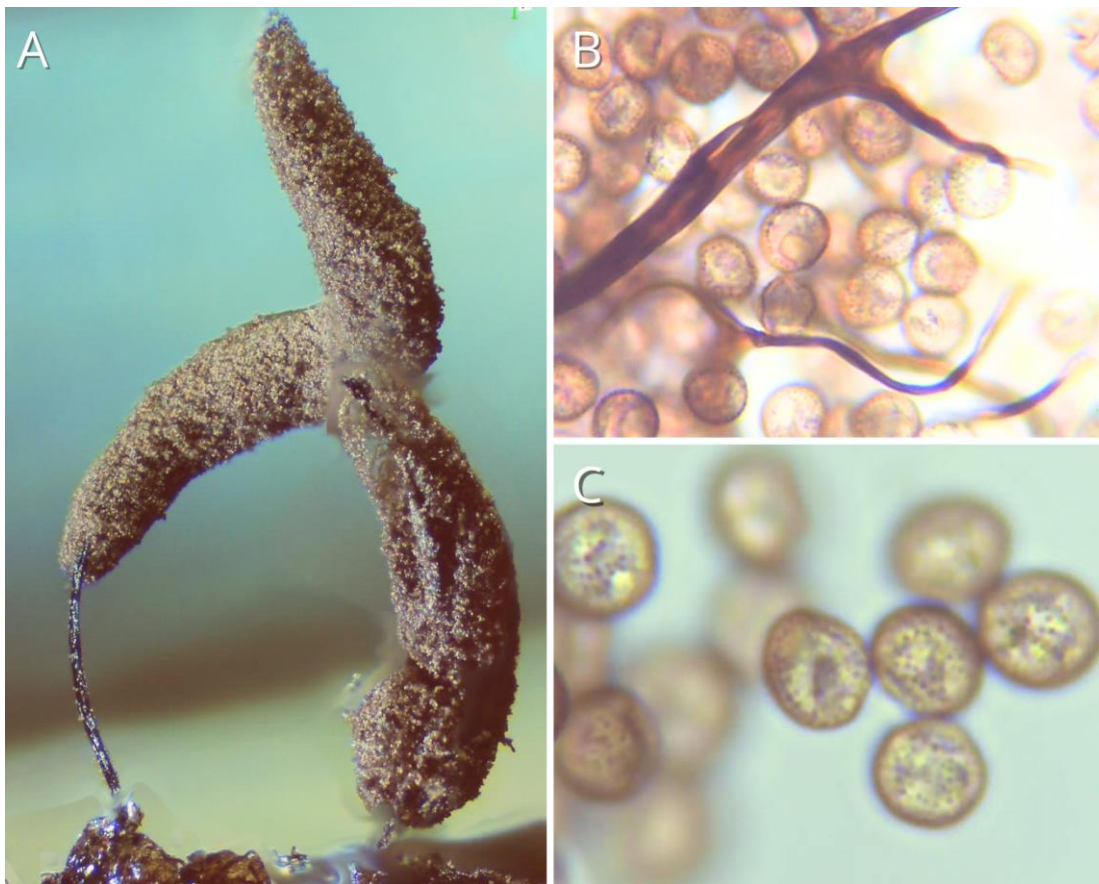


Figura 37. *Stemonitis flavogenita*. A. Esporoforos; B. Capilicio; C. Esporas.

Stemonitis pallida Wingate, in Macbride, N. Amer. Slime-moulds, ed. 1, 123 (1899)

Etimología: Lat. *pallidus*, -a, -um que significa: pálido o descolorido.

Material examinado: MÉXICO: CHIAPAS, Mpio. Tuxtla Gutiérrez, Parque Salomón González “Joyyo Mayu”, Contra esquina del Reloj Floral y Prolongación 5a. Norte, Perif. Nte. Pte., 29030. 16°45'40.66" N, -93°08'35.65" O. NLJP102, 23/jul/2024.

Descripción: Esporoforos estipitados, sub-erectos, cilíndricos, de altura total de 2 mm, en grupos pequeños pero aislados. Esporoteca de color marrón, ~0.2 mm de diámetro y 1.4 mm de altura. Estipite de color marrón oscuro, brillante, membranoso, liso, de 0.7-0.8 mm de altura. Hipotalo delgado, marrón oscuro, pequeño y discoide (Figura 38).

Columela del mismo color que el estipite, disipándose a la mitad de la esporoteca. Capilicio denso, red peridial disperso en la parte inferior y pálido, con varios extremos libres pero cortos, de 0.5-2 μm de diámetro y con axilas anchas. Esporas de color marrón claro, hialinas, de 6-7-8 μm de diámetro, minúsculas y palidamente verrugosas.

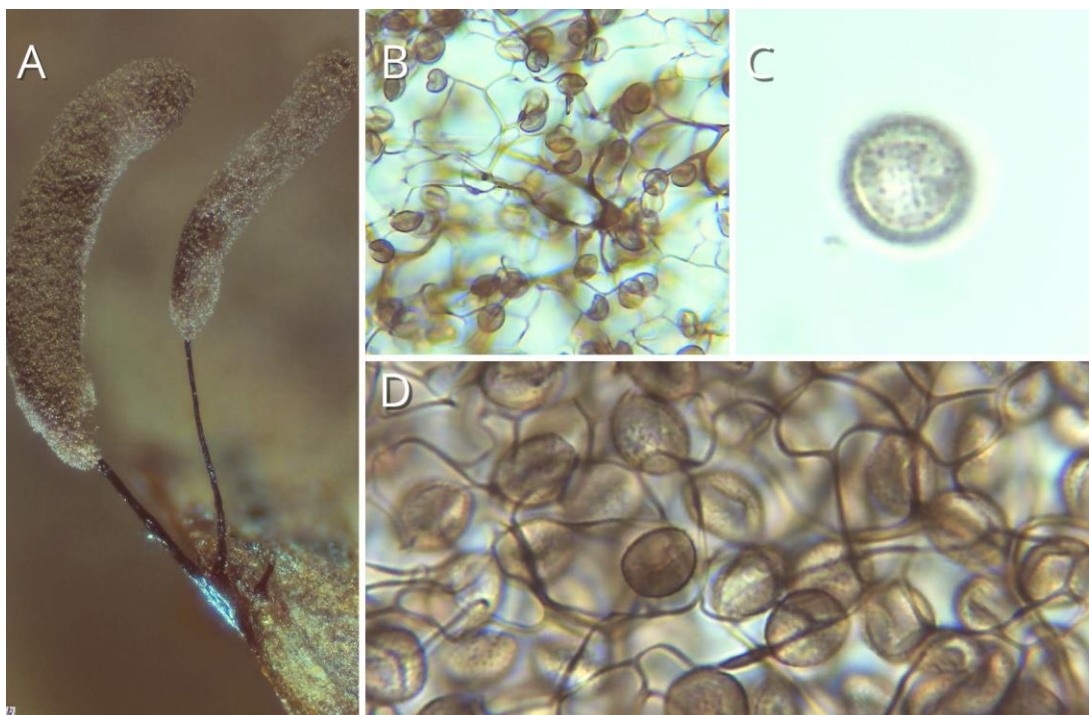


Figura 38. *Stemonitis pallida*. A. Esporoforos; B. Capilicio; C. Espora; D. Esporas y capilicio.