



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.240>

Artículo

Diversidad de macromicetos en bosques de pino en el municipio Madera, Chihuahua

Diversity of macromycetes in pine forests at the municipality of *Madera, Chihuahua*

Elena Flores Cavada¹, Artemio Carrillo Parra¹, Christian A. Wehenkel¹, Fortunato Garza Ocañas^{2*} y José Ciro Hernández Díaz¹

Abstract:

The *Madera* municipality has a great diversity of ecosystems that harbor a high richness of fungal species of which there is little knowledge due to insufficient research on that area. The objective of the present study was to determine and compare the diversity, habits, and edibility of macromycetes. The sampling was carried out in 100 m × 100 m seven plots, in six *ejidos* of the *Madera* municipality, *Chihuahua*, during the months of July and August, 2016. Effective number of species, abundance of sporocarps, and alpha diversity were determined using the Shannon (H) and Margalef (D_{MG}) indices. The results obtained showed a total of 69 species of macromycetes belonging to 27 families and 46 genera. According to their growth habit, 53.62 % of the species are saprobic, 43.50 % are mycorrhizal, and 2.90 % are pathogenic. As for their edibility, 28.98 % have nutritional potential. The greatest diversity was presented in *Socorro Rivera ejido* ($H' = 2.44$ and $D_{MG} = 3.58$). The species with greatest distribution in the study localities belong to the genus *Amanita*; the highest percentage of similarity of species was found in *Nicolás Bravo* (*El Pedregoso* site) and *Madera ejidos*, with 18 %. The registered fungal species have been added to those previously reported, increasing the knowledge for the state of *Chihuahua*.

Keywords: Edibility, fungal, habit, nutritional potential, forest resource, saprobes.

Resumen:

El municipio Madera cuenta con una gran diversidad de ecosistemas que albergan una alta riqueza de especies fúngicas, de las cuales se tiene poco conocimiento debido a la falta de investigación para esa zona. El objetivo del presente estudio fue determinar y comparar la diversidad, hábitos y comestibilidad de los macromicetos. El muestreo se realizó en siete parcelas de 100 m × 100 m, en seis ejidos del municipio Madera, Chihuahua, durante los meses de julio y agosto del año 2016; se determinó número efectivo de especies, abundancia de frutos y diversidad alfa, mediante los índices de *Shannon* (H') y *Margalef* (D_{MG}). Los resultados mostraron un total de 69 taxa de macromicetos, pertenecientes a 27 familias y 46 géneros; de acuerdo al hábito de desarrollo, 53.62 % son saprobias, 43.50 % micorrízicas y 2.90 % patógenas. En cuanto a la comestibilidad, 28.98 % tienen potencial alimenticio. La mayor diversidad se presentó en el ejido Socorro Rivera ($H'=2.44$ y $D_{MG}=3.58$). Las especies con mayor distribución en las localidades de estudio pertenecen a *Amanita*; el porcentaje más alto de similitud de especies se registró en los ejidos Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) y Madera, con 18 %. Los taxones fúngicos registrados se suman a los citados previamente; con ello, aumenta el conocimiento para el estado de Chihuahua.

Palabras clave: Comestibilidad, fúngicas, hábito, potencial alimenticio, recurso forestal, saprobios.

Fecha de recepción/Reception date: 15 de marzo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 24 de octubre de 2018

¹Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

²Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo-e: fortunatogo@gmail.com

Introducción

Chihuahua es la entidad de mayor extensión en México, con una superficie de 247 460 km² que corresponde a 12.6 % del territorio nacional. Cuenta con diversos ecosistemas que se distribuyen a lo largo de la Sierra Madre Occidental; y este complejo montañoso tiene gran importancia ecológica, ya que contribuye en la captación de agua para los mantos friáticos, además de ser una fuente importante de abastecimiento en la parte noroeste de México (González-Elizondo *et al.*, 2012).

En la Sierra Madre Occidental existe una gran diversidad vegetal, por lo que actúa como corredor biológico para las diferentes especies de árboles boreales y tropicales (Rzedowski, 2006). Los numerosos microclimas existentes propician una cobertura vegetal variada, como los bosques templados formados por especies de pino y pino-encino en la parte de las montañas, los bosques de encino y de pino-encino-táscate, arbustos y otro tipo de vegetación en las partes más bajas (Conabio, 2017).

Los bosques son una fuente importante para la obtención de los recursos económicos en el estado de Chihuahua y contribuyen en el desarrollo industrial, al ocupar el segundo lugar nacional en producción maderable (Quiñonez y Garza, 2003). Su industria forestal se concentra en los municipios: Madera, Parral, Bocoyna y Chihuahua. El primero forma parte de la cuenca de abastecimiento forestal norte-occidente, subcuenca El Largo-Madera; ocupa 3.5 % de la superficie del estado (INEGI, 2010) y es el de mayor producción forestal.

Los macromicetos son un recurso forestal no maderable poco aprovechado, juegan roles de gran importancia en los ecosistemas (Heredia y Arias, 2014; Thirkell *et al.*, 2017); son degradadores de materia orgánica y contribuyen en el ciclo de nutrientes, algunas especies son formadoras de asociaciones mutualistas como las micorrizas, que contribuyen en la absorción y asimilación de nitrógeno y fósforo, esto favorece a que su asimilación por las plantas sea más eficiente (Weile *et al.*, 2016; Mariotte *et al.*, 2017).

Los hongos representan una alternativa sustentable en la producción de alimentos, lo que podrá contribuir en la seguridad alimentaria de la población (Vries *et al.*, 2017).

Quiñonez y Garza, (2003) realizaron un estudio sobre la diversidad de macromicetos en el Bosque Modelo en Chihuahua, registraron 102 taxa conformados por 89 especies y 13 géneros, incluidos en 29 familias; para el año 2004 ya se habían documentado alrededor de 450 especies de hongos (Moreno *et al.*, 2004); sin embargo, los valores son conservadores, ya que la entidad cuenta con una gran diversidad ecológica. Díaz-Moreno *et al.* (2009) en una investigación sobre hongos degradadores de la madera, consignó 83 especies de las cuales 37 fueron el primer registro para Chihuahua.

A nivel regional, destaca el estudio de diversidad de hongos micorrícicos en el municipio Bocoyna (Quiñones *et al.*, 2008), en el que citan 15 géneros y 39 especies; los géneros *Amanita*, *Astraeus*, *Boletus*, *Inocybe*, *Laccaria*, *Lactarius* y *Russula* fueron los más abundantes y con riqueza más alta. Al estudiar Gasteroides y Secotioides en varios municipios de Chihuahua se identificaron las especies *Geastrum saccatum* Fr., *Pisolithus arhizus* (Scop.) Rauschert y *Tulostoma melanocyclum* Bres, como las mejor representadas (Moreno *et al.*, 2010).

Respecto a las especies de macromicetos comestibles, en los municipios Bocoyna y Urique se han citado 50 especies; de ellas solo: *Amanita cochiseana* Tulloss (Sánchez-Ramírez *et al.*, 2015), *A. rubescens* Pers., *Hypomyces lactiflorum* (Schwein) Tul. & C. Tul., *Russula brevipes* Peck. y *Agaricus campestris* L. se señalan para consumo en la población (Quiñonez *et al.*, 2010).

Estudios para conocer y determinar el uso de especies de hongos comestibles por los habitantes de la Sierra Tarahumara, en Chihuahua indican la preferencia por *A. rubescens*, *A. campestris*, *Ustilago maydis* (DC) Corda, *Hypomyces lactiflorum* y *Amanita cochiseana*. Los mestizos en Bocoyna consumen especies como *Boletus edulis* Bull. y *B. pinophilus* Pilát & Dermek (Quiñónez-Martínez *et al.*, 2014).

La presente investigación tiene como objetivo establecer la diversidad, hábitos de vida, especies comestibles y tóxicas de macromicetos en el municipio Madera, Chihuahua.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Siete sitios distribuidos en seis ejidos del municipio Madera, Chihuahua, que corresponde a la zona 12 del estado (Cuadro 1; Figura 1). La estructura de las comunidades vegetales está conformada por *Pinus* spp. en 88 % (Rzendowski, 2006), ubicadas en diferentes altitudes de la Sierra Madre Occidental en la porción que corresponde al municipio; la precipitación media anual es de 400 a 1 200 mm, con temperatura de 8 a 22 °C (Inegi, 2017).

Cuadro 1. Sitios de muestreo de hongos en el municipio Madera, Chihuahua.

Sitio	Ejido	Paraje	Coordenadas UTM		Altitud (m)
			X	Y	
1	Cebadilla de Dolores	Las Cascabeles	759474	3213114	2 443
2	Madera	Mesa de Parras	773750	3233918	2 481
3	Socorro Rivera	Mesa de Cebadilla	777955	3244455	2 212
4	Nicolás Bravo	El Pedregoso	787872	3244140	2 497
5	Nicolás Bravo	Mesa del Venado	772148	3258885	2 579
6	El Oso, La Avena y anexos	El Serrucho	756268	3278305	2 207
7	La Norteña	Mesa de los Tascates	750256	3282986	2 180

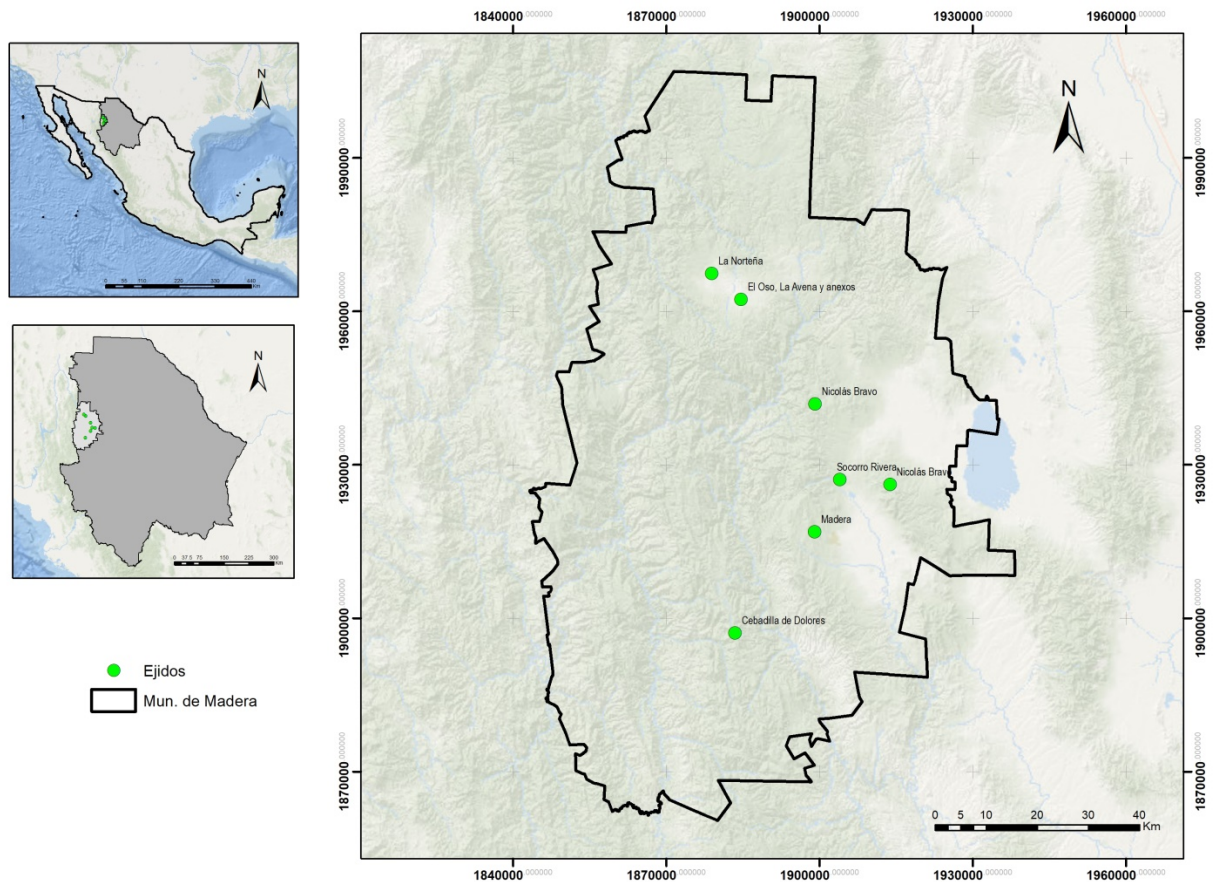


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Método de recolección y clasificación taxonómica

La recolección de los datos se realizó durante los meses julio y agosto de 2016, se siguieron los procedimientos de Lodge *et al.* (2004); se estableció una parcela de 100 m × 100 m por sitio de muestreo, la cual fue georreferenciada con ayuda de un navegador satelital *Garmim*[®] modelo *etrex 10*; además se dividió en cuatro cuadrantes de 50 m × 50 m, el punto central de cada uno se marcó para establecer un cuadro de 20 m × 20 m que se dividió en cuadros de 2 m × 2 m, se realizó el conteo de especies fúngicas y se registró, por espécimen, el número de cuadro y el número de esporomas. Adicionalmente se registraron las características macroscópicas en fresco como forma, color, textura, tamaño, diámetro, hábito de vida y se hizo el registro fotográfico de las especies con una cámara marca *Samsung*[®] modelo ST88.

Para la determinación taxonómica se consideraron las características macroscópicas y microscópicas, y se llevó a cabo la consulta de diversas obras especializadas (Largent *et al.*, 1977; Gilbertson y Ryvardeen, 1986; Singer, 1986; Phillips, 1991). Para la corroboración de los nombres científicos se consultó el Index Fungorum (2018), además de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010) para confirmar si algunas de las especies registradas están en alguna categoría de riesgo.

Parámetros ecológicos

Se determinó la riqueza total de especies por sitio de muestreo y la abundancia de esporomas. La diversidad alfa se calculó mediante la aplicación del índice de *Margalef* (D_{MG}) y el índice de *Shannon* (H') con la abundancia por taxón. La intensidad de muestreo se evaluó, con el estimador de diversidad Chao 1, a partir del número de taxa. El índice de similitud de *Jaccard* se utilizó para evaluar la composición de especies por sitio. Los datos se analizaron mediante el *software* estadístico *Past 3* ver. 1.0 (Hammer, *et al.*, 2001).

El índice de diversidad de *Margalef* se determinó con el uso de la siguiente ecuación:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N^{\circ}}$$

Donde:

D_{Mg} = Índice de diversidad de *Margalef*

S = Número de especies presentes

N = Número total de esporomas

El índice de diversidad de *Shannon-Wiener* se determinó con la siguiente ecuación:

$$H' = \sum_{i=1}^s P_i \ln(P_i)$$

Donde:

H' = Índice de diversidad de *Shannon-Wiener*

S = Número de especies.

P_i = Proporción de esporomas de la especie i

Se considera que a mayor valor de H' , existe más diversidad de especies.

Resultados y Discusiones

Descripción taxonómica y hábitos

Se registró una riqueza de 69 especies de macromicetos, los Basidiomycetes quedaron representados por 68 y los Ascomycetes por una; pertenecientes a 27 familias y 46 géneros. El hábito de vida saprobio fue el mejor representado con 37 taxa (53.62 %), principalmente de las familias Agaricaceae, Mycenaceae, Omphalotaceae y Polyporaceae. Los ejidos con mayor riqueza de especies saprobias fueron Socorro Rivera (14), seguida de Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) (10), La Norteña (8) y Madera con seis; cuya presencia indica que la zona cuenta con altas cantidades de materia orgánica, en la que los hongos intervienen para llevar a cabo el reciclaje de la misma. Cebadillas de Dolores y El Oso, La Avena y Anexos presentaron la riqueza más baja, con una por ejido.

Los géneros mejor representados fueron *Gymnopus* y *Lycoperdon* con cuatro taxones (Cuadro 2); entre los que destacan *L. perlatum* Pers., *L. echinatum* Pers. y *L. curtisii* Pers., considerados comestibles. En la investigación de Díaz-Moreno *et al.* (2009), se registran 83 especies del grupo de los saprobios, se coincidió en la familia Polyporaceae como la de riqueza más alta. El registro de 37 especies para el municipio Madera es significativo, debido a que es una cifra

grande comparada con lo citado por los anteriores autores, cuyo valor corresponde a más de un municipio de Chihuahua.

Cuadro 2. Lista de especies de hongos registradas en los ejidos del municipio Madera.

Familia	Género	Especie	Autores	Hábito	Comestibilidad	Sitio
Agaricaceae	<i>Coprinus</i>	<i>micaceus</i>	(Bull.) Vilgalys, Hopple y Jacq. Johnson	Saprobio	Comestible	4
Agaricaceae	<i>Cyathus</i>	<i>striatus</i>	(Huds) Wild.	Saprobio	No Comestible	2
Agaricaceae	<i>Cystoderrella</i>	<i>granulosa</i>	(Batsch) Harmaja	Saprobio	Tóxico	4
Agaricaceae	<i>Leucocoprinus</i>	<i>fragilissimus</i>	(Ravenek ex Berk., Curtis) Pat.	Saprobio	Tóxico	3
Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i>	<i>perlatum</i>	Pers.	Saprobio	Comestible	1,7
Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i>	<i>echinatum</i>	Pers.	Saprobio	Comestible	4
Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i>	<i>curtisii</i>	Berk.	Saprobio	Comestible	7
Agaricaceae	<i>Lycoperdon</i>	<i>umbrinum</i>	Pers.	Saprobio	Tóxico	2
Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>cochiseana</i>	Tulloss	Micorrícico	Comestible	6
Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>citrina</i>	Pers.	Micorrícico	Tóxico	3
Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>muscaria</i> var. <i>flavivolvata</i>	(Cantante) DT Jenkins	Micorrícico	Tóxico	2,6
Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>novinupta</i>	Tulloss & J. Lindgr.	Micorrícico	Tóxico	2,4,5,6
Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>phalloides</i>	(Vaill. Ex Fr.) Link	Micorrícico	Tóxico Mortal	5,6
Amanitaceae	<i>Amanita</i>	<i>rubescens</i>	Pers.	Micorrícico	Comestible*	3
Auriculariaceae	<i>Auricularia</i>	<i>mesenterica</i>	(Sw.) Birkebak, (Dicks) Pers.	Saprobio	Comestible	2,4
Auriscalpiaceae	<i>Artomyces</i>	<i>pyxidatus</i>	(Pers.) Jülich	Saprobio	No Comestible	7
Bankeraceae	<i>Phellodon</i>	<i>melaleucus</i>	(Sw. ex Fr.) P. Karst.	Saprobio	Tóxico	7
Bankeraceae	<i>Sarcodon</i>	<i>squamosus</i>	(Schaeff.) Quél.	Saprobio	Tóxico	5
Boletaceae	<i>Boletus</i>	<i>aff. edulis</i>	Bull.	Micorrícico	Comestible	2
Boletaceae	<i>Boletus</i>	<i>barrowsi</i>	Thiers & AH Sm.	Micorrícico	Comestible	2
Boletaceae	<i>Boletus</i>	<i>rubriceps</i>	D. Arora & J.L. Frank	Micorrícico	Tóxico	5
Boletaceae	<i>Butyriboletus</i>	<i>regius</i>	(Krombh.) D. Arora & J.L. Frank	Micorrícico	Tóxico	5

Boletaceae	<i>Chroogomphus</i>	<i>vinicolor</i>	(Cantante) O.K. Miller	Micorrícico	No Comestible	7
Cantharellaceae	<i>Cantharellus</i>	<i>cibarius</i>	Fr.	Micorrícico	Comestible	6
Cortinariaceae	<i>Cortinarius</i>	<i>violaceus</i>	(L.) Gray	Micorrícico	Tóxico	2,4
Dacrymycetaceae	<i>Dacrymyces</i>	<i>chrysospermus</i>	Berk. & MA Curtis	Saprobio	No Comestible	5
Dacrymycetaceae	<i>Dacryopinax</i>	<i>spathularia</i>	(Schwein.) GW Martin	Saprobio	No Comestible	4
Diplocystidiaceae	<i>Astraeus</i>	<i>hygrometricus</i>	(Pers.) Morgan	Micorrícico	No Comestible	2,3,6
Entolomataceae	<i>Entocybe</i>	<i>nitida</i>	(Qué.) TJ Baroni, Largent & V. Hofst.	Saprobio	Tóxico	7
Gomphaceae	<i>Ramaria</i>	<i>stricta</i>	(Pers.) Qué.	Micorrícico	Tóxico	2
Hydnangiaceae	<i>Laccaria</i>	<i>laccata</i>	(Scop.) Cooke	Micorrícico	Comestible	3
Hygrophoraceae	<i>Hygrocybe</i>	<i>conica</i>	(Schaeff.) P. Kumm.	Saprobio	Tóxico	3,7
Hygrophoraceae	<i>Hygrophorus</i>	<i>russula</i>	(Schaeff. Ex Fr.) Kauffman	Saprobio	Comestible	2
Hymenochaetaceae	<i>Coltricia</i>	<i>cinnamomea</i>	(Jacq.) Murrill	Micorrícico	No Comestible	7
Hymenogastraceae	<i>Deconica</i>	<i>coprophila</i>	(Bull.) P. Kumm.	Saprobio	Tóxico	3
Hymenochaetaceae	<i>Onnia</i>	<i>circinata</i>	(P.) P. Karst.	Saprobio	Patógeno forestal	3
Hypocreaceae	<i>Hypomyces</i>	<i>lactifluorum</i>	(Schwein.) Tul. Y C. Tul.	Patógeno	Comestible	2,4
Inocybaceae	<i>Crepidotus</i>	<i>mollis</i>	(Schaeff.) Staude	Saprobio	Tóxico	3
Inocybaceae	<i>Inocybe</i>	<i>calamistrata</i>	(Fr.) Gillet	Micorrícico	Tóxico	3
Inocybaceae	<i>Inocybe</i>	<i>geophylla</i>	(Bull.) P. Kumm.	Micorrícico	Tóxico	3
Inocybaceae	<i>Inocybe</i>	<i>lacera</i>	(Fr.) Kumm.	Micorrícico	Tóxico	3
Inocybaceae	<i>Inocybe</i>	<i>rimosa</i>	(Bull.) P.Kumm.	Micorrícico	Tóxico	3
Mycenaceae	<i>Mycena</i>	<i>epipterygia</i>	(Scop.) Gray	Saprobio	Tóxico	4
Mycenaceae	<i>Mycena</i>	<i>galopus</i>	(Pers.) P. Kumm.	Saprobio	Tóxico	3
Mycenaceae	<i>Mycena</i>	<i>pura</i>	(Pers.) P. Kumm	Saprobio	Tóxico	3
Mycenaceae	<i>Phyllotopsis</i>	<i>nidulans</i>	(Pers.) Singer	Saprobio	Tóxico	2
Mycenaceae	<i>Panellus</i>	<i>stipticus</i>	(Bull.) P. Karst.	Saprobio	No Comestible	6
Omphalotaceae	<i>Gymnopus</i>	<i>androsaceus</i>	(L.) Della Magg. Y Trassin.	Saprobio	No Comestible	3
Omphalotaceae	<i>Gymnopus</i>	<i>butyraceus- trichopus</i>	Murrill	Saprobio	Tóxico	3,4,5,7
Omphalotaceae	<i>Gymnopus</i>	<i>dryophilus</i>	(Bull.) Murr.	Saprobio	Comestible	7

Omphalotaceae	<i>Gymnopus</i>	<i>erythropus</i>	(Pers.) Antonin, Halling & Noordel	Saprobio	Tóxico	5
Phanerochaetaceae	<i>Byssomerulius</i>	<i>incarnatus</i>	(Schwein.) Gilb.	Saprobio	Medicinal	4
Physalacriaceae	<i>Armillaria</i>	<i>mellea</i>	(Vahl) P. Kumm.	Patógeno forestal	Comestible	2
Physalacriaceae	<i>Hohenbuehelia</i>	<i>petaloides</i>	(Bull.) Schulzer	Saprobio	Tóxico	3
Polyporaceae	<i>Heliocybe</i>	<i>sulcata</i>	(Berk.) Redhead & Ginns	Saprobio	No Comestible	4
Polyporaceae	<i>Lentinus</i>	<i>arcularius</i>	(Batsch) Zmitr.	Saprobio	No Comestible	3
Polyporaceae	<i>Neofavolus</i>	<i>alveolaris</i>	DC.) Sotome y T. Hatt.	Saprobio	Comestible	3
Psathyrellaceae	<i>Psathyrella</i>	<i>candolleana</i>	(Fr.) Maire.	Saprobio	Tóxico	2
Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>indigo</i>	(Schwein.) P.	Micorrícico	Comestible	7
Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>piperatus</i>	(L.) Pers.	Micorrícico	Tóxico	2,4
Russulaceae	<i>Lactarius</i>	<i>volemus</i>	(Fr.) Fr.	Micorrícico	Comestible	3
Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>emetica</i>	(Schaeff.) Pers.	Micorrícico	Tóxico	1,2
Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>nigricans</i>	Pers.	Micorrícico	Tóxico	1,5,6,7
Russulaceae	<i>Russula</i>	<i>rosea</i>	Pers.	Micorrícico	Tóxico	5
Stereaceae	<i>Stereum</i>	<i>gausapatum</i>	(Fr.) P.	Saprobio	No Comestible	4
Stereaceae	<i>Stereum</i>	<i>ostrea</i>	(Blume y T. Nees)	Saprobio	No Comestible	3,4
Suillaceae	<i>Suillus</i>	<i>tomentosus</i>	Singer	Micorrícico	Comestible	5
Tricholomataceae	<i>Leucopaxillus</i>	<i>gentianeus</i>	(Qué.) Kotl.	Micorrícico	Tóxico	7
Tricholomataceae	<i>Clitocybe</i>	<i>gibba</i>	(Pers.) P. Kumm.	Micorrícico	Comestible	2,3

*Comestible con precauciones (solo después de cocida); Arreglo taxonómico jerárquico basado en Kirk *et al.*, (2008).

El estado tiene amplias extensiones de bosques, los cuales se mantienen en equilibrio gracias a diversas interacciones, entre ellas las asociaciones micorrícicas que participan en la conservación de los ecosistemas forestales. Se identificaron 30 taxa de hongos micorrícicos; los ejidos con mayor riqueza de especies fueron Madera (10) y Socorro Rivera (10), seguidas de Nicolás Bravo (paraje Mesa del Venado) (7) y El Oso, La Avena y Anexos (7) y La Norteña (5); los valores más bajos correspondieron a Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) (3) y Cebadilla de Dolores (2). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Amanita* (6): *A.*

cochiseana, *A. citrina* Pers., *A. muscaria* var. *flavivolvata* (Cantante) DT, *A. novinupta* Tulloss & J. Lindgr., *A. phalloides* (Vaill. Ex Fr.) Link y *A. rubescens*; de las cuales *A. cochiseana* y *A. rubescens* son comestibles; *A. novinupta* se recolectó en cuatro de los sitios de estudio.

Boletus (4), con *Boletus* aff. *edulis*, *B. barrowsi* Thiers & AH Sm., *B. rubriceps* D. Arora & J.L. Frank y *B. regius* (Krombh.) D. Arora & J.L. Frank; las dos primeras especies se consideran comestibles. *B. aff. edulis* al igual que *Amanita muscaria* e *Hygrophorus russula* (Schaeff. ex Fr.) Kauffman están citados en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en categoría de riesgo, bajo estatus de amenazadas (A) (Semarnat, 2010).

Inocybe (4) con *I. calamistrata* (Fr.) Gillet, *I. geophylla* (Bull.) P. Kumm., *I. lacera* (Fr.) Kumm. e *I. rimosa* (Bull.) P. Kumm., son tóxicas. *Lactarius* (3): *L. indigo* (Schwein.) P., *L. piperatus* (L.) Pers. y *L. volemus* (Fr.) Fr., de las cuales la primera y la última son comestibles; de *Russula* se registraron: *R. emetica* (Schaeff.) Pers, *R. nigricans* Pers. y *R. rosea*. Pers., que coinciden con Quiñonez *et al.* (2009), quienes señalan los mismos géneros como los de mayor riqueza, excepto *Inocybe*, en cuatro ejidos del municipio Urique de la Sierra Tarahumara; además de, citar a la mayoría de las especies pertenecientes al género *Amanita*.

La riqueza de especies micorrícicas para el municipio Madera se considera alta, respecto a otros municipios, como Bocoyna donde Quiñonez *et al.* (2008) documentan 39 especies; de ellas *A. muscaria* var. *flavivolvata*, *R. emetica* fueron de las más representativas. Otras, como *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morgan la registran en la mayoría de sus sitios de muestreo; similar a lo que ocurre en el municipio Madera, en el se registró en cuatro ejidos (Cuadro 2).

Un importante grupo de macromicetos poco estudiado al norte del país y con gran importancia etnomicológica son los comestibles, de ellos se identificaron 20 (28.98 %); los ejidos que presentaron mayor número de especies fueron Madera (8) y Socorro Rivera, Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) y La Norteña con cuatro cada uno. Sobresale la familia Agaricaceae, y el género *Lycoperdon* con más especies comestibles, otras identificadas fueron *A. cochiseana*, *A. rubescens*, *H. russula*, *H.*

lactiflorum, *L. indigo*, *Laccaria laccata* (Scop.) Cooke; también citados por Quiñonez *et al.*, (2010) en los bosques de Bocoyna y Urique, Chihuahua. Quiñónez-Martínez *et al.* (2014) señalan que los taxa de mayor consumo por habitantes de la Sierra Tarahumara son *A. rubescens*, *Agaricus campestris* L., *Ustilago maydis* (DC) Corda, *H. lactiflorum* y *A. cochiseana*, *Boletus edulis* y *B. pinophilus*; *H. lactiflorum* es la única del grupo de los Ascomycetes registrada en esta investigación y considerada de alto valor comestible para los pobladores de la zona (Cuadro 2).

Parámetros ecológicos

Diversidad alfa

El ejido Socorro Rivera presentó la más alta riqueza de especies con 21 taxa, seguida de los ejidos Madera, Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) y La Norteña, con 17, 16 y 13 taxa, respectivamente, los ejidos con los menores valores fueron Nicolás Bravo (paraje Mesa del venado) y El Oso, La Avena y Anexos, ambos con ocho. Socorro Rivera fue el que tuvo la diversidad más alta ($H' = 2.44$ y $D_{MG} = 3.58$) y el de menor, Cebadilla de Dolores ($H' = 1.15$ y $D_{MG} = 0.75$) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índices de diversidad de macromicetos del municipio Madera.

Índice	Sitio						
	Cebadilla de Dolores	Madera	Socorro Rivera	Nicolás Bravo	Nicolás Bravo	El Oso, La Avena y Anexos	La Norteña
Taxa	4	17	21	16	8	8	13
Esporomas	53	339	267	625	128	31	163
Shannon_H	1.15	1.66	2.44	1.89	1.73	1.78	2.22
Margalef	0.76	2.75	3.58	2.33	1.44	2.04	2.36
Chao-1	4	17	21	19	8	8	16

Se registró un total de 1 606 esporomas; el ejido Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) fue el que presentó la mayor abundancia 38.91 % y El Oso, La Avena y Anexos con 1.93 % les correspondió la más baja.

Las especies más abundantes, con más de 100 esporomas, fueron *Astraeus hygrometricus* presente en los ejidos Madera, Socorro Rivera y El Oso; La Avena y Anexos representaron 14.82 % del total de los esporomas; *Stereum gausapatum* (Fr.) P. con 12.20 %, *Auricularia mesenterica* (Sw.) Birkebak, (Dicks) Pers., 8.96 %, la cual se recolectó en Nicolás Bravo (paraje el Pedregozo) y Socorro Rivera, *Stereum ostrea* (Blume y T. Nees) 8.34 % e *H. lactifluorum* 7.34 %, esta última fue registrada para Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) y Madera; el resto de las especies tuvieron abundancias de 1 a 69 esporomas, distribuidos en los diferentes sitios de estudio.

Los resultados de Chao 1 para Cebadilla de Dolores, Madera, Socorro Rivera, Nicolás Bravo (paraje Mesa del Venado) y El Oso, La Avena y Anexos, indican que el registro de especies cumplió con los taxa esperados; en las localidades Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso) y La Norteña se estima una diversidad de especies de 19 y 16 (Cuadro 3); hacen falta más estudios de diversidad y a largo plazo sobre este grupo, los cuales aportaran mayor conocimiento de las especies que se distribuyen en la zona y a nivel nacional (Aguirre-Acosta *et al.*, 2014).

Similitud de Jaccard

El mayor porcentaje de similitud se presentó en los ejidos Madera y Nicolás Bravo (paraje El Pedregoso), con 18 %; las especies que se identificaron en los dos sitios fueron *A. novinupta*, *Auricularia mesenterica*, *Coritnarius violaceus* (L.) Gray, *H. lactifluorum* y *L. piperatus*. El Oso, La Avena y Anexos registraron un valor de 14 %, al igual que Madera y Nicolás Bravo (paraje Mesa del Venado), los taxones comunes fueron *A. novinupta*, *A. hygrometricus* y *R. nigricans* (cuadros 2 y 4).

Cuadro 4. Valores del índice de similitud de *Jaccard* entre especies por sitio.

	Cebadilla de Dolores	Madera	Socorro Riera	Nicolás Bravo	Nicolás Bravo	El Oso, La Avena y Anexos	La Norteña
Cebadilla de Dolores	1.00						
Madera	0.05	1.00					
Socorro Riera	0.00	0.06	1.00				
Nicolás Bravo	0.00	0.18	0.03	1.00			
Nicolás Bravo	0.00	0.04	0.00	0.04	1.00		
El Oso, La Avena y Anexos	0.09	0.14	0.04	0.04	0.14	1.00	
La Norteña	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	1.00

Conclusiones

El municipio Madera tiene una gran riqueza de especies, las 69 registradas en esta investigación son un aporte significativo al conocimiento de los macromicetos del norte de México. El recurso fúngico está disponible y puede aprovecharse de manera sostenible y estratégica, de acuerdo a la función que realizan en el ecosistema. Se muestra una composición de especies diferente para cada sitio y la abundancia de los esporomas varía de forma contrastante. El género *Amanita* es el mejor representado, con especies presentes en la mayoría de los sitios, y con un intervalo mayor de distribución en Chihuahua.

Sin embargo, hace falta realizar más estudios para determinar la diversidad de especies fúngicas en el estado y norte del país, que incluyan diferentes ecosistemas.

Agradecimientos

La presente investigación se realizó por medio de proyectos financiados por Profos-Conafor; el primer autor agradece a Conacyt por la beca otorgada para financiar sus estudios de posgrado en la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Forestales (MICAF), de la Universidad Juárez del Estado de Durango y a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León por el apoyo a través de su personal de investigación micológica.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Elena Flores Cavada: desarrollo de la investigación, captura y análisis de la información, redacción y estructura del escrito; Artemio Carrillo Parra: redacción y revisión general del escrito; Christian A. Wehenkel: apoyo con el recurso económico, dando apertura en la inclusión de uno de sus proyectos; Fortunato Garza Ocañas: identificación de las especies fúngicas registradas en los sitios de muestreo, apoyo en la estructura del escrito, elección de variables, redacción y revisión del escrito; José Ciro Hernández Díaz: revisión general del escrito.

Referencias

Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa, S. Aguilar, J. Cifuentes y R. Valenzuela. 2014. Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.* 85:S76-S81. DOI: 10.7550/rmb.33649.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). 2017. Principales tipos de vegetación. <https://www.gob.mx/conabio> (28 de abril de 2017).

Díaz-Moreno, R., R. Valenzuela, J. G. Marmolejo y E. Aguirre-Acosta. 2009. Hongos degradadores de la madera en el estado de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(1): 13-22.

Gilberson, R. L. and L. Ryvarden. 1986. *North American Polypores*. Vol. 1. *Abortiporus-Lindtneria*. Fungiflora A/S. Oslo, Norway. 433 p.

González-Elizondo, M. S., M. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, L. Ruacho-González e I. L. López-Enríquez. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100:351-403.

Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. PAST: Palentological Statistic Software Package for Education and Data Analysis. *Palaentologia Electronica* 4(1): 1-9.

Heredia A. G. y M. Arias M. R. (2014). Hongos saprobios y endomicorizógenos en suelos. https://www.researchgate.net/publication/242718990_Hongos_saprobios_y_endomicorizogenos_en_suelos?enrichId=rgreq-44e7e98b19fd7692cf50c68142eac414-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI0MjcxODk5MDtBUzoxMDg2NjAyOTg2MjA5MzBAMTQwMjkxODA0MjcyMQ%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf (4 de enero de 2017).

Index Fungorum. 2018. Search Index Fungorum. <http://www.indexfungorum.org/>. (10 de enero de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2010. Compendio de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos Madera, Chihuahua.

http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/08/08040.pdf (2 de julio de 2018).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Compendios de información geográfica municipal.

<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx> (15 de enero de 2017).

- Kirk, P. M., P. F. Cannon, D. W. Minter and J. C. Stalpers (eds.). 2008. Dictionary of the Fungi 10th ed. CABI. Wallingford, UK. 784p.
- Largent, D. L., D. Johnson and R. Watling. 1977. How to identify mushrooms to genus III: Microscopic features. Mad Rivers Press Inc. Eureka. California, CA, USA. 86 p.
- Lodge, D. J., J. F. Ammirati, T. E. O'Dell and G. Muller. 2004. Collecting and describing macrofungi. *In*: Muller, G., G. Bills and M. Foster (eds.). Biodiversity of fungi Inventory and monitoring methods. Elsevier Academic Press. California, CA, USA. pp. 128-153.
- Mariotte, P., A. Canarini and F. A. Dijkstra. 2017. Stoichiometric N: P flexibility and Micorrízico symbiosis favour plant resistance against drought. *Journal of Ecology* 105: 958–96.
- Moreno F., Á., E. Aguirre A. y L. Pérez R. 2004. Conocimiento tradicional y científico de los hongos en el estado de Chihuahua, México. *Etnobiología* 4: 89-10.
- Moreno, G., M. Lizárraga, M. Esqueda y M. L. Coronado. 2010. Contribution to the study of gasteroid and secotiid fungi of Chihuahua, Mexico. *Micotaxon* 112(1):291–315.
- Phillips, R. 1991. Mushroom of North America. Little Brown and Company. Boston, MA, USA. 319 p.
- Quiñónes-Martínez, F. Ruan-Soto, I. E. Agilar-Moreno, F. Garza-Ocañas, T. Lebgue-Keleng, P. A. Lavín-Murcio and I. D. Enríquez-Anchondo. 2014. Knowledge and use of Comestible mushroom in two municipalities of the Sierra Tarahumara, Chihuahua, Mexico. *Journal of Ethnobiology* 10:67. DOI: 10.1186/1746-4269-10-67.
- Quiñónez M., M., F. Garza O., S. Anguiano F., V. Chacón R. y S. Bernal C. 2010. Diversidad de hongos comestibles en los bosques de Bocoyna y Urique del estado de Chihuahua. *Ciencia en la frontera: Revista de ciencia y tecnología de la UACJ* 8(1):29-34.

Quiñónez M., M., P. Lavin M., F. Garza O., A. De La Mora C., T. Lebgue K. y A. Woocay P. 2009. Riqueza y frecuencia de hongos ectomicorrizógenos en el municipio de Urique, Chihuahua, México *Ciencia en la frontera: revista de ciencia y tecnología de la UACJ* 7(2): 33-40.

Quiñones M., M., F. Garza O., M. Sosa C., T. Lebgue K., P. Lavín M. y S. Bernal C. 2008. Índices de diversidad y similitud de hongos ectomicorrizógenos en el bosque Bocoyna, Chihuahua, México. *Ciencia Forestal en México* 33(103): 59-78.

Quiñones M., M. y F. Garza O. 2003. Taxonomía, ecología y distribución de hongos macromicetos de Bosque modelo, Chihuahua. *Revista de ciencia y tecnología de la UACJ* 7(1):63-69.

Rzedowski, J., 2006. *Vegetación de México*. 1ª edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 504 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Segunda sección. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010. México, D.F., México. 78 p.

<https://www.gob.mx/profepa/es/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010> (23 de marzo de 2018).

Sánchez-Ramírez, S., R. E. Tulloss, L. Guzmán-Dávalos, J. Cifuentes-Blanco, R. Valenzuela, A. Estrada-Torres, F. Ruán-Soto, R. Díaz-Moreno, N. Hernández-Rico, M. Torres-Gómez, H. León and J. M. Moncalvo. 2015. In and out of refugia: historical patterns of diversity and demography in the North American Caesar's mushroom species complex. *Molecular Ecology* 24(23):5938–5956
doi: 10.1111/mec.13413.

Singer, R. 1986. *The Agaricales in Modern Taxonomy*. Koeltz Scientific Books. Koenigstein, Federal Republic of Germany. 981 p.

Thirkell, T. J., M. D. Charters, J. E. Ashleigh, M. S. Steven and K. J. Field. 2017. Are mycorrhizal fungi our sustainable saviours? Considerations for achieving food security. *Journal of Ecology* 105: 921–92.

Vries, F. T. and M. D. Wallenstein. 2017. Below-ground connections underlying above-ground food production: a framework for optimising ecological connections in the rhizosphere. *Journal of Ecology* 105: 913–92.

Weile, C., R. T. Kiyde and D. M. Eissenstat. 2016. Root morphology and mycorrhizal type strongly influence root production in nutrient hot spots of mixed forests. *Journal of ecology* 106:148-156. DOI: 10.1111/1365-2745.12800.