



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE BIOLOGÍA

Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas

**“Caracterización de la comunidad de hongos gasteroides en
bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino”**

TESIS

Que presenta

BIÓL. MARIELA SALINAS RODRÍGUEZ

Como requisito para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director de tesis:

Dr. José Arnulfo Blanco García

Co-Director:

Dr. Víctor Manuel Gómez Reyes

Morelia, Michoacán marzo 2019



AGRADECIMIENTOS

A mis padres Daniel Salinas Ramírez y Elsa Rodríguez Ríos y a mis hermanos Daniela, Andrea, Brisa y Daniel que siempre me han acompañado en la adversidad y la prosperidad, gracias por todo su apoyo, consejos y por siempre confiar en mí.

Al Dr. José Arnulfo Blanco García y al Dr. Víctor Manuel Gómez Reyes por el apoyo y conocimiento transmitido para la realización de este proyecto.

Al Dr. Martin Esqueda Valle, Dra. Yvonne Herreras Diego y Dr. Leonel López Toledo por el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo y sus valiosas aportaciones que ayudaron a enriquecerlo.

Agradezco al CONACyT por la beca otorgada para la realización de los estudios de Maestría, sin la cual no hubiera sido posible la culminación de este proyecto.

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) y Laboratorio Nacional de Análisis y Síntesis Ecológica (UNAM) por el financiamiento otorgado para la realización del proyecto. A la Facultad de Biología de la UMSNH por las facilidades prestadas para trabajar en la Estación Biológica Vasco de Quiroga, al M. en C. Aldo Gutiérrez por la elaboración de la lámina, Ing. Antonio Rodríguez Torres e Ing. Francisco Solorio Gonzales por las micrografías bajo MEB, a la Dra. Mariela Gómez Romero por su valiosa ayuda en la identificación de los ejemplares de vegetación y a la M. en C. Marlene Gómez Peralta por sus consejos y apoyo.

Un agradecimiento muy especial para mis amigas Arubi, Violeta, Dulce y Erika por todo el apoyo brindado durante el trabajo de campo y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la culminación de este trabajo.

ÍNDICE

I. RESUMEN GENERAL.....	1
II. ABSTRACT.....	2
III. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	3
IV. HIPÓTESIS.....	5
V. OBJETIVOS.....	6
CAPITULO 1. Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña, Estación Biológica Vasco de Quiroga, Michoacán México.....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Materiales y Métodos.....	8
1.3 Resultados.....	8
1.4 Discusión.....	12
1.5. Literatura citada.....	13
CAPÍTULO 2. Caracterización de la comunidad de hongos gasteroides en dos bosques templados Michoacán, México.....	14
2.3 Introducción.....	16
2.4 Materiales y métodos.....	18
2.5 Resultados.....	21
2.6 Discusión.....	30
2.8 Literatura citada.....	34
VI. CONCLUSIONES GENERALES.....	38
VII. LITERATURA CITADA GENERAL.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Ornamentación esporal bajo microscopía electrónica de barrido.....	9
---	---

CAPÍTULO 2

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.....	18
---	----

Figura 2. Dendrograma, basado en el índice de similitud Morisita.....	23
--	----

Figura 3. Humedad edáfica del BMM vs BPE durante los dos años de estudio.....	24
--	----

Figura 4. Humedad edáfica media mensual (%), precipitación mensual total (mm) y abundancia de basidiomas en BMM y BPE.....	25
---	----

Figura 5. Humedad edáfica media mensual del BMM durante el periodo de estudio.....	26
---	----

Figura 6. Correlación entre la precipitación: a) abundancia y b) biomasa de hongos gasteroides del BMM.....	26
--	----

Figura 7. Biplot de ordenación de análisis de correspondencia canónica (CCA) de especies de hongos gasteroides del BMM en función de su abundancia durante el primer año (2017) de muestreo.....	28
---	----

Figura 8. Biplot de ordenación de análisis de correspondencia canónica (CCA) de especies de hongos gasteroides del BMM en función de su abundancia durante el segundo año (2018) de muestreo.....	29
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de abundancia, biomasa e índice de importancia relativa de las especies durante los dos años de muestreo en el BMM y BPE.....	21
---	----

Tabla 2. Coeficiente de correlación de Spearman: riqueza vs. abundancia y riqueza vs. biomasa de hongos gasteroides y las variables silvícolas y edáficas del BMM.....	27
---	----

I. RESUMEN GENERAL

El presente trabajo incluye información taxonómica y ecológica de los hongos gasteroides del bosque mesófilo de montaña (BMM) y bosque de pino-encino (BPE) de la Estación Biológica Vasco de Quiroga. La información se separó en dos capítulos; el primero, Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña, en la Estación Biológica Vasco de Quiroga, Michoacán, México; incluye una descripción taxonómica, de cada una de las diez especies encontradas en el BMM durante el primer año de muestreo. Se registran *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* y *Geastrum violaceum*, por vez primera para la micobiota de Michoacán y segundas citas para la micobiota de México. Se presenta una breve discusión enfocada en los dos nuevos registros. Con este capítulo se cumple el primer objetivo. El capítulo dos incluye el 80 % de la información ecológica del BMM y el 20% del BPE; los resultados de los dos años de muestreo en ambos tipos de vegetación. Para el BMM se incluyen datos bióticos (estructura de la vegetación) y abióticos (humedad edáfica, parámetros físico y químico del suelo, y precipitación), diversidad alfa y beta. Para BPE solo se incluye información de la diversidad de los hongos gasteroides, estructura de comunidad y una breve discusión de las posibles causas de su ausencia.

Palabras clave: factores bióticos, macromicetos, micobiota, taxonomía.

II. ABSTRACT

The present work includes taxonomic and ecological information of the gasteroid fungi of the tropical mountain cloud forest (BMM) and pine-oak forest (BPE) of the Vasco de Quiroga Biological Station. The information was separated into two chapters; the first, Agaricomycetes gasteroides from the mountain cloud forest, Vasco de Quiroga Biological Station, Michoacán, Mexico; It includes a taxonomic description of each of the ten species found in the BMM during the first year of sampling. *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* and *Geastrum violaceum*, for the first time for the mycobiota of Michoacán and second appointments for the mycobiota of Mexico. A brief discussion focused on the two new registers is presented. Chapter two includes 80% of the ecological information of the BMM and 20% of the BPE; the results of the two years of sampling in both vegetation types. For BMM, biotic data (vegetation structure) and abiotic data (soil moisture, physical and chemical parameters of soil, and precipitation), alpha and beta diversity are included. For BPE only information on the diversity of gasteroid fungi, community structure and a brief discussion of the possible causes of its absence are included.

Keywords: biotic factors, macromycetes, mycobiota, taxonomy.

III. INTRODUCCIÓN GENERAL

Los hongos son organismos pertenecientes al Reino Fungi, provistos de núcleo, se originan a partir de esporas, presentan reproducción asexual y sexual, estructuras somáticas normalmente filamentosas, ramificadas, poseen una pared celular compuesta principalmente por quitina, crecimiento apical y se nutren por absorción (Pacioni 1982; Frutis y Valenzuela 2009). La estimación mundial del número de hongos es variable, según Hawksworth y Lücking (2017) representan el segundo grupo de organismos más diversos después de los insectos, aproximadamente con 2.2 a 3.8 millones de especies, con 120,000 especies actualmente aceptadas, lo cual representa el 3-8 % de especies conocidas hasta el momento. El conocimiento sobre la diversidad fúngica de México sigue siendo escaso, se estima que existen cerca de 200,000 especies de hongos, de las cuales solo son conocidas el 3.5%, de estas 4,800 especies son macromicetos divididos en 2,400 Ascomicetos (1,800 pertenecientes al grupo de los líquenes), 2,200 basidiomicetos y 200 myxomicetos (Guzmán, 1998).

Los hongos gasteroides son un grupo polifilético de hongos basidiomicetos, que se caracterizan por presentar basidiomas angioscárpicos y un peridio con una o más capas, la mayoría de estos hongos presentan un hábito saprobio, sin embargo, ciertas especies son micorrízicas de numerosos árboles y arbustos (Dios et al., 2017). Estos hongos exhiben una notable adaptación a los ambientes xéricos (Guzmán y Herrera, 1969). La mayoría se caracteriza por presentar una textura coriácea o semicoriácea que les permite crecer en regiones desérticas. Así mismo encontramos géneros específicos, restringidos a un clima templado, como *Lycoperdon*, *Scleroderma* y *Cyathus* (Piña-Páez et al., 2013).

En cuanto a la diversidad de este grupo, a nivel mundial se han registrado alrededor de 1,000 taxones (Kirt et al., 2011). Para México, existen varias especies de hongos gasteroides ampliamente distribuidas, siendo el estado de Sonora el mejor representado con 210 taxones (Hernández-Navarro et al., 2017), mientras que para Michoacán solo se cuenta con el registro de 37 taxones (Salinas-Rodríguez et al., 2018).

Los hongos gasteroides tienen una función ecológica relevante, participan en el equilibrio de los ecosistemas, ya que degradan la materia orgánica y coadyuvan en el reciclaje de nutrientes (Esqueda et al., 2011). A demás de la importancia ecológica los hongos gasteroides tienen una importancia cultural, varios taxones se usan para tratar fracturas, dolores de oído, cicatrizante e incluso como cosméticos por diferentes tribus (Burk, 1983). Diversas especies

son comestibles en etapa juvenil y en países como India, especímenes inmaduros de *Phellorinia* se consideran un manjar (Sharma et al., 2015). Asimismo, se han aislado compuestos antimicrobianos, antioxidantes, citotóxicos y antivirales de sus basidiomas (Al-Fatimi et al., 2005; Makarevich et al., 2012). A pesar de su importancia ecológica como cultural, son escasos los estudios ecológicos enfocados a este grupo de hongos, por lo que es necesario continuar con su estudio, debido a la presencia de especies micorrícicas, así como especies de potencial comestible.

IV. HIPÓTESIS

Las diferencias en las condiciones bióticas y abióticas entre el bosque mesófilo de montaña y el bosque de pino-encino son determinantes para la comunidad de hongos gasteroides. Así, la riqueza de hongos en el bosque mesófilo de montaña será mayor, debido a su heterogeneidad vegetal y humedad edáfica más alta vs. bosque de pino-encino. Asimismo, la variación anual e interanual en la diversidad y productividad de hongos gasteroides será menor en el bosque mesófilo, por su menor heterogeneidad espacial y temporal de las condiciones abióticas.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

- Evaluar la composición y estructura de la comunidad de hongos gasteroides, así como su diversidad alfa y beta, en relación a los factores bióticos y abióticos en un bosque mesófilo de montaña y bosque de pino encino en la Estación Biológica Vasco de Quiroga, Uruapan, Michoacán, México.

5.2 Objetivos específicos

- Elaborar un listado de las especies de hongos gasteroides presentes en la Estación Biológica Vasco de Quiroga, Uruapan, Michoacán, México (Capítulo 1).
- Caracterizar los atributos de la comunidad de hongos gasteroides en bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encino (Capítulo 2).
- Analizar la influencia de las variables bióticas y abióticas sobre la riqueza de hongos gasteroides en dos tipos de vegetación (Capítulo 2).
- Evaluar la magnitud de la variación espacial y temporal de la comunidad de hongos gasteroides a lo largo de dos años de muestreo (Capítulo 2).

Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña, Estación Biológica Vasco de Quiroga, Michoacán, México

Gasteroid Agaricomycetes of the mountain cloud forest from Vasco de Quiroga Biological Station, Michoacán, Mexico

Mariela Salinas-Rodríguez¹, Martín Esqueda², Víctor Manuel Gómez-Reyes¹, José Arnulfo Blanco-García¹

¹ Facultad de Biología, Edificio "R", Ciudad Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Francisco J. Múgica s/n, Colonia Felicitas del Río, C.P. 58030, Morelia, Michoacán.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Km 0.6 Carretera a La Victoria, C.P. 83304, Hermosillo, Sonora.

RESUMEN

Antecedentes: Los hongos gasteroides son importantes para el equilibrio de los ecosistemas, al ser degradadores de materia orgánica y presentar algunas especies micorrízicas. A pesar de su importancia, los estudios de este grupo son escasos y la mayoría se han enfocado a zonas áridas. En México, sólo un trabajo específico sobre la diversidad de hongos gasteroides en bosque mesófilo de montaña se ha publicado.

Objetivo: Contribuir al conocimiento de la diversidad de hongos gasteroides presentes en la Estación de Biológica Vasco de Quiroga, Uruapan, Michoacán.

Métodos: La recolecta de hongos gasteroides se realizó mediante recorridos exploratorios quincenales durante los meses de julio a noviembre del 2017. La determinación de las especies se realizó con base en características macro- y microscópicas con claves taxonómicas de bibliografía especializada.

Resultados y conclusiones: Se determinaron un total de diez especies pertenecientes a los géneros: *Bovista* (1), *Geastrum* (5), *Lycoperdon* (2) y *Scleroderma* (2). Destacan como nuevos registros para Michoacán y segundas citas para la micobiota de México: *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* y *Geastrum violaceum*.

Palabras clave: taxonomía, corología, diversidad, *Geastrum*

ABSTRACT

Background: Gasteroid fungi are important in the balance of ecosystems, being decomposers of organic matter and some mycorrhizal species. Despite its importance, studies of this group are scarce and most of them have focused on arid areas. In Mexico only one specific work about gasteroid fungi diversity for the mountain cloud forest has been published.

Objective: Contribute to the knowledge of the diversity of gasteroid fungi present in the Vasco de Quiroga Biological Station, Uruapan, Michoacán.

Methods: The collection of gasteroid fungi was gathered through exploratory survey, every two weeks during the months of July to November 2017. The determination of the species was made based on macro- and microscopic characteristics with taxonomic keys of specialized literature.

Results and conclusions: A total of 10 species belonging to genera *Bovista* (1), *Geastrum* (5), *Lycoperdon* (2), and *Scleroderma* (2) were determined. *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* and *Geastrum violaceum* are new records for Michoacán and the second records for the Mexican mycobiota.

Keywords: taxonomy, chorology, diversity, *Geastrum*.

ARTICLE HISTORY

Received 01 July 2018 / Accepted 25 October 2018

On line 02 November 2018

CORRESPONDING AUTHOR

✉ Martín Esqueda, esqueda@ciad.mx

ORCID: 0000-0003-0132-1810

INTRODUCCIÓN

El bosque mesófilo de montaña (BMM) se distingue por tener una vegetación con especies de afinidad boreal, tropical y endémicas; engloba una serie de asociaciones vegetales que se desarrollan en climas

húmedos y cálidos (Rzedowski, 1978). En México, el BMM es el segundo tipo de vegetación con más registros de macromicetos, sólo superado por los bosques tropicales (Medel, 2007). Los hongos gasteroides son importantes en el equilibrio de los ecosistemas, ya que degradan la materia orgánica y coadyuvan en el reci-

claje de nutrientes. Algunas especies pueden formar asociaciones micorrízicas con numerosos árboles y arbustos (Esqueda et al., 2011). Varios taxones se usan para tratar fracturas, dolor de oído, cicatrizante e incluso como cosméticos por diferentes tribus (Burk, 1983). Diversas especies son comestibles en etapa juvenil y en países como India, especímenes inmaduros de *Phe-llorinia* se consideran un manjar (Sharma et al., 2015). Asimismo se han aislado compuestos antimicrobianos, antioxidantes, citotóxicos y antivirales de sus basidiomas (Al-Fatimi et al., 2005; Makarevich et al., 2012). A pesar de su importancia, los estudios sobre este grupo de hongos son escasos y la mayoría se han enfocado a zonas áridas.

Recientemente, Bautista-Hernández et al. (2018) registraron 20 especies de hongos gasteroides para el BMM de la Huasteca Alta Hidalguense y señalan que al igual que otros grupos de macromicetos, su diversidad es alta en este tipo de vegetación. En Michoacán, los estudios sobre este grupo de hongos son limitados, con 35 taxones registrados (Salinas-Rodríguez y Gómez-Reyes, 2015) y ninguno del BMM. Por lo que el presente trabajo tiene como objetivo contribuir al conocimiento sobre la diversidad de hongos gasteroides presentes en la Estación Biológica Vasco de Quiroga, Uruapan, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la Estación Biológica Vasco de Quiroga, Uruapan, Michoacán, ubicada entre las coordenadas 19°15'00"-19°40'00" LN y 101°55'00"-102°25'00" LO, con altitudes de 2100 a 2240 msnm. En el sitio se distinguen dos tipos de vegetación: BMM y bosque de pino-encino. El BMM está constituido por tres estratos: el arbóreo representado principalmente por especies perennifolias como *Carpinus caroliniana* Walter, el estrato arbustivo con especies de *Montanoa* Cerv., *Cestrum* L. y *Solanum* L. y finalmente el estrato herbáceo con taxones de *Penstemon* Schmidel., *Adiantum* L., *Asplenium* L., *Pteridium* Gled. ex Scop., *Botrychium* Sw. y *Govenia* Lindl. entre otras.

La recolecta de hongos gasteroides se realizó mediante recorridos exploratorios quincenales de julio a noviembre del 2017. La descripción de las características macro- y microscópicas se hicieron con base en Largent et al. (1984) y la determinación de los colores según Royal Botanic Garden Edinburgh (1969); además se realiza-

ron cortes manuales con navaja del peridio y gleba, los cuales se hidrataron en hidróxido de potasio al 5 % y tiñeron con rojo congo y/o solución de Melzer. La determinación taxonómica del material se realizó con base en bibliografía especializada (Sunhede, 1989; Pegler et al., 1995; Pérez-Silva et al., 1999; Bates et al., 2009; Bautista-Hernández et al., 2011; Guzmán et al., 2013). Las micrografías de esporas se tomaron en un microscopio electrónico de barrido (MEB) Joel JSM 6400; las muestras de gleba se montaron en un cilindro de carbón, se metalizaron con cobre por 15 min y finalmente se colocaron en el MEB. El orden sistemático se basó en Kirk et al. (2011), mientras que los nombres científicos y autores se basaron en la base de datos Index Fungorum (www.indexfungorum.org). El material estudiado se encuentra depositado en la Colección de Macromicetos del Herbario EBUM de la Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; abreviatura acorde con Index Herbariorum (Thiers, 2018).

RESULTADOS

Se determinaron 10 especies pertenecientes al Phylum Basidiomycota, comprendidas en tres familias Agaricaceae (3), Geastraceae (5) y Sclerodermataceae (2). *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* y *Geastrum violaceum* son nuevos registros para Michoacán y segundas citas para México.

Descripción de las especies

Agaricomycetes, Agaricales, Agaricaceae

Bovista oblongispora* var. *oblongispora (Lloyd) Bottomley, *Bothalia* 4(3): 580 (1948)

Figura 1

Basidioma 12-20 mm diámetro, globoso a subgloboso. Exoperidio blanco amarillento (6F), compuesto por pequeñas espinas. Endoperidio de blanco amarillento (6F) a marrón amarillento (8G). Gleba marrón amarillenta (8G) o marrón oscura (27). Subgleba de 0.5 mm de alto, color marrón amarillenta (8G) compacta, intemperizada. Cordones miceliales de color blanco de hasta 30 mm de largo. Capilicio tipo intermedio con hifas de 4.6-6 µm diámetro, pared gruesa y ramificadas. Basidios no observados. Esporas elipsoidales de 5.2-6 × 3(-4) µm, verrugosas, con pedicelos caducos de 0.5-1.6 µm de largo.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 322, julio 7, 2017 (EBUM 29037). *M. Salinas* 324, julio 20, 2017 (EBUM 29038). *M. Salinas* 335, agosto 17, 2017 (EBUM 29039). Hábitat: Terrícola, en bosque mesófilo de montaña, fructificación de agosto a octubre.

Distribución: En México sólo se conocía de Veracruz (Bautista-Hernández *et al.*, 2011). En esta ocasión se cita por primera vez para Michoacán y segundo registro para la micobiota de México.

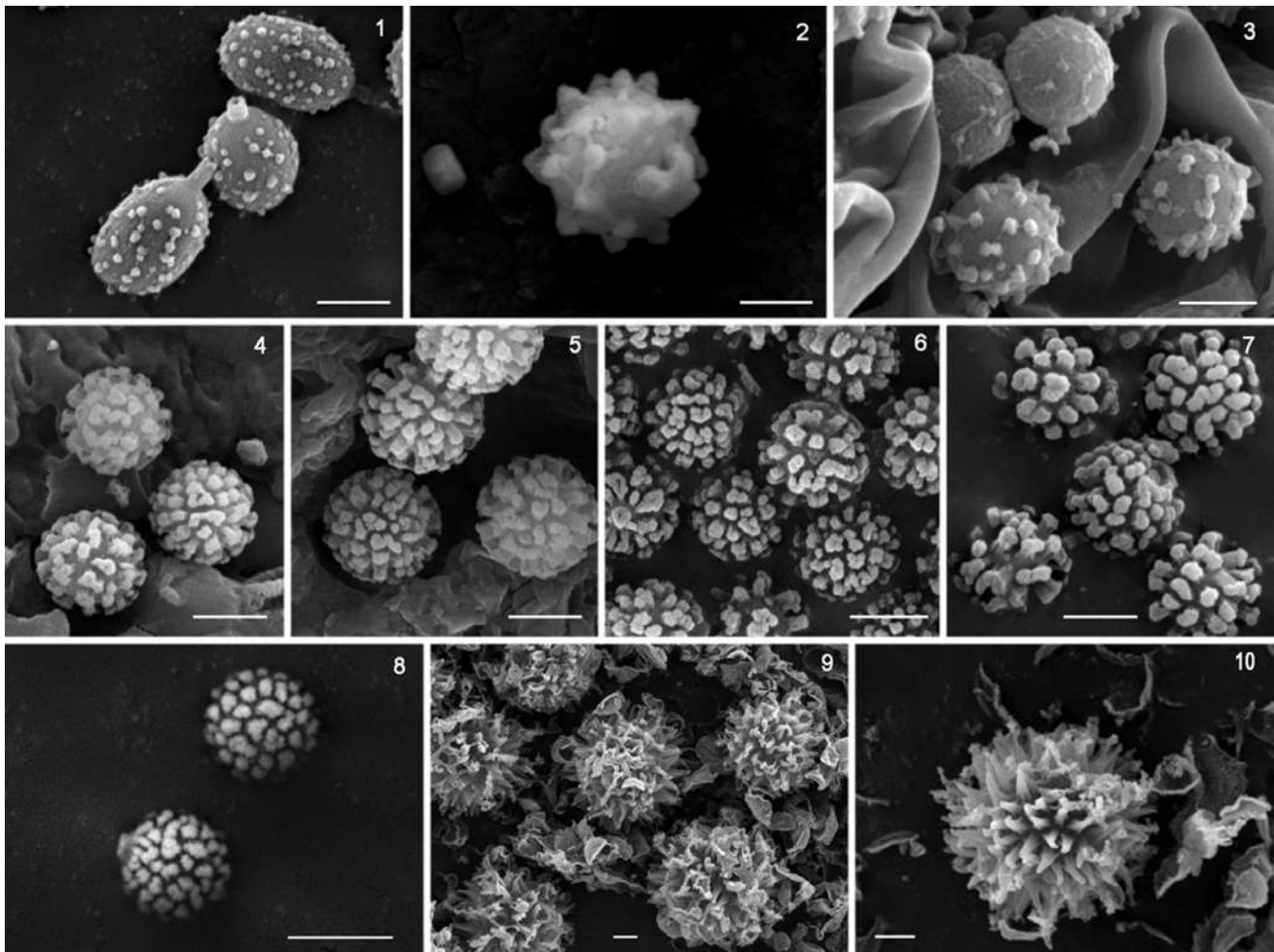
Lycoperdon molle Pers., Syn. Meth. Fung. (Göttingen) 1: 150 (1801)

Figura 2

Basidioma 20-45 × 10-45 mm, subgloboso, piriforme u ovoide; peridio de 0.5 mm de grosor no separable de la gleba, color marrón grisáceo (26) en fresco a ma-

rrón amarillento al secar (27); exoperidio conformado por pequeñas espinas simples y cortas, y verrugas, con ostiolo. Gleba blanca tornándose marrón oliváceo al madurar (33). Subgleba celular, color marrón claro (28). Capilicio con hifas de (2.5-)3.7-4.3 µm diámetro, pared gruesa, no ramificadas. Basidios no observados. Esporas globosas a subglobosas de 5-6(-6.4) µm diámetro incluyendo la ornamentación, verrugosas, con pedicelos caducos de (9.5-)8.1-25.5(-28.8) µm.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 336, julio 20, 2017 (EBUM 29040). *M. Salinas* 350, agosto 4, 2017 (EBUM 29041). *M. Salinas* 372, septiembre 8, 2017 (EBUM 29042). *M. Salinas* 391, septiembre 22, 2017 (EBUM 29043). *M. Salinas* 405, octubre 7, 2017 (EBUM 29044). *M. Salinas* 415, octubre 22, 2017 (EBUM 29045). *M. Salinas* 420, noviembre 18, 2017 (EBUM 29046).



FIGURAS 1-10. Ornamentación esporal bajo microscopía electrónica de barrido. 1: *Bovista oblongispora* var. *oblongispora*. 2: *Lycoperdon mole*. 3: *Lycoperdon perlatum*. 4: *Geastrum fimbriatum*. 5: *Geastrum lageniforme*. 6: *Geastrum saccatum*. 7: *Geastrum triplex*. 8: *Geastrum violaceum*. 9: *Scleroderma areolatum*. 10: *Scleroderma verrucosum*. Escala = 2 µm.

Hábitat: Terrícola, bosque mesófilo de montaña, fructificación de julio a noviembre.

Distribución: Registrada para Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo (Calderón-Villagómez y Pérez-Silva, 1989) y Michoacán (Salinas-Rodríguez y Gómez-Reyes, 2015).

Lycoperdon perlatum Pers., Observ. Mycol. (Lipsiae) 1: 4 (1796)

Figura 3

Basidioma 37 × 38-60 mm, subgloboso, piriforme a ovoide, blanco a blanco amarillento (4D) en fresco, no cambia de color por fricción, blanco a marrón amarillento al secar (27), superficie seca; exoperidio conformado por verrugas persistentes y espinas caducas de hasta 0.5 mm de longitud, con ostiolo. Gleba blanca; subgleba de 26 × 10 mm. Cordones miceliales blancuecinos. Peridio no separable de la gleba de 0.5 mm de grosor. Capilicio con hifas de (1.8-)3.4-4.2 µm diámetro, pared gruesa, ocasionalmente ramificada. Basidios no observados. Esporas globosas de 3.5-4.4 µm, verrugosas.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 326, julio 20, 2017 (EBUM 29047).

Hábitat: Terrícola, bosque mesófilo de montaña, fructificación en julio.

Distribución: Registrada para Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz y Zacatecas (Varela y Cifuentes, 1979; Calderón-Villagómez y Pérez-Silva, 1989; Esqueda et al., 2000).

Geastrales, Geastraceae

Geastrum fimbriatum Fr., Syst. Mycol. (Lundae) 3(1): 16 (1829)

Figura 4

Basidioma 40-50 mm diámetro, globoso cuando joven. Al madurar exoperidio no higroscópico, esteliforme con 6 a 7 lacinias marrón claro (28) a marrón rojizo (19), curvadas involutas. Endoperidio globoso de 17-20 mm diámetro, sésil, marrón grisáceo (33), con superficie evidentemente granulosa. Peristoma más o menos cónico, finamente fibriloso, no delimitado. Gleba color marrón oscuro (26). Capilicio con hifas de 8-10 µm diámetro, pared delgada a gruesa, en ocasiones

ramificadas. Basidios no observados. Esporas globosas de 3-4.5 µm diámetro, equinadas, de color marrón oscuras en masa (16).

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 377, septiembre 8, 2017 (EBUM 29048). *M. Salinas* 393, septiembre 22, 2017 (EBUM 29049). *M. Salinas* 410, 411, 412, octubre 7, 2017 (EBUM 29050, 29051, 29052). *M. Salinas* 419, octubre 22, 2017 (EBUM 29053). *M. Salinas* 429, noviembre 18, 2017 (EBUM 29054).

Hábitat: Inicialmente semihipogeo, posteriormente epigeo, terrícola, en bosque mesófilo de montaña, fructificación de septiembre a noviembre. En regiones prioritarias para la conservación de la biodiversidad en Sonora, se ha observado en matorral tropical espinoso y bosque tropical caducifolio (Esqueda et al., 2003).

Distribución: Registrada para Campeche, Chiapas, Ciudad de México, Durango, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Sonora, Veracruz y Zacatecas (Pérez-Silva et al., 1999; Esqueda et al., 2003; Herrera et al., 2005).

Geastrum lageniforme Vittad., Monogr. Lycoperd.: 16 (1842)

Figura 5

Basidioma 55-98 mm diámetro, globoso cuando joven. Al madurar exoperidio no higroscópico, esteliforme con 8 a 10 lacinias acuminadas. Endoperidio ovoide de 22-60 mm diámetro, color marrón claro (28) a marrón grisáceo (33), con ostiolo. Peristoma fimbriado, delimitado, color beige. Capilicio con hifas de (3.1-)7.2-10 µm diámetro, pared gruesa. Basidios no observados. Esporas globosas de 4.6-5.5 µm diámetro, incluyendo ornamentación, equinadas, episporio grueso.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 367, septiembre 8, 2017 (EBUM 20955). *M. Salinas* 378, 379, 380, septiembre 22, 2017 (EBUM 29056, 29057, 29058). *M. Salinas* 394, octubre 7, 2017 (EBUM 29059). *M. Salinas* 395, 396, 400, 401, 413, 416, octubre 7, 2017 (EBUM 29060, 29061, 29062, 29063, 29064, 29065).

Hábitat: Inicialmente hipogeo haciéndose epigeo al madurar, terrícola, en bosque mesófilo de montaña, fructificación de septiembre a octubre. En otras localidades se ha observado en bosque de *Abies religiosa*, encino, encino-pino, pino-encino, pino y cafetales (Pérez-Silva et al., 1999).

Distribución: Se ha citado para Campeche, Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca y Sonora (Pérez-Silva et al., 1999; Esqueda et al., 2003; Herrera et al., 2005).

Geastrum saccatum Fr., Syst. Mycol. (Lundae) 3(1): 16 (1829)

Figura 6

Basidioma 12-33 mm diámetro, globoso a saculiforme; peridio de 2 mm de grosor, agrietado, color marrón amarillento (12); cordones miceliales de hasta 125 mm de largo, con ostiolo. Exoperidio esteliforme al madurar con 6 a 8 lacinias, estriadas más o menos recurvadas hacia abajo, no higroscópicas, color marrón claro (28) a marrón rojizo (19). Endoperidio globoso de 14-26 mm diámetro, color marrón grisáceo (33). Peristoma cónico, finamente fimbriado y bien delimitado. Gleba color marrón oscuro (16). Capa micelial marrón claro al secar (32), con hifas septadas y fibuladas, de hialinas a color marrón oscuro (16), 5.4-7.0 μm diámetro. Capilicio con hifas de 3.2-3.5 μm diámetro, pared delgada a gruesa, ocasionalmente ramificada. Basidios no observados. Esporas globosas a subglobosas de 3.2-3.6 μm diámetro, fuertemente equinadas, episporio grueso.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 354, agosto 4, 2017 (EBUM 29066). *M. Salinas* 376, septiembre 8, 2017 (EBUM 29067). *M. Salinas* 392, septiembre 22, 2017 (EBUM 29068). *M. Salinas* 408, octubre 7, 2017 (EBUM 29069). *M. Salinas* 417, octubre 22, 2017 (EBUM 29070).

Hábitat: Terrícola, en bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, fructificación de agosto a octubre.

Distribución: Se ha registrado para Campeche, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Sonora, Tlaxcala y Veracruz (Pérez-Silva et al., 1999; Esqueda et al., 2003; Herrera et al., 2005; Moreno et al., 2010).

Geastrum triplex Jungh. Tijdschr. Nat. Gesch. Physiol. 7: 287 (1840)

Figura 7

Basidioma 35-72 mm diámetro, al principio ovoide de 37 mm diámetro, al madurar exoperidio esteliforme con 5 a 8 lacinias no higroscópicas de color marrón claro (29) a marrón rojizo (19); mesoperidio bien desa-

rollado en forma de collar de 19-30 mm de alto. Endoperidio ovoide, marrón claro (17) a marrón grisáceo oscuro (26), con ostiolo. Peristoma fimbriado delimitado. Capilicio con hifas de (2.6-)3.1-7 μm diámetro, pared gruesa. Basidios no observados. Esporas globosas de (3.6-)4.5-5 μm diámetro, fuertemente equinadas, episporio grueso.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 368, 369, septiembre 8, 2017 (EBUM 29071, 29072). *M. Salinas* 381, 382, 383, septiembre 22, 2017 (EBUM 29073, 29074, 29075). *M. Salinas* 397, 398, 399, octubre 7, 2017 (EBUM 29076, 29077, 29078).

Hábitat: Al principio hipogeo y al madurar epigeo, terrícola, en bosque mesófilo de montaña, fructificación de septiembre a octubre.

Distribución: Registrado para Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Sonora y Veracruz (Varela y Cifuentes, 1979; Pérez-Silva et al., 1999; Moreno et al., 2010).

Geastrum cf. violaceum Rick Brotéria 5: 26, 1906

Figura 8

Basidioma 14-25 mm diámetro, al principio ovoide acuminado, al madurar exoperidio no higroscópico esteliforme con 7 lacinias, de color rosa pálido (76) curvado involutas. Endoperidio ovoide de 5-12 mm diámetro, color marrón grisáceo claro (33), con ostiolo. Peristoma fimbriado, ligeramente plegado. Superficie del endoperidio con micoesclereidas de 4.8-9.9 $\times$ 29.6-31.8 μm , pared gruesa. Capa micelial marrón anaranjado (12) a marrón grisáceo (33) al secar, compuesta por hifas que pueden presentar fibulas de 5-6 μm diámetro, pared delgada, color marrón oliva (27). Capa pseudoparenquimatosa formada por células globosas hialinas de pared delgada. Capilicio con hifas de 2-4.5(-5.0) μm diámetro, pared gruesa, marrón (16), sin fibulas. Basidios no observados. Esporas globosas de (2.2-)2.4-3.1 μm diámetro, equinadas.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 349, agosto 4, 2017 (EBUM 29079). *M. Salinas* 384, 385, 386, septiembre 22, 2017 (EBUM 29080, 29081, 29082). *M. Salinas* 402, octubre 7, 2017 (EBUM 29083).

Hábitat: Al principio hipogeo, posteriormente epigeo, húmico, en bosque mesófilo de montaña, fructificación de agosto a octubre.

Distribución: Bautista-Hernández et al. (2015) registraron por primera vez este taxón para México de Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Tabasco. Se cita por primera vez para Michoacán.

Boletales, Sclerodermataceae

Scleroderma areolatum Ehrenb., Sylv. Mycol. Berol. (Berlin): 27 (1818)

Figura 9

Basidioma 12-26 mm diámetro, globoso a subgloboso, color marrón amarillento (12) tornándose rojo pálido (41) con la fricción, blanco amarillento al secar (9H); peridio no separable de la gleba, 0.5-1 mm de grosor. Exoperidio con escamas planas, irregulares, negruzcas (16), con ostiolo. Gleba color marrón oscuro (36). Cordones miceliales amarillentos (4D). Capilicio con hifas de 3.4-4 µm diámetro, pared delgada, ramificadas. Basidios no observados. Esporas globosas de 13-15(-18) µm diámetro incluyendo la ornamentación, fuertemente equinadas, con espinas de 1.5-2.7 µm de largo.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 333, 338, 339, julio 20, 2017 (EBUM 29084, 29085, 29086). *M. Salinas* 345, 346, agosto 04, 2017 (EBUM 29087, 29088). *M. Salinas* 356, 357, agosto 17, 2017 (EBUM 29089, 29090). *M. Salinas* 370, septiembre 8, 2017 (EBUM 29091). *M. Salinas* 406, octubre 7, 2017 (EBUM 29092).

Hábitat: Terrícola, en bosque mesófilo de montaña, fructificación de julio a octubre.

Distribución: Registrada para Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sonora, Tlaxcala y Veracruz (Guzmán et al., 1997, 2013; Esqueda et al., 2000).

Scleroderma verrucosum (Bull.) Pers., Syn. Meth. Fung. (Göttingen) 1: 154 (1801)

Figura 10

Basidioma 13-40 mm diámetro, globoso a subgloboso, color marrón amarillento (52) a marrón rojizo (12) en fresco, tornándose rojo pálido (42) por fricción, blanco amarillento al secar (5E); peridio de 0.5-1 mm de grosor. Exoperidio con escamas planas e irregulares, color marrón oscuro (18); la superficie del endoperidio con agrietamiento irregular apical. Sésil o con pseudoestipite. Cordones miceliales amarillentos (4D) de 10-25 mm largo. Gleba color marrón oscuro (16). Capilicio con hifas

de 2-3.6 µm diámetro, pared delgada, ramificadas. Basidios no observados. Esporas globosas de 11.4-14(-15) µm incluyendo ornamentación, fuertemente equinadas, con espinas de (0.6-)1.2-2 µm de largo.

Material estudiado: Michoacán: Uruapan, Estación Biológica Vasco de Quiroga. *M. Salinas* 328, 329, 330, julio 20, 2017 (EBUM 29093, 29094, 29095). *M. Salinas* 348, 352, 353, 354, agosto 04, 2017 (EBUM 29096, 29097, 29098, 29099). *M. Salinas* 358, 359, 360, 361, 362, agosto 17, 2017 (EBUM 29100, 29101, 29102, 29103, 29104). *M. Salinas* 374, septiembre 8, 2017 (EBUM 29105). *M. Salinas* 388, septiembre 22, 2017 (EBUM 29106). *M. Salinas* 407, 408, octubre 7, 2017 (EBUM 29107, 29108). *M. Salinas* 409, octubre 21, 2017 (EBUM 29109).

Hábitat: Terrícola, bosque mesófilo de montaña, fructificación de julio a octubre.

Distribución: Taxón citado para Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sonora y Veracruz (Varela y Cifuentes, 1979; Esqueda et al., 2000; Guzmán et al., 1997, 2013).

DISCUSIÓN

De las 10 especies determinadas en el presente trabajo, dos son nuevos registros para Michoacán. *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* es una especie que se caracteriza por presentar esporas elipsoidales, verrugosas y capilicio no porado. Esta especie es similar a *B. oblongispora* var. *longispora*, la cual se diferencia por sus hifas poradas del capilicio. El conocimiento sobre su distribución estaba limitado a Veracruz en bosque mesófilo de montaña (Bautista-Hernández et al., 2011) y en este trabajo se cita por primera vez para Michoacán. *Geastrum violaceum* es una especie que se caracteriza principalmente por el color rosa, rojo a violeta pálido, además de la presencia de un peristoma fimbriado ligeramente plegado; esta especie se registró por primera vez para el país en bosque tropical caducifolio (Bautista-Hernández et al., 2015). Sin embargo, en el estudio realizado por Campi et al. (2013), mencionan que esta especie suele crecer cerca de Fabaceae y Lauraceae en selva subtropical lluviosa. Aunque la Estación Biológica Vasco de Quiroga incluye zonas destinadas al cultivo de aguacate (Lauraceae), aún falta por conocer la influencia de la distribución y plasticidad morfológica de *G. violaceum*. Para ello,

los especímenes de Michoacán se compararán a nivel molecular con los de Jalisco y Tabasco.

LITERATURA CITADA

- Al-Fatimi, M., M. Wurster, H. Kreisel, U. Lindequist, 2005. Antimicrobial, cytotoxic and antioxidant activity of selected basidiomycetes from Yemen. *Pharmazie* 60: 776-780.
- Bates, S.T., R.W. Roberson, D.E. Desjardin, 2009. Arizona gasteroid fungi I: Lycoperdaceae (Agaricales, Basidiomycota). *Fungal Diversity* 37: 153-207.
- Bautista-Hernández, S., T. Herrera, E. Aguirre-Acosta, M. Esqueda, 2011. Contribution to the taxonomy of Bovista in Mexico. *Mycotaxon* 118: 27-46.
- Bautista-Hernández, S., E. Aguirre-Acosta, T. Raymundo, T. Herrera, J. Cifuentes, S. Capello-García, R. Valenzuela, 2015. *Geastrum violaceum*, registro nuevo para México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 86: 569-572.
- Bautista-Hernández, S., T. Raymundo, E. Aguirre-Acosta, M. Contreras-Pacheco, L. Romero-Bautista, R. Valenzuela, 2018. Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña de la Huasteca Alta Hidalguense, México. *Acta Botánica Mexicana* 123: 21-36.
- Burk, W.R., 1983. Puffball usages among North American Indians. *Journal of Ethnobiology* 3: 55-62.
- Calderón-Villagómez, A., E. Pérez-Silva, 1989. Consideraciones taxonómicas y nuevos registros de algunas especies del género *Lycoperdon* (Gasteromycetes) en México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México Serie Botánica* 59: 1-30.
- Campi, M., B. Madignac, A. Flecha, A. Ortellado, M.R. Gullón, 2013. *Geastrum violaceum* Rick (Gastraceae, Basidiomycota), nuevo registro para Paraguay. *Reportes Científicos FACEN* 4(2): 15-18.
- Esqueda, M., E. Pérez Silva, T. Herrera, M. Coronado, A. Estrada-Torres, 2000. Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México Serie Botánica* 71: 39-62.
- Esqueda, M., T. Herrera, E. Perez-Silva, A. Sánchez, 2003. Distribution of *Geastrum* species from some priority regions for conservation of biodiversity of Sonora, Mexico. *Mycotaxon* 87: 445-456.
- Esqueda, M., A. Sánchez, M.L. Coronado, A. Gutiérrez, M. Lizárraga, R. Valenzuela, 2011. Nuevos registros de hongos gasteroides en la Reserva de Biosfera Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. *Revista Mexicana de Micología* 34: 43-51.
- Guzmán, G., A. Cortés-Pérez, L. Guzmán-Dávalos, F. Ramírez-Guillén, M.R. Sánchez-Jácome, 2013. An emendation of *Scleroderma*, new records and review of the known species in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: S173-S191.
- Guzmán, G., F. Tapia, P. Navarro, F. Ramírez-Guillén, 1997. Sclerodermateous fungi (Basidiomycota, Gasteromycetideae) from Mexico and new reports. *Documents Mycologiques* 26: 53-58.
- Herrera, T., E. Pérez-Silva, M. Esqueda, V.H. Valenzuela, 2005. Algunos gasteromicetos de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Micología* 21: 23-27.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, D.W. Minter, J.A. Stalpers, 2011. *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. CAB International, Wallingford.
- Largent, D., D. Johnson, R. Watling, 1984. *How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features*. Mad River Press, Eureka.
- Makarevich, E.V., Z.B. Ibragimova, T.A. Kosogova, O.G. Kurskaya, O. Mazurkov, T.N. Ilyicheva, T.V. Teplyakova, N.A. Mazurkova, 2012. Immunogenic and protective properties of extracts from higher fungi from a group of orders Gasteromycete. *Microbiology* 38: 68-72.
- Medel, R., 2007. Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006. *Revista Mexicana de Micología* 25: 69-76.
- Moreno, G., M. Lizárraga, M. Esqueda, M.L. Coronado, 2010. Contribution to the study of gasteroid and secotoid fungi of Chihuahua, Mexico. *Mycotaxon* 112: 291-325.
- Pegler, D.N., T. Laessle, B.M. Spooner, 1995. *British puffballs, earthstars and stinkhorns; an account of the British Gasteroid fungi*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Pérez-Silva, E., T. Herrera, M. Esqueda, 1999. Species of *Geastrum* (Basidiomycotina: Geastraceae) from Mexico. *Revista Mexicana de Micología* 15: 89-104.
- Royal Botanic Garden Edinburgh, 1969. *Flora of British fungi: color identification chart*. Royal Botanic Garden, Edinburgh.
- Rzedowski, J., 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Salinas-Rodríguez, M., V.M. Gómez-Reyes, 2015. Gasteromicetos del Estribo Grande y Estribo Chico del Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. *Biológicas* 17(2): 10-14.
- Sharma, V.P., M. Singh, S. Kumar, S. Kamal, R. Singh, 2015. Phylogeny and physiology of *Phellorinia* spp.: a delicacy of Indian desert. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences* 2(4): 1-17.
- Sunhede, S., 1989. Geastraceae (Basidiomycotina). Morphology, ecology, and systematics with special emphasis on the North European species. *Synopsis Fungorum* 1. Fungiflora, Grønlands Grafiske A/S, Oslo.
- Thiers, B. 2018. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
- Varela, L., J. Cifuentes, 1979. Distribución de algunos macromicetos en el norte del estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 13: 75-88.

CAPÍTULO 2. Caracterización de la comunidad de hongos gasteroides en dos bosques templados Michoacán, México.

2.1 Resumen

Los hongos gasteroides tienen una importancia ecológica relevante al ser degradadores de la materia orgánica, participan en el mantenimiento de los ecosistemas y algunas especies forman asociaciones micorrícicas con numerosos árboles y arbustos. Sin embargo, existen pocas investigaciones sobre la influencia de los factores bióticos y abióticos en su crecimiento e impacto en su interacción micorrícica. Los estudios ecológicos enfocados a este grupo de hongos son escasos, la mayoría de ellos se ha realizado en zonas áridas y semiáridas de Sonora. Para el bosque mesófilo de montaña (BMM) existe solo un trabajo específico, mientras que para el bosque de pino-encino (BPE) de los 210 taxones registrados en Sonora, el 34% está citado en bosque de coníferas y encino. En el presente trabajo se evaluó la composición y estructura de la comunidad de los hongos gasteroides, así como la diversidad alfa y beta, en relación a los factores bióticos y abióticos en dos tipos de vegetación. Durante los dos años de muestreo se recolectó un total de 796 basidiomas (761 BMM y 35 BPE), pertenecientes a 13 taxones y tres familias Agaricaceae (4), Geastraceae (7) y Sclerodermataceae (2). Con base en el índice de importancia relativa (IIR), la comunidad de hongos gasteroides del BMM se encuentra dominada por *Scleroderma verrucosum* y en el BPE, por *S. areolatum*. La riqueza de hongos gasteroides del BMM se correlacionó con la humedad edáfica ($R=0.47$), temperatura edáfica ($R=0.28$), pH en agua ($R=0.77$), nitrógeno mineral kg/ha ($R=0.81$) y porcentaje de arena ($R=0.90$). Los resultados sugieren que las condiciones edáficas y climáticas son importantes para la diversidad de los hongos gasteroides.

Palabras clave: factores abióticos, macromicetos, microclima, *Scleroderma*

2.2 Abstract.

Gasteroid fungi have a relevant ecological importance, since they are degraders of organic matter, they participate in the maintenance of ecosystems and some species form associations of mycorrhiza with numerous trees and shrubs. However, there is little research on the influence of biotic and abiotic factors on their growth and impact on their mycorrhizal interaction. Ecological studies focused on this group of fungi are scarce, most of them have been conducted in arid and semi-arid areas of Sonora. For the mesophilic mountain forest (BMM) there is only one specific work, while for the pine-oak forest (BPE) of the 210 registered taxa in Sonora, 34% is found in coniferous and oak forests. In the present work, the composition and structure of the community of gasteroid fungi, as well as alpha and beta diversity, in relation to biotic and abiotic factors in two types of vegetation were evaluated. During the two years of sampling, a total of 794 basidiomas were collected (754 BMM and 35 BPE), belonging to 13 taxa and three families Agaricaceae (4), Geastraceae (7) and Sclerodermataceae (2). On the basis of the relative importance index (IIR), the gasteroid fungi community of the BMM is dominated by *Scleroderma verrucosum* and in the BPE, by *S. areolatum*. The richness of BMM's gasteroid fungi correlated with soil moisture ($R = 0.47$), soil temperature ($R = 0.28$), pH in water ($R = 0.77$), mineral nitrogen kg / ha ($R = 0.81$) and the percentage of sand ($R = 0.90$). The results suggest that edaphic and climatic conditions are important for the diversity of gasteroid fungi.

Key words: abiotic factors, macromycetes, microclimate, *Scleroderma*.

2.3 Introducción

Los hongos gasteroides son un grupo polifilético que participan tanto en la degradación de la materia orgánica como en la formación de asociaciones micorrízicas con numerosos árboles y arbustos. Sin embargo, se conoce poco sobre la influencia de los factores bióticos como la estructura de la vegetación y los factores abióticos como las variables climáticas y edáficas sobre la estructura de las comunidades de estos hongos (Esqueda et al., 2011).

A nivel mundial se han registrado alrededor de 1,000 taxones (Kirt et al., 2011). Para México existen varias especies de hongos gasteroides ampliamente distribuidas, principalmente en zonas áridas y semiáridas de Sonora donde se han registrado 210 taxones, siendo *Tulostoma* el género mejor representado con 30 especies (Hernández-Navarro et al., 2017). Con relación a Michoacán se han registrado 37 taxones, el mejor representado *Lycoperdon* con nueve especies (Salinas-Rodríguez et al., 2018). De los estudios realizado para la diversidad fúngica en bosque mesófilo de montaña (BMM) se encuentra Chacón y Medel (1993), Gómez-Hernández y Williams-Linera (2011) y Bautista-Hernández et al. (2018). En dichos estudios se registran un total de 63 especies de hongos gasteroides. Sin embargo, los autores consideran que los hongos gasteroides presentan una alta diversidad en BMM, al igual que otros grupos de macromicetos.

En cuanto a los estudios realizados en bosque de pino-encino (BPE), Esqueda et al. (2000) estudiaron siete tipos de vegetación, registrando un total de 42 especies, siendo el BPE el de mayor diversidad (20 spp.). Piña-Páez et al. (2013) analizaron tres tipos de vegetación: bosque de encino, matorral subtropical y matorral de mezquite, de los cuales el matorral subtropical presentó mayor diversidad con 20 especies. Los géneros mejor representados fueron *Tulostoma*, *Geastrum* y *Lycoperdon*. De los 210 taxones registrados en Sonora, el 34% se representa en bosque de coníferas y encino (Esqueda et al., 2000).

Las comunidades bióticas se caracterizan por su estructura que considera la diversidad de especies, la cual implica dos componentes: la riqueza y la abundancia relativa (Smith y Smith, 2007). Las comunidades de macromicetos son distintas para cada ecosistema forestal, las diferencias consisten en la composición y abundancia de las especies. Estas diferencias son resultado de una interacción de factores como la composición y estructura de la vegetación, la calidad y cantidad de materia orgánica, las condiciones del microclima, macroclima entre otros (Lagán et al., 1999; 2002; Richard et al., 2004; Tóth y Feest, 2007). El tipo de vegetación, afecta la riqueza y composición de especies de macromicetos, debido a que las plantas constituyen el

hábitat y la fuente de energía para la mayoría de los hongos, ya que todos muestran algún grado de huésped o sustrato específico (Lodge et al., 2004).

El BMM es un tipo de vegetación que engloba una serie de asociaciones vegetales que se caracterizan por desarrollarse en climas húmedos y cálidos, además de presentar una estructura heterogénea, con elementos perennifolios y caducifolios, mientras que los BPE prosperan en zonas montañosas de regiones de clima templado, semihúmedo, alta humedad y fríos, además de presentar una amplia diversidad florística y ecológica (Rzedowski, 1978).

Aunque existen estudios ecológicos sobre macromicetos, son escasos los enfocados a hongos gasteroides. Por lo cual, el presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la comunidad de hongos gasteroides en el BMM y BPE, así como la influencia de los factores bióticos y abióticos sobre la abundancia y riqueza de este grupo de hongos durante dos años consecutivos de muestreo

2.4 Materiales y métodos

Las áreas de estudio se encuentran en la Estación Biológica “Vasco de Quiroga” del municipio de Uruapan Michoacán. El BMM ($19^{\circ}29'39.9''$ - $19^{\circ}25'13.6''$ LN y $102^{\circ}00'12.4''$ - $102^{\circ}00'23.4''$ LO), forma un manchón que abarca aproximadamente el 20% de la superficie total con pendientes de 7 a 49° , con altitudes de 2 010 a 2 090 m en cañadas de suaves a escarpadas, mientras que el BPE ($19^{\circ}28'55.6''$ - $19^{\circ}29'20.8''$ LN y $102^{\circ}00'55.1''$ - $102^{\circ} 00'45.0''$ LO), se encuentra en un cono volcánico con altitudes de 2 034 a 2 090 m s.n.m., conformado principalmente por suelos de tipo andosol y leptosol (Fuentes-Chávez y Reyes-Martínez, 2017) (Fig. 1).

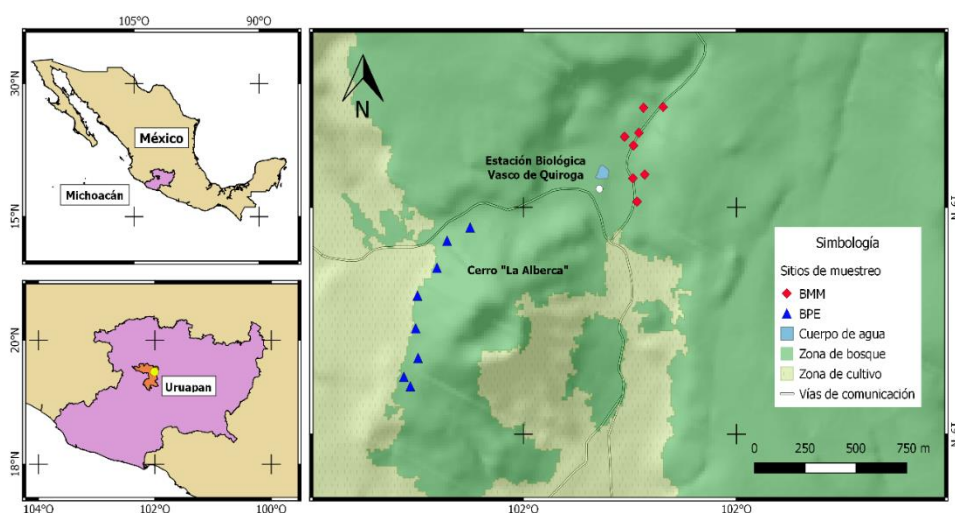


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio

Se establecieron un total de 16 parcelas permanentes de 8×50 m (400 m^2), ocho en cada tipo de vegetación donde se realizó la recolecta de hongos gasteroides de manera quincenal durante dos años consecutivos (2017-2018) entre los meses de junio a noviembre. Se tomaron características macro y microscópicas de los basidiomas, siguiendo las recomendaciones de Largent et al. (1984). La determinación taxonómica del material se llevó a cabo con bibliografía especializada (Sunhede, 1989; Pegler et al., 1995; Pérez-Silva et al., 1999; Bates et al., 2009; Bautista-Hernández et al., 2011; Guzmán et al., 2013) entre otras. El orden sistemático se basó en Kirk et al. (2011), mientras que los nombres científicos y autores se basaron en la base de datos Index Fungorum (www.indexfungorum.org). El material estudiado se encuentra depositado en la Colección de Macromicetos del Herbario EBUM de la Facultad de Biología,

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; abreviatura acorde con Index Herbariorum (Thiers, 2018).

Se registró la abundancia y biomasa de los basidiomas recolectados; la biomasa corresponde al peso en fresco de los basidiomas por especie, con el método gravimétrico. Además, se obtuvo la abundancia y biomasa absoluta, anual y total por especie.

Para los análisis de diversidad se registró la riqueza de hongos gasteroides del área total, así como por año de muestreo. Además, se calcularon los estimadores de riqueza de tipo no paramétricos, Jack2 y Chao2 porque tienen mayor precisión con un número pequeño de muestras. Estos estimadores se calcularon únicamente con el valor de abundancia de los basidiomas. Se analizaron con ayuda del programa EstimateS versión 9 (Colwell, 2013).

El índice de Shannon (H') se utilizó para medir la diversidad de los hongos gasteroides, mientras que los índices de Simpson y alfa de Fisher (índice basado en especies raras) para contrastar la información obtenida por H' . La abundancia de cada especie se representó con el número y la biomasa de basidiomas. La diversidad beta se midió con el índice de similitud Morisita cuantitativo. Los cálculos de los índices de diversidad alfa y beta se analizaron con el programa Past versión 3.20.

La caracterización de la comunidad de hongos gasteroides se efectuó mediante el Índice de Importancia Relativa (IIR), que describe la dominancia de las poblaciones dentro de la comunidad. Se consideraron cuatro aspectos para integrar el índice: abundancia relativa (Ar), biomasa relativa (Br), frecuencia temporal relativa (Ftr) y distribución espacial (Dsr); así, las especies con valores altos de IIR son las dominantes en la comunidad.

La caracterización silvícola de las parcelas se realizó mediante el establecimiento de dos líneas de Gentry de 50 m. La densidad del estrato arbóreo se registró por medio del conteo de los árboles, el diámetro promedio a la altura al pecho se tomó con una forcípula a una altura de 1.30 m y la altura promedio con un hipsómetro digital Nikon. Para el estrato arbustivo se registraron los arbustos presentes cada 10 m y finalmente, para el estrato herbáceo se contabilizó el número de individuos presentes en dos cuadrantes de 1m^2 a las distancias de 10 y 30 m. El porcentaje de la cobertura forestal se tomó por medio de fotografías hemisféricas con ayuda del WinScanopy (TM) versión 2014.

La humedad edáfica y precipitación son variables ambientales importantes; la humedad edáfica se evaluó quincenalmente en cada una de las parcelas. Se tomaron cuatro mediciones en

cada una de las parcelas con ayuda del kit para medición de contenido de humedad, conductividad eléctrica y temperatura en suelos y sustratos marca Delta-t®, modelo wet-2-k4. Además, se tomaron muestras de suelo de las ocho parcelas para posteriormente realizar un análisis físico y químico. Los datos de precipitación se obtuvieron de la estación climatológica de Cheranguerán ubicada a 8 km de las áreas de estudio, a una altitud de 1 900 m s.n.m.

Con el programa JMP versión 6 (SAS, 2005) se determinaron las diferencias de la humedad edáfica entre los meses y años de muestreo, se utilizó un análisis de varianza de dos vías (ANOVA). Antes de realizar el análisis se probó que los datos provinieran de una distribución normal, utilizando la prueba de Shapiro-Wilk W. Las relaciones entre la abundancia y biomasa total de los hongos gasteroides y los factores bióticos y abióticos se evaluaron con pruebas de correlación de Spearman. Finalmente se realizó un análisis de correspondencia canónica con el fin de visualizar la relación relativa de lugares y especies de hongos gasteroides.

2.5 Resultados

Durante los dos años de muestreo se recolectó un total de 796 basidiomas y una biomasa de 4305.5 g, pertenecientes a 13 taxones comprendidos en tres familias Agaricaceae (4), Geastraceae (7) y Sclerodermataceae (2). El 95.6% de los basidiomas (761) y el 98.1% de la biomasa (4226.3 g) se registraron en BMM, correspondientes a 11 taxones y cuatro géneros (*Bovista*, *Geastrum*, *Lycoperdon* y *Scleroderma*). En BPE se registró 4.4 % de los basidiomas (35) y 1.83 % de la biomasa (79.2 g) pertenecientes a seis taxones comprendidos en tres géneros (*Geastrum*, *Lycoperdon* y *Scleroderma*) (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de abundancia, biomasa e índice de importancia relativa de las especies durante los dos años de muestreo en el BMM y BPE. Simbología; B= biomasa, A= abundancia e IIR= índice de importancia relativa.

Especies	BMM			BPE		
	B (g)	A	IIR	B (g)	A	IIR
<i>Scleroderma verrucosum</i>	843.4	296	0.82	3.8	1	0.33
<i>Geastrum lageniforme</i>	1115.9	105	0.68	14.6	2	0.49
<i>Geastrum fimbriatum</i>	631	93	0.48	0	0	0
<i>Geastrum triplex</i>	861.6	60	0.45	0	0	0
<i>Scleroderma areolatum</i>	169.9	71	0.41	34.8	23	1.72
<i>Lycoperdon molle</i>	382.7	47	0.36	0	0	0
<i>Geastrum saccatum</i>	134.2	49	0.22	20.7	6	0.81
<i>Bovista oblongispora</i> var. <i>oblongispora</i>	15.9	22	0.18	0	0	0
<i>Geastrum violaceum</i>	7.6	6	0.17	0	0	0
<i>Lycoperdon perlatum</i>	45.2	8	0.16	0	0	0
<i>Geastrum</i> sp. 1	18.9	4	0.08	0	0	0
<i>Lycoperdon</i> sp.	0	0	0	4.9	2	0.37
<i>Geastrum</i> sp. 2	0	0	0	0.4	1	0.28

En el primer año de muestreo se obtuvo una abundancia de 363 basidiomas y una biomasa de 1520.7 g. El BMM registró el 97.5 % de los basidiomas (354) y 97.9% de la biomasa. (1489.5 g). En el BPE se obtuvieron 2.5 % de los basidiomas (9) y 2 % de biomasa (31.2 g). Durante el segundo año se observó un incremento de la abundancia (431 basidiomas) y biomasa (2783.7g) en ambos tipos de vegetación. El BMM presentó un 93.9 % de los basidiomas (405) y 98.3% de biomasa (2736.8 g), mientras que el BPE mostró un 6 % de los basidiomas (26) y

1.6 % de biomasa (46.9 g.) Sin embargo, durante los dos años de muestreo se registró mayor abundancia y biomasa en el BMM.

En general, los estimadores de Jack2 y Chao2 mostraron un porcentaje alto de especies registradas. En el BMM con las 11 especies observadas, el estimador de Jack2 y Chao2 indicaron que se conoce el 84.7 y 100 % de los taxones respectivamente, considerando los dos años de muestreo. Para el BPE, mostraron un porcentaje bajo de especies registradas. Con seis especies observadas, el estimador de Jack2 y Chao2 indicaron que se conoce el 60.12 y 85.8% de los taxones respectivamente.

En cuanto a la riqueza de hongos gasteroides, los índices de Simpson y Shannon (H') mostraron en ambos tipos de vegetación, al año 2018 más diverso vs. 2017, mientras que Alfa de Fisher indicó más diverso al 2017. Al comparar los valores de estos índices con una prueba de t-student entre los años de muestreo, con el índice de Simpson no presentan diferencias significativas, mientras que con el índice de Shannon (H') si existen diferencias significativas, en la diversidad de especies entre los años de muestreo de ambos tipos de vegetación.

Con base en el índice de importancia relativa, durante el primer año de muestreo la comunidad de hongos gasteroides del BMM estuvo dominada por *Scleroderma verrucosum* y *Bovista oblongispora* var. *oblongispora*, la menos dominante. En el segundo año la comunidad de hongos gasteroides fue dominada por *Geastrum lageniforme* y la menos dominante *Geastrum* sp. 1. Al realizar el IIR, considerando la frecuencia temporal, se obtuvo que la comunidad de hongos gasteroides se encuentra dominada por *S. verrucosum* y la menos dominante *Geastrum* sp. 1.

La comunidad de hongos gasteroides en el BPE, durante los dos años de muestreo estuvo dominada por *Scleroderma areolatum*; contrariamente, la menos dominante en el primer año fue *Geastrum saccatum*, mientras que en el segundo fue *Geastrum* sp. 2.

Los cambios en la composición de especies entre los años de muestreo, mediante el índice de similitud de Morisita cuantitativo mostró en el BMM, que, de las 11 especies registradas, *Geastrum saccatum* y *G. fimbriatum* se mostraron constantes en cuanto a la abundancia y biomasa, durante los dos años de muestreo con un valor de similitud de 0.98 y 0.93 respectivamente. En cambio, *Geastrum lageniforme* y *Lycoperdon perlatum* indicaron un

valor de similitud de 0.27 y 0.39 respectivamente. En el BPE de las seis especies registradas durante los dos años de muestreo, *Geastrum saccatum* mostró un valor de similitud de 1; no obstante, *Scleroderma areolatum* tuvo un valor de similitud de 0.35. En general, en el BMM se observó un recambio en la dominancia de especies durante los dos años de muestreo. En el BPE se registró un recambio en las especies y no en la dominancia. (Fig. 2).

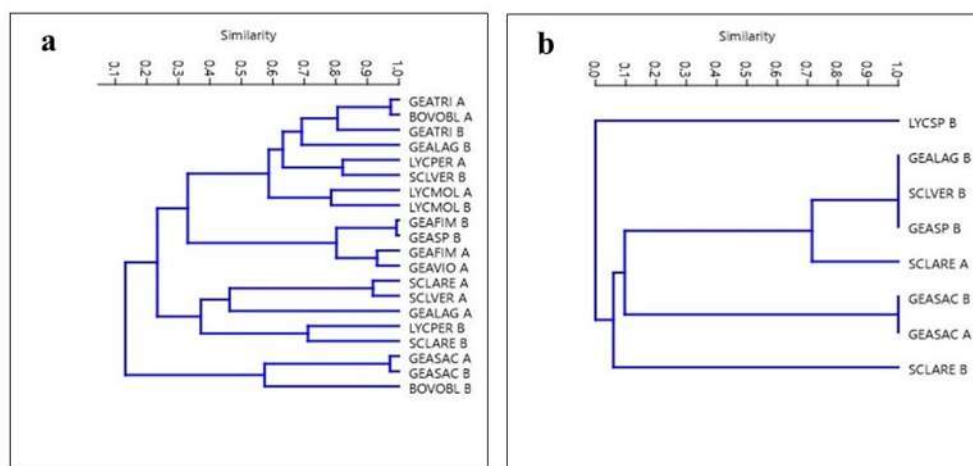


Figura 2. Dendrograma basado en el índice de similitud Morisita: a) BMM y b) BPE. Simbología A= año 2017, B= año 2018. *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* (BOVOBL), *Lycoperdon perlatum* (LYCPER), *L. molle* (LYCMOL), *Geastrum fimbriatum* (GEAFIM), *G. lageniforme* (GEALAG), *G. saccatum* (GEASAC), *G. triplex* (GEATRI), *G. violaceum* (GEAVIO), *G. sp* (GEASP) *Scleroderma areolatum* (SCLARE) y *S. verrucosum* (SCLVER).

En cuanto a las características silvícolas del BMM, está compuesto por tres estratos: el arbóreo dominado por *Carpinus caroliniana* Walter, con asociación de *Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne. & Planch. y *Clethra* sp. L. El arbustivo dominado por *Dendropanax arboreus* L., *Oreopanax xalapensis*, *Malvaviscus arboreus* Cav. entre otras. Finalmente, el herbáceo dominado por *Dendropanax arboreus*, *Malvaviscus arboreus*, *Rhus trilobata* Nutt., entre otras. En promedio la densidad del estrato arbóreo fue de 344 individuos por hectárea. El porcentaje promedio de la apertura del dosel fue de 6.84%.

El BPE presentó tres estratos, el arbóreo dominado por *Pinus montezumae* Gordon & Glend., *P. leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *Quercus obtusata* Bonpl. y *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. El arbustivo dominado por *Kohleria elegans* (Decne.) Loes., *Smilax*

moranensis M. Martens & Galeotti. y *Crataegus mexicana* DC. Finalmente, el herbáceo dominado por *Geranium seemannii* Peyr., *Loeselia glandulosa* (Cav.) G. Don, *Rhus trilobata*. En promedio la densidad del estrato arbóreo de las ocho parcelas fue de 177 individuos por hectárea. El porcentaje promedio de la apertura del dosel fue de 15.15%. En los dos tipos de vegetación con base en los índices de diversidad Simpson, Shannon y Alfa de Fisher, el estrato herbáceo fue el más diverso, seguido del estrato arbustivo y por último el arbóreo.

En el BMM se registraron valores superiores de humedad edáfica vs. BPE. Durante el primer año, septiembre fue el mes más húmedo en el BMM (29.9%) y BPE (20.2 %). En cambio, el mes más seco fue noviembre con 13.4 y 12.4 % respectivamente. En el segundo año la humedad edáfica se mantuvo constante, el mes de octubre presentó mayor humedad edáfica (BMM 28.7y BPE 21.85 %), mientras que el mes más seco fue julio (BMM 19.4 y BPE 14.1%) (Fig.3).

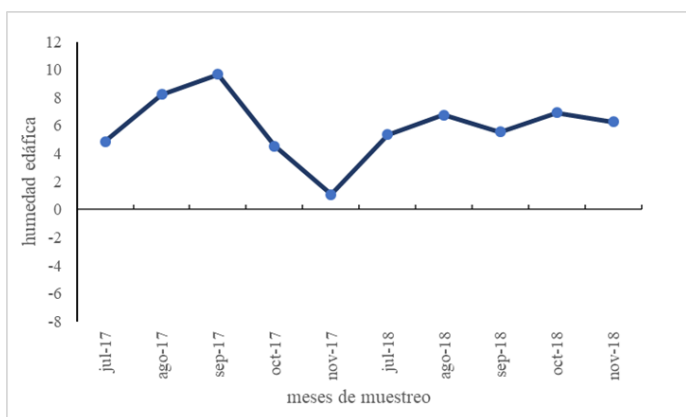


Figura 3. Humedad edáfica del BMM vs. BPE durante los dos años de estudio. * Valores de cero no muestran diferencias de humedad edáfica entre tipos de vegetación, valores diferentes a cero indican diferencias.

En cuanto a la precipitación, se tomaron los mismos valores para ambos tipos de vegetación, debido a la cercanía de los sitios. Durante el primer año de muestreo, julio fue el mes más lluvioso; sin embargo, en el BMM y BPE el mes con mayor abundancia fue agosto. Contrariamente noviembre fue el mes menos lluvioso; de igual forma, el mes con menor abundancia. Durante el segundo año, al igual que la humedad edáfica, la precipitación se mantuvo constante, el mes más lluvioso fue septiembre; no obstante, al igual que el primer año agosto registró mayor abundancia en ambos sitios. Noviembre fue el mes menos lluvioso, no

obstante, en noviembre del 2018 registró mayor precipitación (187.6 mm) vs. noviembre del 2017 (0 mm) (Fig.4)

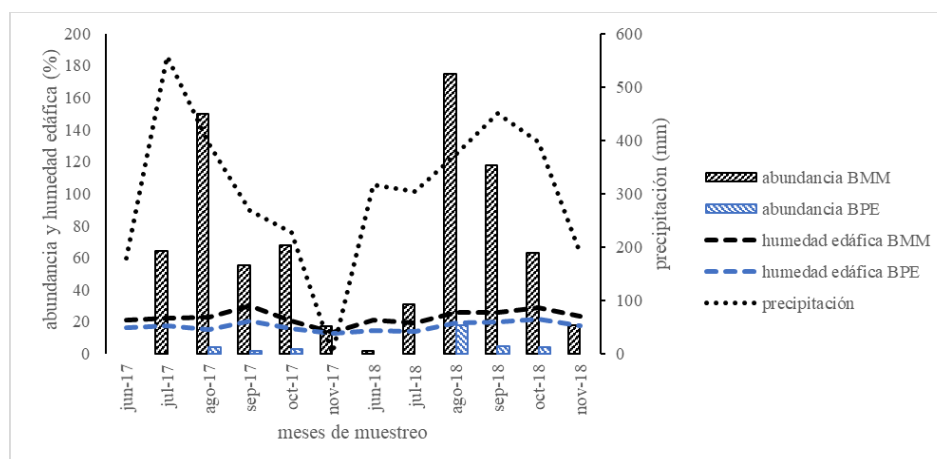


Figura 4. Humedad edáfica media mensual (%), precipitación mensual total (mm) y abundancia de basidiomas en BMM y BPE.

Debido al número limitado de basidiomas de hongos gasteroides en el BPE, no se aplicaron análisis multivariados en este sitio porque los datos obtenidos son insuficientes, por consiguiente, se muestran los resultados únicamente para el BMM.

La humedad edáfica del BMM mostró diferencias significativas entre los meses y años de muestreo ($F=11.25$, $P<0.001$). Durante 2017, en septiembre se presentó la mayor humedad edáfica ($\bar{x}=29.9\%$) y en noviembre la menor ($\bar{x}=13.46\%$). En el 2018, la humedad edáfica se mantuvo relativamente constante, octubre con la mayor humedad ($\bar{x}=28.7\%$) y julio con la menor ($\bar{x}=19.08\%$) (Fig. 5). Al comparar la humedad edáfica entre los dos años puede observarse que, a diferencia de 2017, en 2018 la humedad del suelo no disminuyó abruptamente al final de la época lluviosa (octubre y noviembre). Al realizar la comparación entre años, 2018 fue más húmedo ($\bar{x}=24.3$) vs. 2017 ($\bar{x}=21.8$) ($P<0.003$). Con ello, los factores edáficos son distintos estadísticamente entre los dos años.

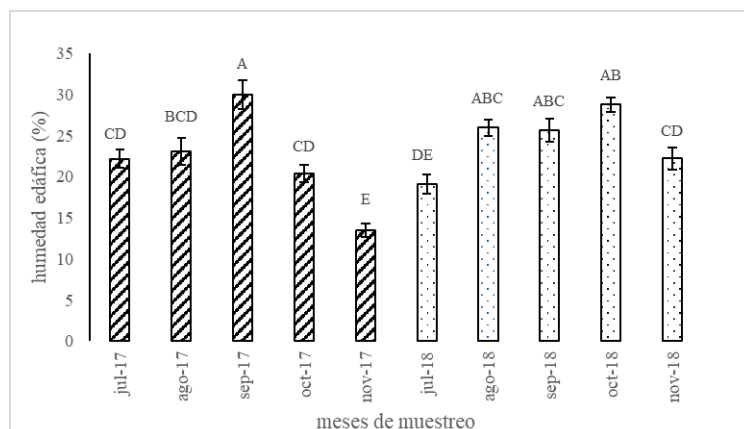


Figura 5. Humedad edáfica media mensual del BMM durante el periodo de estudio. * Las barras sin la misma letra son significativamente diferentes $P < 0.05$.

Durante el primer año la humedad edáfica en el BMM, no tuvo correlación con la abundancia, biomasa y riqueza de hongos gasteroides. No obstante, el segundo año de muestreo tuvo una correlación positiva con la abundancia ($R = 0.37$), biomasa ($R = 0.39$) y riqueza de hongos gasteroides ($R = 0.47$). La precipitación mostró una correlación positiva y significativa con la abundancia ($R = 0.63$) y biomasa ($R = 0.64$) (Fig. 6).

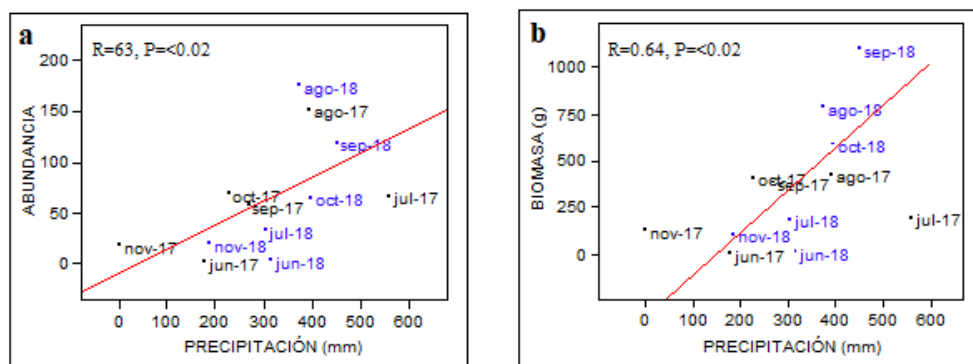


Figura 6. Correlación entre la precipitación: a) abundancia y b) biomasa de hongos gasteroides del BMM.

En el primer año de estudio, el coeficiente de correlación de Spearman mostró que la abundancia, biomasa y riqueza de hongos gasteroides se correlacionó con nueve de las 40 variables analizadas (33 edáficas y siete silvícolas), de las cuales el porcentaje de arena y nitrógeno mineral edáficos, tuvieron una correlación positiva con biomasa y riqueza de hongos

gasteroides. Durante el segundo año, cinco de las variables analizadas se correlacionaron significativamente, donde el pH en agua mostró una alta correlación positiva con la riqueza de hongos gasteroides (Tabla 2).

Tabla 2. Coeficiente de correlación de Spearman: riqueza vs. abundancia y riqueza vs. biomasa de hongos gasteroides y las variables silvícolas y edáficas del BMM. Simbología: R= Valores de Correlación de Spearman y P= valor de probabilidad

Variables		R	P
riqueza de hongos gasteroides	abundancia estrato. arbustivo	-0.43	< 0.04
	riqueza estrato herbáceo	-0.90	< 0.01
	abundancia estrato. herbáceo	-0.82	< 0.01
	lamina de riego	-0.91	< 0.00
	pH en agua	0.77	< 0.02
	nitrógeno mineral kg/ha	0.81	< 0.02
	capacidad de campo	-0.78	< 0.00
	% arena	0.90	< 0.01
	% saturación de humedad	-0.85	< 0.04
	% humedad aprovechable	-0.89	< 0.04
abundancia	densidad aparente	-0.86	< 0.00
	potasio	-0.85	< 0.01
	% arena	0.84	< 0.01
biomasa	nitrógeno mineral kg/ha	0.83	< 0.02
	% humedad aprovechable	-0.79	< 0.03
	capacidad de campo	-0.91	< 0.03
	punto de marchitez	-0.85	< 0.02
	magnesio kg/ha	-0.73	< 0.03

En el BMM, durante el primer año de muestreo, el análisis de CCA (Fig. 7) mostró que la comunidad de hongos gasteroides de las ocho parcelas de muestreo se separó en tres grupos. El primero conformado por *Geastrum saccatum* y *Lycoperdon molle*, las cuales tuvieron una correlación positiva con los carbonatos presentes en el suelo. El segundo grupo conformado por *Geastrum triplex*, *G. violaceum*, *G. fimbriatum* y *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* se

correlacionó con el porcentaje de arena y humedad del suelo, así como nitrógeno mineral. Finalmente, el tercer grupo con *Scleroderma areolatum*, *S. verrucosum* y *Gastrum lageniforme* se correlacionó con el nitrógeno orgánico (0.70). El primer y segundo eje mostraron 41.82 y 33.61 % de la variación en la distribución fúngica respectivamente.

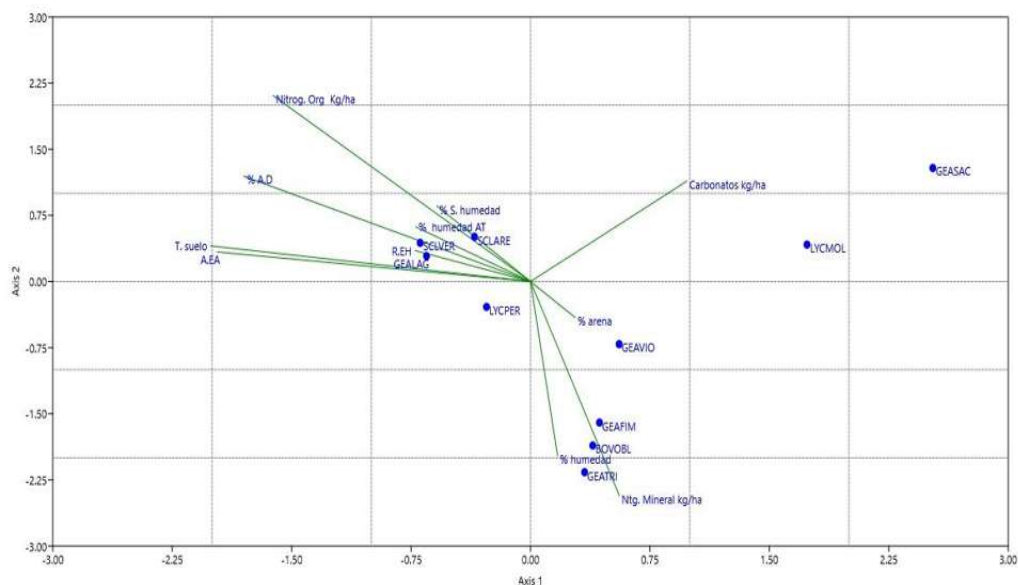


Figura 7. Biplot de ordenación de análisis de correspondencia canónica (CCA) de especies de hongos gasteroides del BMM en función de su abundancia durante el primer año (2017) de muestreo. *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* (BOVOBL), *Lycoperdon perlatum* (LYCPER), *L. molle* (LYCMOL), *Gastrum fimbriatum* (GEAFIM), *G. lageniforme* (GEALAG), *G. saccatum* (GEASAC), *G. triplex* (GEATRI), *G. violaceum* (GEAVIO), *Scleroderma areolatum* (SCLARE) y *S. verrucosum* (SCLVER).

El segundo año de muestreo, el biplot del CCA (Fig. 8) al igual que el primer año, mostró la separación en tres grupos. *Gastrum fimbriatum*, *G. triplex* y *G. sp.1* se correlacionaron con el porcentaje de humedad edáfica y el nitrógeno mineral. El siguiente grupo conformado por *G. saccatum*, *G. lageniforme*, *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* y *Lycoperdon molle* presentaron correlación con el pH en agua, porcentaje saturación de humedad y porcentaje de humedad aprovechable. Finalmente, el tercer grupo constituido por *Scleroderma areolatum*, *S. verrucosum* y *Lycoperdon perlatum* se correlacionaron negativamente con el amonio, nitrógeno orgánico, magnesio y porcentaje de apertura del dosel. Además de presentar una correlación positiva con el porcentaje de arena y densidad aparente. El primer y segundo eje mostraron 34.4

y 27.6 % de la variación en la distribución fúngica respectivamente.

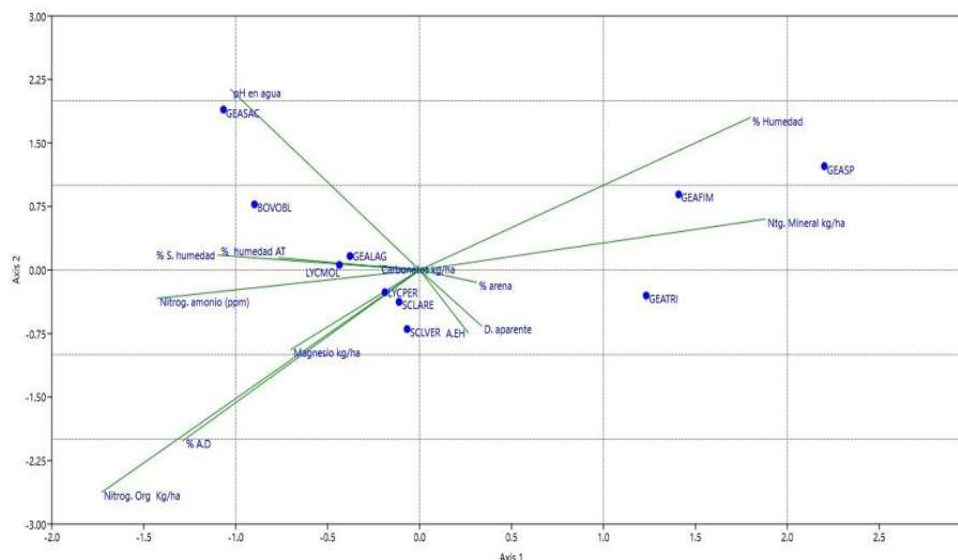


Figura 8. Biplot de ordenación de análisis de correspondencia canónica (CCA) de especies de hongos gasteroides del BMM en función de su abundancia durante el segundo año (2018) de muestreo. *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* (BOVOBL), *Lycoperdon perlatum* (LYCPER), *L. molle* (LYCMOL), *Gastrum fimbriatum* (GEAFIM), *G. lageniforme* (GEALAG), *G. saccatum* (GEASAC), *G. triplex* (GEATRI), *G. sp.* (GEASP), *Scleroderma areolatum* (SCLARE) y *S. verrucosum* (SCLVER).

2.6 Discusión

Los resultados de los dos años de muestreo (julio-noviembre 2017-2018) mostraron una diversidad reducida de hongos gasteroides, comparada con estudios previos en BMM (Chacón y Medel, 1993; Gómez-Hernández y Williams-Linera, 2011; Bautista -Hernández et al. 2018). El BMM de la estación Biológica Vasco de Quiroga, forma un manchón que abarca aproximadamente el 20% de la superficie total protegida (Fuentes-Chávez y Reyes-Martínez, 2017), lo que representa un área relativamente reducida comparada con las áreas estudiadas previamente. Además, de la dimensión de las áreas anteriormente mencionadas, otra de las diferencias es la estructura de la vegetación. En el estudio de Gómez-Hernández y Williams-Linera (2011) las especies dominantes fueron: *Carpinus caroliniana*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus xalapensis* y *Q. leiophylla*, mientras que en el estudio de Bautista- Hernández et al. (2018) las especies representativas fueron *Liquidambar styraciflua*, *Carya palmeri*, *Fagus mexicana*, *Magnolia dealbata*, *M. schiedeana* y *Taxus globosa*. La estructura de la vegetación del BMM de la Estación Biológica Vasco de Quiroga estuvo dominado principalmente por *Carpinus caroliniana* con asociación de *Oreopanax xalapensis* y *Clethra* sp. A pesar de que los estudios previos fueron realizados en BMM, la composición de especies vegetales es distinta en cada una de las áreas estudiadas. Lodge et al. (2004) menciona que el tipo de vegetación, afecta la riqueza y composición de especies de macromicetos, debido a que las plantas constituyen el hábitat y la fuente de energía para la mayoría de los hongos, ya que todos muestran algún grado de huésped o sustrato específico.

De acuerdo a los resultados obtenidos con los estimadores no paramétricos, Chao2 mostró un 100% de las especies observadas, sugiriendo que el inventario de especies en esta área fue suficiente. El estimador de Jack2 indicó un 84 % de las especies observadas, sugiriendo que 13 es el máximo de taxones a encontrar. Sin embargo, varios autores sugieren que para resultados robustos sobre el esfuerzo de muestreo es necesario el estudio durante varios años, para registrar la mayoría de las especies, debido a las fluctuaciones anuales de los macromicetos (Tofts y Orton, 1998; Straatsma et al., 2001; Durall et al., 2006; Gabel y Gabel, 2007).

La temperatura y precipitación son considerados como dos factores principales para la producción de macromicetos (Straatsma et al., 2001). En el presente estudio la riqueza, abundancia y biomasa de hongos gasteroides indicó una correlación positiva con la humedad edáfica. La precipitación mostró correlación con la abundancia y biomasa. Estos resultados

concuerdan con Salerni et al. (2002), quienes encontraron una correlación positiva y significativa entre la precipitación y la diversidad de especies; además mencionan que la lluvia abundante es esencial para la fructificación del micelio. Los autores indican que esto se explica por la relación directa entre especies y el suelo, donde presumiblemente se favorece la actividad metabólica del micelio.

Durante el primer año de muestreo se observó una dominancia de las especies micorrízicas (*S. areolatum* y *S. verrucosum*); no obstante, el segundo año se presentó mayor abundancia de especies saprobias (*G. lageniforme*, *G. fimbriatum* y *G. triplex*). Lo anterior coincide con los resultados obtenidos por Straatsma et al. (2001), quienes encontraron una diferencia en el tiempo de aparición de los macromicetos saprobios y micorrízicos; asimismo mencionan que el aumento de hongos saprobios indica un cambio en la cantidad de sustrato como la acumulación de materia orgánica. Sin embargo, Salerni et al. (2002) indican que los hongos saprobios están también influenciados por los cambios atmosféricos como la humedad, debido a que el micelio de las especies saprobias es más superficial que las micorrízicas.

La distribución de hongos micorrízicos está relacionada con el tipo de vegetación (Piña-Páez et al., 2013). Por ejemplo, las especies de *Lycoperdon* y *Scleroderma* se favorecen por el clima templado subhúmedo, las características físicas y químicas de suelo y la cobertura forestal, dominado por pinos y encinos hospederos de especies micorrizógenas como *Scleroderma* spp. (Esqueda et al., 2000). Sin embargo, en el presente trabajo la riqueza de hongos gasteroides tuvo una correlación negativa con la abundancia del estrato arbustivo ($R = -0.43$), abundancia y riqueza del estrato herbáceo ($R = -0.91$). *Scleroderma* mostró una correlación positiva con el porcentaje de arena, densidad aparente y nitrógeno orgánico. Las especies saprobias se favorecieron por el porcentaje de humedad, nitrógeno mineral, carbohidratos, porcentaje de humedad aprovechable total, lo que concuerda con Arnolds (1991), quien menciona que el nitrógeno facilita la fructificación de hongos saprobios. Sin embargo, Esqueda et al. (2000) mencionan que las especies de *Bovista*, *Geastrum*, *Lycoperdon* y *Scleroderma* están bien distribuidas en las regiones templadas, además de desarrollarse principalmente en suelos ácidos con alto contenido de materia orgánica, mediana a baja capacidad de intercambio catiónico y elevado porcentaje de saturación.

Los resultados obtenidos en el BPE, sugieren una diversidad deficiente en comparación a los estudios realizados en este tipo de vegetación por Esqueda et al. (2000, 2009) y Piña-Páez et al. (2013). La estructura de la vegetación en el BPE estudiado, está dominada por *Pinus montezumae* y *P. leiophylla*, por consecuente se observó que el origen de la materia orgánica en las parcelas está compuesto principalmente por acículas de los pinos, las cuales sufren un proceso de descomposición e integración lento, por lo que las parcelas presentaron una capa gruesa de materia orgánica (10-13 cm), por consecuencia existe poca infiltración de agua al suelo. Esto coincide con Jaramillo (2006), quien menciona que el tipo de materia orgánica aportado por la vegetación, humedad edáfica y el material parental pueden ocasionar hidrofobicidad en los suelos, impidiendo la infiltración y generando mayores tasas de escorrentía y erosión, lo cual es común en suelos de origen volcánico.

El término hidrofobicidad se refiere a la incapacidad de infiltración del agua al suelo, causado principalmente por dos tipos de compuestos químicos: hidrocarburos alifáticos (compuestos no polares casi insolubles en agua) y compuestos anfílicos (una parte terminal polar y otra no polar) productos de la descomposición de la hojarasca depositada en el suelo, originados principalmente por taxones como *Pinus*, *Acacia*, *Quercus*, *Cupressus*, *Eucalyptus*, entre otros (Doerr y Thomas, 2000).

Además de la hidrofobicidad, la poca abundancia de basidiomas de hongos gasteroides en el BPE se puede atribuir a la humedad edáfica, ya que en comparación al BMM, el BPE presentó valores inferiores de humedad, durante el primer año septiembre fue el mes con mayor humedad (BMM 29.9 y BPE 20.2 %) En cambio, el mes más seco fue noviembre con 13.4 y 12.4 % respectivamente. En el segundo año el mes de octubre presentó un porcentaje mayor (BMM 28.7 y BPE 21.85 %), el mes más seco fue julio (BMM 19.4 y BPE 14.1%).

Sin embargo, a pesar de que el BPE presentó un porcentaje inferior de humedad edáfica, se observó el mismo patrón en ambos sitios. Con respecto a la precipitación se tomaron en cuenta los mismos valores para ambos tipos de vegetación, debido a la cercanía entre los sitios. En el BMM obtuvo una correlación positiva de la precipitación con respecto a la abundancia y biomasa, mientras que el BPE no se observó el mismo patrón.

En el presente trabajo, la poca abundancia de hongos gasteroides podría deberse a la hidrofobicidad del sitio; sin embargo, no se puede afirmar debido a que en el área de estudio no se han realizado este tipo de análisis. Aún falta mucho trabajo por realizar para determinar la

dinámica del BPE de la Estación Biológica Vasco de Quiroga y conocer los factores que limitan la abundancia de macromicetos.

Con base en los resultados obtenidos se observó una clara diferencia en la diversidad de hongos gasteroides entre BMM y BPE. A pesar de que estos sitios se encuentran a una distancia relativamente cerca, ambos presentan condiciones distintas en cuanto a la estructura de la vegetación, las propiedades edáficas como profundidad, textura, granulometría y, sobre todo, las relacionadas con el almacenamiento de agua como curva de retención de humedad, permeabilidad y drenaje, así como contenido de humedad a distintas tensiones. Sin embargo, el BMM y BPE de la estación Biológica Vasco de Quiroga, corresponden a islas de vegetación debido al intenso cambio de uso de suelo.

La diversidad de hongos gasteroides está influenciada por las condiciones climáticas, el microclima y las condiciones edáficas, las cuales juegan un papel importante en la distribución de estos hongos.

2.8 Literatura citada

- Arnolds, E. (1991) Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 35, 209–244.
- Bates, S. T., Roberson, R. W. y Desjardin, D. E. (2009). Arizona gasteroid fungi I: Lycoperdaceae (Agaricales, Basidiomycota). *Fungal Diversity*, 37, 153–207.
- Bautista-Hernández, S., Herrera, T., Aguirre-Acosta, E. y Esqueda, M. (2011). Contribution to the taxonomy of *Bovista* in Mexico. *Mycotaxon*, 118, 27–46.
- Bautista-Hernández, S., Raymundo, T., Aguirre-Acosta, E., Contreras-Pacheco, M., Romero-Bautista L. y Valenzuela, R. (2018). Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña de la Huasteca Alta Hidalguense, México. *Acta Botánica Mexicana*, 123, 21–36.
- Chacón, S. y Medel, R. (1993). Los hongos (principalmente macromicetos) registrados en el bosque mesófilo de montaña de México. En: Marmolejo, J. y Garza-Ocañas, F (Eds). *Contribuciones micológicas en homenaje al Biólogo José Castillo Tovar, por su labor en pro de la micología mexicana. Número Especial 13.* (pp. 61-110). México: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Colwell, R. K. (2013). Estimates: Statistical estimations of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Doerr, S. H. y Thomas, A. D. (2000). The role of soil moisture in controlling water repellency: new evidence from forest soils in Portugal. *Journal of Hydrology*, 231–232, 134–147.
- Durall, D.M., Gamiet, S., Simard, S.W., Kudrna, L. y Sakakibara, S.M. (2006). Effects of clearcut logging and tree species composition on the diversity and community composition of epigeous fruit bodies formed by ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany*, 84, 966–980.
- Esqueda, M., Pérez-Silva, E., Herrera, T., Coronado-Andrade, M. y A. Estrada-Torres. (2000). Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 71(2), 39-62.
- Esqueda, M., Sánchez, A., Coronado, M.L., Gutiérrez, A., Lizárraga M. y Valenzuela, R. (2011). Nuevos registros de hongos gasteroides en la Reserva de Biosfera Sierra de Álamos–Río Cuchujaqui. *Revista Mexicana de Micología*, 34, 43–51.

Esqueda, M., Sánchez, A., Rivera, M., Coronado, M.L., Lizárraga, M. y Valenzuela, R. (2009). Primeros registros de hongos gasteroides en la Reserva Natural Forestal y Refugio de fauna silvestre Ajos-Bavispe, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 19–29.

Fuentes-Chávez, R. I., y Reyes-Martínez, N. P. (2017). Bosque Mesofilo de la Estación Biológica Vasco de Quiroga. En: Gómez-Peralta, M y Gómez-Reyes, V. M (Eds). *Guía de Macromicetos y Liqueños*. (pp. 25-32) Morelia, Michoacán: Coordinación de la investigación científica UMSNH.

Gabel, A.C. y Gabel, M.L. (2007). Comparison of diversity of macrofungi and vascular plants at seven sites in the Black Hills of South Dakota. *The American Midland Naturalist*, 157(2), 258–296.

Gómez-Hernández, M.A. y Williams-Linera, G. (2011). Diversity of macromycetes determined by tree species, vegetation structure, and microenvironment in tropical cloud forests in Veracruz Mexico. *Botany*, 89, 203–216.

Guzmán, G., Cortés-Pérez, A., Guzmán-Dávalos, L., Ramírez-Guillén, F. y Sánchez-Jácome, M.R. (2013). An emendation of *Scleroderma*, new records and review of the known species in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 173–191.

Hernández- Navarro, E., Gutiérrez, A., Vargas, G. y Esqueda, M. (2017). New records of *Tulostoma* (Agaricales: Agaricaceae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 36–40.

Jaramillo, J., D.F. (2006). Repelencia al agua en suelos: una síntesis. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 30(115), 215–232.

Kirt, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. y Stalpers, J.A. (2011). *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. Wallingford: CAB International.

Lagán, A., Angiolini, C. Loppi, S. Salerni, E. Perini, C. Barluzzi, C. y De Dominicis, V. (2002). Periodicity, fluctuations and successions of macrofungi in fir forest (*Abies alba* Miller) in Tuscany, Italy. *Forest Ecology and Management*, 169, 187–202.

Lagán, A., Loppià, S. y De Dominicis, V. (1999). Relationship between environmental factors and the proportions of fungal trophic groups in forest ecosystems of the central Mediterranean area. *Forest Ecology and Management*, 124, 145–151.

Largent, D., Johnson, D., y Watling R. (1984). *How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features*. California. USA: Mad River Press, Eureka.

Lodge, D.J., Ammirati, J. y O'Dell, T.E. (2004). Collecting and describing macrofungi. En: Mueller, G.M., Bills, G.F. y Foster M.S. (Eds.). *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*. (pp. 128–158) Elsevier: Ltd.

Pegler, D.N., Laessle, T., Spooner, B.M. (1995). *British Puffballs, Earthstars and Stinkhorns; an Account of the British Gasteroid Fungi*. Kew: Royal Botanic Gardens.

Pérez-Silva, E., Herrera, T., Esqueda, M. 1999. Species of *Geastrum* (Basidiomycotina: Geastraceae) from Mexico. *Revista Mexicana de Micología*, 15, 89–104.

Piña-Páez, C., Esqueda, M., Gutiérrez, A., González-Ríos, H. (2013). Diversity of gasteroid fungi in the sierra the Mazatan, Sonora, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58(3), 351–356.

Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F: Editorial Limusa.

Richard, F., Moreau, P.A., Selosse, M.A., y Gardes, M. (2004). Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *Canadian Journal of Botany*, 82(12), 711–729.

Salerni, E., Lagana, A., Perini, C., Loppi, S., y De Dominicis, V. (2002). Effects of temperature and rainfall on fruiting of macrofungi in oak forests of the Mediterranean area. *Israel Journal of Plant Sciences*, 50(3), 189–198.

Salinas-Rodríguez, M., Esqueda, M., Gómez-Reyes, V.M., y Blanco-García, J. A. (2018). Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña, Estación Biológica Vasco de Quiroga, Michoacán, México. *Scientia Fungorum*, 48, 45–51.

Smith, T.M., y Smith, R.L. (2007). *Ecología*. Pearson Addison Wesley. S.A Madrid.

Straatsma, G., Ayer, F., y Egli, S. (2001). Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research*, 105(5), 515–523.

Sunhede, S. (1989). *Geastraceae (Basidiomycotina) Morphology, Ecology and Systematics with Special Emphasis on the North European Species*. Oslo: Gronlands, Grafiske A/S.

Thiers, B. (2018). Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.

<http://sweetgum.nybg.org/ih/>

Tofts, R.J. y Orton, P.D. (1998). The species accumulation curve for agarics and boleti from a Caledonian pinewood. *Mycologist*, 12(3), 98–102.

Tóth, B.B. y Feest, A. (2007). A simple method to assess macrofungal sporocarp biomass for investigating ecological change. *Canadian Journal of Botany*, 85(7), 652–65.

VI. CONCLUSIONES GENERALES

- De las 13 especies registradas durante los dos años de muestreo, *Bovista oblongispora* var. *oblongispora* y *Geastrum violaceum* destacan como nuevos registros para Michoacán y segundos registros para la micobiota de México
- El BMM presentó mayor riqueza, abundancia y biomasa de hongos gasteroides en comparación al BPE.
- El recambio de especies del BMM fue menor al BPE, ya que durante el segundo año solo se registró una nueva especie, sin embargo, la dominancia si mostró cambios de un año a otro.
- El BPE mostró mayor recambio de especies, el segundo año se registraron cuatro nuevas especies, mientras que la dominancia no varió entre años de muestreo.
- La riqueza de hongos gasteroides del BMM se correlacionó con la humedad edáfica, temperatura edáfica, pH en agua, nitrógeno mineral kg/ha y porcentaje de arena.
- En el BPE la poca abundancia de basidiomas de hongos gasteroides podría deberse a la hidrofobicidad del sitio.
- La comunidad de hongos gasteroides del BMM estuvo dominada por *Scleroderma verrucosum*, mientras que en el BPE la especie dominante fue *Scleroderma areolatum*.
- Los resultados sugieren que las condiciones edáficas y climáticas son importantes para la diversidad de los hongos gasteroides. Sin embargo, para poder determinar patrones que nos ayuden a explicar el comportamiento de la comunidad este grupo de hongos, es necesario el estudio de más de dos años de muestreo

VII. LITERATURA CITADA GENERAL

- Al-Fatimi, M., Wurster, M. Kreisel, H. y Lindequist, U. (2005). Antimicrobial, cytotoxic and antioxidant activity of selected basidiomycetes from Yemen. *Pharmazie*, 60, 776–780.
- Arnolds, E. (1991) Decline of ectomycorrhizal fungi in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 35, 209–244.
- Bates, S. T., Roberson, R. W. y Desjardin, D. E. (2009). Arizona gasteroid fungi I: Lycoperdaceae (Agaricales, Basidiomycota). *Fungal Diversity*, 37, 153–207.
- Bautista-Hernández, S., Aguirre-Acosta, E. Raymundo, T. Herrera, T. Cifuentes, J. Capello-García, S. y Valenzuela. R. (2015). *Geastrum violaceum*, registro nuevo para México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 569–572.
- Bautista-Hernández, S., Herrera, T., Aguirre-Acosta, E. y Esqueda, M. (2011). Contribution to the taxonomy of Bovista in Mexico. *Mycotaxon*, 118, 27–46.
- Bautista-Hernández, S., Raymundo, T., Aguirre-Acosta, E., Contreras-Pacheco, M., Romero-Bautista L. y Valenzuela, R. (2018). Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña de la Huasteca Alta Hidalguense, México. *Acta Botánica Mexicana*, 123, 21–36.
- Burk, W.R. (1983). Puffball usages among North American indians. *Journal of Ethnobiology*, 3, 55–62.
- Calderón-Villagómez, A. y Pérez-Silva E. (1989). Consideraciones taxonómicas y nuevos registros de algunas especies del género *Lycoperdon* (Gasteromycetes) en México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México Serie Botánica*, 59, 1–30.
- Campi, M., Madrignac, B. Flecha, A. Ortellado, A. Gullón, M.R. (2013). *Geastrum violaceum* Rick (Geastraceae, Basidiomycota), nuevo registro para Paraguay. *Reportes Científicos FACEN*, 4(2), 15–18.
- Chacón, S. y Medel, R. (1993). Los hongos (principalmente macromicetos) registrados en el bosque mesófilo de montaña de México. En: Marmolejo, J. y Garza-Ocañas, F (Eds). *Contribuciones micológicas en homenaje al Biólogo José Castillo Tovar, por su labor en pro de la micología mexicana. Número Especial 13.* (pp. 61-110). México: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.

- Colwell, R. K. (2013). Estimates: Statistical estimations of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Dios, M.M., Moreno, G., Zamora, J. C. y Altés, A. (2017). Algunos hongos gasteroides epigeos interesantes de Catamarca (Argentina). *Lilloa*, 54(2), 154-169.
- Doerr, S. H. y Thomas, A. D. (2000). The role of soil moisture in controlling water repellency: new evidence from forest soils in Portugal. *Journal of Hydrology*, 231–232, 134–147.
- Durall, D.M., Gamiet, S., Simard, S.W., Kudrna, L. y Sakakibara, S.M. (2006). Effects of clearcut logging and tree species composition on the diversity and community composition of epigeous fruit bodies formed by ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany*, 84, 966–980.
- Esqueda, M., Pérez-Silva, E., Herrera, T., Coronado-Andrade, M. y A. Estrada-Torres. (2000). Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora, México. *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica*, 71(2), 39-62.
- Esqueda, M., Sánchez, A., Coronado, M.L., Gutiérrez, A., Lizárraga M. y Valenzuela, R. (2011). Nuevos registros de hongos gasteroides en la Reserva de Biosfera Sierra de Álamos–Río Cuchujaqui. *Revista Mexicana de Micología*, 34, 43–51.
- Esqueda, M., Sánchez, A., Rivera, M., Coronado, M.L., Lizárraga, M. y Valenzuela, R. (2009). Primeros registros de hongos gasteroides en la Reserva Natural Forestal y Refugio de fauna silvestre Ajos-Bavispe, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología*, 30, 19–29.
- Esqueda, M., Herrera, T. Perez-Silva, E. y Sanchez, A. (2003). Distribution of *Geastrum* species from some priority regions for conservation of biodiversity of Sonora, Mexico. *Mycotaxon*, 87, 445–456.
- Fructis, M. I. y Valenzuela. R. (2009). Macromicetos. En: Ceballos, G., R. List, Garduño, G. López, R, C. Muñozcano, M. J. Collado, E. y San Roman, J. E. *La diversidad biológica del Estado de México Estudio de Estado*. (pp. 243-249) Estado de México: Programa editorial Compromiso.
- Fuentes-Chávez, R. I., y Reyes-Martínez, N. P. (2017). Bosque Mesofilo de la Estación Biológica Vasco de Quiroga. En: Gómez-Peralta, M y Gómez-Reyes, V. M (Eds). *Guía de*

Macromicetos y Liqueños. (pp. 25-32) Morelia, Michoacán: Coordinación de la investigación científica UMSNH.

Gabel, A.C. y Gabel, M.L. (2007). Comparison of diversity of macrofungi and vascular plants at seven sites in the Black Hills of South Dakota. *The American Midland Naturalist*, 157(2), 258–296.

Gómez, H. M. y Williams H. G. (2011). Diversity of macromycetes determined by tree species, vegetation structure, and microenvironment in tropical cloud forests in Veracruz Mexico. *Canadian Journal of Botany*, 89, 203–216.

Guzmán, G. (1998). Inventorying the fungi of México. *Biodiversity and Conservation*, 7, 369–384.

Gúzman, G., y Herrera, T. (1969). Macromicetos de las zonas áridas de México, II. Gasteromicetos. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica*, 40, 1–92.

Guzmán, G., Cortés-Pérez, A., Guzmán-Dávalos, L., Ramírez-Guillén, F. y Sánchez-Jácome, M.R. (2013). An emendation of *Scleroderma*, new records and review of the known species in Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 173–191.

Guzmán, G., Tapia, F. Navarro, P. Ramírez-Guillén, F. (1997). Sclerodermataceous fungi (Basidiomycota, Gasteromycetideae) from Mexico and new reports. *Documents Mycologiques*, 26, 53–58.

Hawksworth, D. y Lücking, R. (2017). Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. *Microbiol Spectrum*, 5(4), 1-17.

Hernández- Navarro, E., Gutiérrez, A., Vargas, G. y Esqueda, M. (2017). New records of *Tulostoma* (Agaricales: Agaricaceae) de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 36–40.

Herrera, T., Pérez-Silva, E. Esqueda, M. V. Valenzuela. R. 2005. Algunos gasteromicetos de Calakmul, Campeche, México. *Revista Mexicana de Micología* 2, 23–27.

Jaramillo, J., D.F. (2006). Repelencia al agua en suelos: una síntesis. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 30(115), 215–232.

Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. y Stalpers, J.A. (2011). *Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi*. Wallingford: CAB International.

- Lagàn, A., Angiolini, C. Loppi, S. Salerni, E. Perini, C. Barluzzi, C. y De Dominicis, V. (2002). Periodicity, fluctuations and successions of macrofungi in fir forest (*Abies alba* Miller) in Tuscany, Italy. *Forest Ecology and Management*, 169, 187–202.
- Lagàn, A., Loppià, S. y De Dominicis, V. (1999). Relationship between environmental factors and the proportions of fungal trophic groups in forest ecosystems of the central Mediterranean area. *Forest Ecology and Management*, 124, 145–151.
- Largent, D., Johnson, D., y Watling R. (1984). *How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features*. California. USA: Mad River Press, Eureka.
- Lodge, D.J., Ammirati, J. y O'Dell, T.E. (2004). Collecting and describing macrofungi. En: Mueller, G.M., Bills, G.F. y Foster M.S. (Eds.). *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods*. (pp. 128–158) Elsevier: Ltd.
- Makarevich, E.V., Ibragimova, Z.B. Kosogova, T.A. Kurskaya, O.G. Mazurkov, O. Ilyicheva, T.N. Teplyakova, T.V y Mazurkova, N.A. (2012). Immunogenic and protective properties of extracts from higher fungi from a group of orders Gasteromycete. *Microbiology*, 38, 68–72.
- Medel, R. (2007). Ascomycetes citados de México IV: 1996-2006. *Revista Mexicana de Micología*, 25, 69–76.
- Moreno, G., Lizárraga, M. Esqueda, M. y Coronado, M.L. (2010). Contribution to de study of gasteroid and secotoid fungi of Chihuahua, Mexico. *Mycotaxon* 112, 291–325.
- Pacioni, G. (1982). Guías de la Naturaleza “Hongos”. Barcelona: Grijalbo.
- Pegler, D.N., Laessoe, T., Spooner, B.M. (1995). *British Puffballs, Earthstars and Stinkhorns; an Account of the British Gasteroid Fungi*. Kew: Royal Botanic Gardens.
- Pérez-Silva, E., Herrera, T., Esqueda, M. 1999. Species of *Geastrum* (Basidiomycotina: Geastraceae) from Mexico. *Revista Mexicana de Micología*, 15, 89–104.
- Piña-Páez, C., Esqueda, M., Gutiérrez, A., González-Ríos, H. (2013). Diversity of gasteroid fungi in the sierra the Mazatan, Sonora, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 58(3), 351–356.
- Royal Botanic Garden Edinburgh (1969). *Flora of British Fungi: Color Identification Chart*. Edinburgh: Royal Botanic Garden.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F: Editorial Limusa.

Richard, F., Moreau, P.A., Selosse, M.A. y Gardes, M. (2004). Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *Canadian Journal of Botany*, 82, 1711-1729.

Salerni, E., Lagana, A., Perini, C., Loppi, S., y De Dominicis, V. (2002). Effects of temperature and rainfall on fruiting of macrofungi in oak forests of the Mediterranean area. *Israel Journal of Plant Sciences*, 50(3), 189–198.

Salinas-Rodríguez, M., Esqueda, M., Gómez-Reyes, V.M., y Blanco-García, J. A. (2018). Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña, Estación Biológica Vasco de Quiroga, Michoacán, México. *Scientia Fungorum*, 48, 45–51.

Salinas-Rodríguez, M. y Gómez-Reyes, V.M. (2015). Gasteromicetos del Estribo Grande y Estribo Chico del Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. *Biológicas*, 17(2), 10–14.

Sharma, V.P., Singh, M. Kumar, S. Kamal, S. Singh, R. (2015). Phylogene and physiology of *Phellorinia* spp.: a delicacy of Indian desert. *International Research Journal of Natural and Applied Sciences*, 2(4), 1–17.

Smith, T.M., y Smith, R.L. (2007). *Ecología*. Pearson Addison Wesley. S.A Madrid.

Straatsma, G., Ayer, F., y Egli, S. (2001). Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research*, 105(5), 515–523.

Sunhende, S. (1989). *Geastraceae (Basidiomycotina) Morphology, Ecology and Systematics with Special Emphasis on the North European Species*. Oslo: Gronlands, Grafiske A/S.

Thiers, B. (2018). Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium.

<http://sweetgum.nybg.org/ih/>

Tofts, R.J. y Orton, P.D. (1998). The species accumulation curve for agarics and boleti from a Caledonian pinewood. *Mycologist*, 12(3), 98–102.

Tóth, B.B. y Feest, A. (2007). A simple method to assess macrofungal sporocarp biomass for investigating ecological change. *Canadian Journal of Botany*, 85(7), 652–658.

Varela, L. y Cifuentes, J. (1979). Distribución de algunos macromicetos en el norte del estado de Hidalgo. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*, 13, 75–88.