

Distribución de algunos hongos gasteroides (Agaricomycetes) en la planicie central del Desierto Sonorense

Martín Esqueda¹, Aldo Gutiérrez¹, Martha L. Coronado²,
Marcos Lizárraga³, Tania Raymundo⁴, Ricardo Valenzuela⁴

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Apartado postal 1735, 83000 Hermosillo, Sonora, México. ²Universidad Estatal de Sonora. Apartado postal 11, Admón. 11, 83000 Hermosillo, Sonora, México. ³Universidad Autónoma de Cd. Juárez. Anillo Envolverte Pronaf y Estocolmo s/n, Cd. Juárez, Chihuahua, México, 32300. ⁴Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Apartado postal 256, Centro Operativo Naranja, Col. Santa María la Rivera, 02600, México, D.F.

Distribution of some gasteroid fungi (Agaricomycetes) in the central plains of the Sonoran Desert

Abstract. In this research 32 species of gasteroid fungi (Agaricomycetes) of 10 locations in the central plains of the Sonoran Desert during the four seasons in three types of vegetation were studied. The orders included are: Agaricales: (26 spp.) and Geastrales (6 spp.). *Tulostoma*, *Geastrum* and *Disciseda* were the genera well represented. New records for Mexico are: *Geastrum mammosum* and *Tulostoma subsquamosum*. The highest number of species was observed in winter (26) and spring (13). The greatest diversity was recorded in microphyllous desert scrub (26 spp.), followed by sarcocaule scrub (21) and mezquital (17).

Key words: *Tulostoma*, *Geastrum*, taxonomy, chorology.

Resumen: En la presente investigación se estudiaron 32 especies de hongos gasteroides (Agaricomycetes) de 10 localidades de la planicie central del Desierto Sonorense, durante las cuatro estaciones del año, en tres tipos de vegetación. Los órdenes comprendidos son: Agaricales (26 spp.) y Geastrales (6 spp.). *Tulostoma*, *Geastrum* y *Disciseda* fueron los géneros mejor representados. Nuevos registros para México son: *Geastrum mammosum* y *Tulostoma subsquamosum*. El mayor número de especies se observó en invierno (26) y primavera (13). La mayor diversidad fue en el matorral desértico micrófilo (26 spp.), seguido por el matorral sarcocaule (21) y del mezquital (17).

Palabras clave: *Tulostoma*, *Geastrum*, taxonomía, corología.

Received 13 February 2012; accepted 20 August 2012.

Recibido 13 de febrero 2012; aceptado 20 de agosto 2012.

Introducción

El Desierto Sonorense (DS) es uno de los biomas más importantes de América del Norte y abarca desde el suroeste de Estados Unidos hasta el noroeste de México. Las cuatro subdivisiones de la vegetación del DS en Sonora son: el

*Autor para correspondencia: Martín Esqueda
esqueda@ciad.mx*

Altiplano de Arizona, la Costa Central del Golfo, el Valle del Río Colorado Bajo y las Planicies de Sonora (Shreve y Wiggins, 1964); esta última es exclusiva del Estado con una elevación entre 100 y 750 msnm (INEGI, 2000), donde se realizó el presente estudio. La vegetación predominante es matorral sarcocaule en la sierra y mezquital en la planicie.

Estudios previos en regiones de este desierto han sido entre otros, los de Esqueda *et al.* (2006) y Moreno *et al.* (2007), quienes han citado: *Araneosa columellata*, *Calvatia pygmaea*, *Disciseda hyalothrix*, *D. stuckertii*, *D. verrucosa*,

Endoptychum arizonicum y *Tulostoma mohavei*. Hasta ahora el catálogo de hongos gasteroides (basidiomicetos) de Sonora está constituido por 121 taxones (Esqueda *et al.*, 2010), que representan el 12.1 % mundial, si se considera que se conocen alrededor de 1,000 especies (Kirk *et al.*, 2008). Estos hongos se caracterizan por ser xerófilos como lo hicieron ver Guzmán y Herrera (1969). Cerca del 41 % de los citados para Sonora se han recolectado en matorrales xerófilos (Esqueda *et al.*, 1996).

El objetivo del presente trabajo es continuar el estudio de los hongos gasteroides en las zonas áridas, particularmente en la región central de la planicie del Desierto Sonorense, en donde todavía su conocimiento es limitado.

Materiales y métodos

El muestreo se realizó en la planicie central del Desierto Sonorense, perteneciente a la ecorregión 10.2.2.7 según CONABIO (2008), en tres tipos de vegetación: matorral desértico micrófilo, mezquital y matorral sarcocaulo determinados con base en INEGI (2000). Se hicieron cuatro muestreos, uno por estación del año en 10 localidades (Tabla

1), las cuales se referenciaron con un GPS Garmin eTrex Vista HCx, utilizando el Datum WGS84 como procesador de imágenes digitales.

Debido a que 31 de los 32 taxones determinados son terrícolas, se analizaron algunos parámetros fisicoquímicos del suelo que pueden influir sobre el crecimiento y desarrollo de hongos gasteroides: pH, porcentaje de materia orgánica total, nitratos, fosfatos, conductividad eléctrica y textura, siguiendo la metodología propuesta por Castellanos *et al.* (2000). Se analizaron 10 submuestras recolectadas al azar por localidad de aproximadamente 4 kg, a una profundidad entre 5 y 30 cm.

Los hongos recolectados se registraron directamente en el campo, siguiendo las técnicas convencionales y se herborizaron en el laboratorio. Las preparaciones microscópicas se realizaron con cortes a navaja del basidioma, montados en KOH 5 %, azul de algodón en lactofenol, solución de Melzer y observadas bajo el microscopio óptico (MO). La identificación fue con base en bibliografía específica. Se siguió el sistema de clasificación de Kirk *et al.* (2008). En algunas especies de *Disciseda* y *Tulostoma* se hicieron observaciones bajo el microscopio electrónico de barrido (MEB), empleando la técnica de punto crítico (Moreno *et al.*, 1995).

Tabla 1. Localidades de la planicie del Desierto Sonorense

Localidad	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Vegetación
1. Cañón de Nacapule	28°00'55.90"	111°03'4.10"	81	MSC
2. El Apache	28°18'59.60"	111°14'40.60"	43	M
3. Ejido Francisco Villa	28°06'56.30"	111°01'35.20"	139	MSC
4. La Pintada	28°33'50.80"	111°00'28.40"	233	MSC
5. La Primavera	28°48'09.70"	111°12'13.20"	167	MDM
6. Las Animas	30°09'54.10"	111°14'44.30"	770	M
7. Maytorena	28°04'05.50"	110°45'12.90"	40	MSC
8. El Papalote	29°16'20.30"	111°05'43.60"	348	M
9. San Luis	29°35'05.90"	111°01'12.70"	458	MDM
10. Tuape	30°02'42.70"	111°00'14.40"	670	MDM

MDM: Matorral desértico micrófilo, MSC: Matorral sarcocaulo, M: Mezquital

Resultados y discusión

Se determinaron 32 especies de hongos gasteroides, de los cuales 2 y 7 son nuevos registros para la micobiota mexicana y sonorensis respectivamente (Tabla 2). En el orden Agaricales, la familia Agaricaceae presentó 12 géneros y 26 especies; mientras que en Geastrales, la familia Geastraceae sólo un género y seis taxones. En general, los géneros *Tulostoma* (9 spp.), *Geastrum* (6 spp.) y *Disciseda* (5 spp.) fueron los mejor representados.

Agaricus deserticola conocido como *Gyrophragmium dunalii* (Fr.) Zeller según Guzmán y Herrera (1969), se recolectó en ocho de las 10 localidades, principalmente durante el invierno. Este taxón presenta una distribución amplia, fructificando en bordes de caminos, pastizales, zonas abiertas de vegetación riparia y matorral desértico (Guzmán y Herrera, 1969; Ochoa y Moreno, 2006). Análisis filogenéticos moleculares (Geml *et al.*, 2004) soportan este hongo secotioide en *Agaricus*, un género previamente restringido a formas agaricoides (Moreno *et al.*, 2010). *Arachnion album* se observó únicamente en mezquital en otoño. Previamente citado por Esqueda *et al.* (2000) del matorral subinermes de Sonora.

Battarrea phalloides se encontró en mezquital, matorral sarcocaulo y matorral desértico micrófilo sólo en invierno. El ejemplar más grande de esta especie, con 65 cm de altura fue recolectado en el estero de Tastiota, Sonora por Esqueda *et al.* (2002). *Battarreoides diguetii* se observó en primavera e invierno en matorral sarcocaulo y matorral desértico micrófilo. *Bovista aestivalis* se encontró en los tres tipos de vegetación aunque sólo en invierno. Este taxón se caracteriza por su exoperidio granuloso a espinoso, con un cordón micelial conspicuo y persistente y por *basidiosporas* de 4-5 μm diám., lisas o verrucosas bajo MO.

Calvatia bicolor mostró una distribución restringida

a la localidad 9, con matorral desértico micrófilo, en primavera. Este trabajo sigue el criterio de Kreisel (1992), quien ubicó este taxón en la sección Lanopila de dicho género. Se caracteriza por la gleba de color marrón oscuro, persistente, compacta a algodonosa, así como por la ausencia de subgleba y cordón micelial (Moreno *et al.*, 2007). *Calvatia fragilis* se observó también con una distribución restringida a la localidad 4, con matorral sarcocaulo en otoño. Contrariamente, *C. pygmaea* se registró en siete localidades, las cuatro estaciones del año y en los tres tipos de vegetación. El conocimiento sobre su distribución a nivel mundial está circunscrito a Argentina, Bolivia y México (Baja California Sur y Sonora) (Moreno *et al.*, 2007). Parece ser una especie común en regiones con matorral xerófilo asociada con *Bursera*, *Parkinsonia* y *Olneya*.

Cyathus stercoreus se encontró únicamente en matorral desértico micrófilo durante invierno. Previamente ha sido recolectada en Sonora en diversos tipos de vegetación como matorral espinoso, selva baja caducifolia, bosque de encino y bosque de pino (Esqueda *et al.*, 2000). De *Disciseda* se encontraron cinco especies, todas previamente registradas de Sonora en diversos tipos de vegetación, principalmente en matorral xerófilo (Pérez-Silva *et al.*, 1994; Moreno *et al.*, 2007). La mayoría de las especies se recolectaron en invierno y verano, aunque *D. stuckertii* generalmente en primavera en los tres tipos de vegetación, pero ningún taxón en otoño. *Disciseda bovista* se caracteriza por sus esporas con verrugas evidentes bajo MO. Puede confundirse con *D. candida* y *D. hyalothrix*, diferenciándose la primera por sus esporas de menor tamaño de 4-5 μm diám., con una ornamentación menos marcada y capilicio poroso, mientras que la última se caracteriza por sus esporas de 8-11 μm diám., con verrugas piramidales aparentemente fusionadas en el ápice con pedicelo hasta de 18 μm de longitud (Ochoa & Moreno, 2006). En México, *D. bovista* se ha registrado de Baja California, Chihuahua y Sonora (Moreno *et al.*, 2007, 2010),

donde se ha observado en varios tipos de vegetación. *Disciseda verrucosa* se reconoce fácilmente al MO por sus esporas conspicuamente ornamentada por estructuras digitiformes, usualmente curvados en el ápice (Moreno *et al.*, 2007). En el Continente Americano únicamente se ha citado para Chihuahua y Sonora (Moreno *et al.*, 2010), de diversas regiones áridas y semiáridas.

Endoptychum arizonicum presentó una distribución amplia en el DS, observándose en todas las localidades muestreadas con excepción de Nacapule, principalmente en invierno. Aunque a nivel mundial el conocimiento sobre su distribución está delimitado a Estados Unidos, México, Argentina e Italia, se encuentra bien representado en las regiones áridas de Sonora (Moreno *et al.*, 2007). *Podaxis pistillaris* se recolectó en la mayoría de las localidades, en mezquital, matorral sarcocaula y matorral desértico micrófilo a lo largo del año con excepción del verano. Este taxón es emblemático dentro de la micobiota sonorensis por su amplia distribución y variabilidad morfológica (Esqueda *et al.*, 2010). El conocimiento sobre la distribución de *Schizostoma laceratum* en México, se encuentra limitado a Baja California, Chihuahua y Sonora (Moreno *et al.*, 2010). Se recolectó en mezquital, matorral sarcocaula y matorral desértico micrófilo principalmente en primavera.

El género mejor representado en el Desierto Sonorense fue *Tulostoma* con nueve especies (Tabla 2), todas con una distribución restringida a 1 ó 2 localidades, con excepción de *T. xerophilum* en tres localidades. Casi todos los basidiomas se recolectaron en invierno, excepto *T. pulchellum* en verano y *T. xerophilum* en otoño e invierno. Todas las especies determinadas están previamente registradas para Sonora, principalmente en las regiones áridas y semiáridas por Esqueda *et al.* (2004), excepto *T. subsquamosum*, la cual se cita por primera vez para la micobiota mexicana, en matorral desértico micrófilo. En México, Sonora es donde se tiene el mayor número de

registros para *Tulostoma* con 27 especies (Esqueda *et al.*, 2010).

Tulostoma albicans se reconoce por su exoperidio delgado pero claramente membranoso, ostiolo circular y basidiosporas lisas o asperuladas bajo MO; en el MEB, la ornamentación está constituida por pequeñas verrugas irregulares, algunas de las cuales se unen (Wright, 1987). *Tulostoma involucreatum* se caracteriza por su exoperidio membranoso, ostiolo tubular y esporas equinuladas bajo MO, con un conocimiento limitado sobre su distribución a nivel mundial (Wright, 1987). *Tulostoma leisporum* presenta esporas lisas bajo el MO y rugosas en el MEB; se ha recolectado en diversas ocasiones en matorral desértico micrófilo de Sonora (Esqueda *et al.*, 2004, 2006). *Tulostoma macrosporum* se identifica fácilmente por el tamaño de sus esporas, de 8-12 μm de diámetro (Wright, 1987; Esqueda *et al.*, 2004).

Tulostoma nanum se recolectó en matorral sarcocaula y desértico micrófilo durante el invierno. Previamente registrada para Sonora (Esqueda *et al.*, 2000). *Tulostoma obesum* se reconoce por su basidioma robusto y sus esporas lisas bajo MO y MEB. En México se ha citado para Baja California (Ochoa y Moreno, 1996) y Sonora (Esqueda *et al.*, 2004). *Tulostoma pulchellum* es fácilmente determinado por su exoperidio membranoso, estoma escutelado y fimbriado, y basidiosporas densamente verrucosas bajo MEB. *Tulostoma subsquamosum* se registra por primera vez para la micobiota de México y se caracteriza por su exoperidio membranoso, ostiolo tubular, estípites escamosos y basidiosporas equinuladas frecuentemente independientes, mientras que en *T. squamosum* generalmente las espinas de las basidiosporas se fusionan en el ápice y se observan reticuladas. Esta diferencia en la ornamentación esporal permite la separación entre estos dos taxones. *Tulostoma xerophilum* se observó en los tres tipos de vegetación principalmente en invierno. Se caracteriza por su

exoperidio membranoso, estoma tubular y esporas asperuladas bajo MO. Se ha citado para Estados Unidos, España y México (Wright, 1987; Esqueda *et al.*, 2004).

El segundo género mejor representado fue *Geastrum* con seis taxones (Tabla 2). *Geastrum fornicatum* fue la única especie recolectada en las cuatro estaciones del año, aunque restringida a una localidad con vegetación de mezquital. La distribución más amplia correspondió a *G. kotlabaë* en cinco de las 10 localidades estudiadas, en vegetación de mezquital, matorral sarcocaulé y matorral desértico micrófilo. *Geastrum arenarium* fue citada por vez primera para la micobiota de México de la Reserva Forestal Ajos-Bavispe, en vegetación de mezquital (Esqueda *et al.*, 2009). En el Desierto Sonorense ha sido observado en matorral sarcocaulé y matorral desértico micrófilo. *Geastrum corollinum* se recolectó sólo en la localidad Tuape, en matorral desértico micrófilo; previamente había sido registrada en bosque de pino-encino en Baja California (Ochoa y Moreno, 2006) y Sonora (Esqueda *et al.*, 2003).

Geastrum mammosum se observó restringido a matorral desértico micrófilo, recolectándose únicamente en primavera. Este taxón se caracteriza por su estoma fibriloso, basidioma higroscópico y saco esporífero sésil; constituye la primera cita para México. Está ampliamente distribuida en el sur de Estados Unidos: Arizona, Nuevo México y Texas (Long y Stouffer, 1948). *Geastrum schmidelii* se registró por primera vez para la micobiota de México, en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, en mezquital durante otoño e invierno (Esqueda *et al.*, 2006). En la planicie del Desierto Sonorense se encontró en matorral desértico micrófilo y sarcocaulé, en invierno y primavera.

Con respecto al tipo de vegetación, la mayor diversidad de hongos gasteroides se encontró en matorral desértico micrófilo (26 spp.), seguido del matorral sarcocaulé (21 spp.) y mezquital (17 spp.). El matorral desértico micrófilo se observó en La Primavera, San Luis y Tapue, con

Larrea tridentata, *Cercidium microphyllum*, *C. floridum*, *Olneya tesota*, *Fouquieria splendens*, *Acacia* spp., *Prosopis glandulosa* y *Encelia farinosa* (INEGI, 2000), vegetación que ocupa junto con la de desiertos arenosos, las zonas más áridas de México. La temperatura media anual fluctúa entre 20 y 24 °C, con una precipitación total anual por abajo de 400 mm.

Se encontró un promedio de 10 especies de hongos gasteroides por sitio, sobresaliendo las localidades Ejido Francisco Villa, La Pintada y San Luis con 13 taxones cada una; todas ellas con matorral sarcocaulé y en el otro extremo, Cañón de Nacapule con una sola especie (*D. bovista*) y el mismo tipo de vegetación (Tabla 2). El matorral sarcocaulé se encontró en Cañón de Nacapule, Ejido Francisco Villa, La Pintada y Maytoarena, conformado por *Bursera* spp., *Jatropha* spp., *Cercidium floridum*, *Fouquieria splendens* y *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, con temperaturas medias anuales entre 18 y 24 °C, y precipitación total anual inferior a 400 mm (Shreve y Wiggins, 1964; INEGI, 2000).

La vegetación de mezquital se registró en las localidades El Apache, Las Ánimas y El Papalote, con climas muy secos, secos y semisecos, con temperatura media anual de 18 a 24 °C y lluvia total anual de 180 a 400 mm. Se caracteriza por la dominancia de diferentes especies de mezquites como *Prosopis glandulosa*, *P. glandulosa* var. *torreyana* y *P. velutina*, acompañadas por otros arbustos espinosos e inermes que también se encuentran en los matorrales micrófilo y sarcocaulé (INEGI, 2000).

La época del año donde se colectó un mayor número de especies fue en invierno (26 spp.), seguido por primavera (13 spp.), verano (11 spp.) y otoño (10 spp.). El clima presente en las localidades de estudio es del tipo muy secos, secos y semisecos, con alta temperatura y baja precipitación. La mayor parte de los suelos son unidades de litosol y regosol, caracterizadas por su incipiente desarrollo debido a las condiciones climáticas como la lluvia escasa y la evapotranspiración alta. En las localidades de La Pintada y

Tabla 2. Distribución de hongos gasteroides en las planicies del Desierto Sonorense

Especie	Localidades									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Basidiomycota										
Agaricomycetes										
Agaricomycetidae										
Agaricales										
Agaricaceae										
<i>Agaricus deserticola</i> G. Moreno, Esqueda & Lizárraga			I, P	I, P, V	I	I	I	P	I	I, P
<i>Arachnion album</i> Schwein.								O		
<i>Battarreia phalloides</i> (Dicks.) Pers.		I	I		I					
<i>Battarreoides diguetii</i> (Pat. & Har.) R. Heim & T. Herrera			P	I	I, P, O	I	I, P		P	
<i>Bovista aestivalis</i> (Bonord.) Demoulin			I					I		I
<i>Calvatia bicolor</i> (Lév.) Kreisel									P	
<i>Calvatia fragilis</i> (Vittad.) Morgan				O						
<i>Calvatia pygmaea</i> (R.E. Fr.) Kreisel, G. Moreno, C. Ochoa & Altés		I, P, V	I, P, V	P, V, O		I, P, O	I, P, V, O	I, O		I, P, V, O
<i>Cyathus stercoreus</i> (Schwein.) De Toni										I
<i>Disciseda bovista</i> (Klotzsch) Henn.	V		I, V	V			I		I	
<i>Disciseda candida</i> (Schwein.) Lloyd		V				V	V	I	I	
<i>Disciseda hyalothrix</i> (Cooke & Massee) Hollós			I, V	V				I	I	
<i>Disciseda stuckertii</i> (Speg.) G. Moreno, Esqueda & Altés		I	P			P				P
<i>Disciseda verrucosa</i> G. Cunn.			V	V				V	I	I
<i>Endoptychum arizonicum</i> (Shear & Griffiths) Singer & A.H. Sm.		I	I	I, P	V, I	I, P, O	I, P	I	I, P, O	I, P, O
<i>Podaxis pistillaris</i> (L.) Fr.		O	I	O	I	P	P, O	I, O		
<i>Schizostoma laceratum</i> (Ehrenb. ex Fr.) Lév.					I, P		I, P	O	P	
<i>Tulostoma albicans</i> V.S. White					I				I	
<i>Tulostoma involucreatum</i> Long				I						
<i>Tulostoma leiosporum</i> Fr.					I					I
<i>Tulostoma macrosporum</i> G. Cunn.						I				
<i>Tulostoma nanum</i> (Pat.) J.E. Wright			I						I	
<i>Tulostoma obesum</i> Cooke & Ellis					I					
<i>Tulostoma pulchellum</i> Sacc.				V						
* <i>Tulostoma subsquamosum</i> Long & S. Ahmad					I					
<i>Tulostoma xerophilum</i> Long				I		I, O			I	
Phallomycetidae										
Gastrales										
Geastraceae										
<i>Geastrum arenarium</i> Lloyd					V		V			
<i>Geastrum corollinum</i> (Batsch) Hollós										I, P
<i>Geastrum fomicatum</i> (Huds.) Hook.								I, P, V, O		
<i>Geastrum kotlabae</i> V.J. Staněk		I, V		I, V		I		V, O		P, V
* <i>Geastrum mammosum</i> De Toni									P	
<i>Geastrum schmidelii</i> Vittad.			P							I

Estación: I: Invierno, P: Primavera, V: Verano, O: Otoño. Localidades: 1. Cañón de Nacapule, 2. El Apache, 3. Ejido Francisco Villa, 4. La Pintada, 5. La Primavera, 6. Las Animas, 7. Maytorena, 8. El Papalote, 9. San Luis, 10. Tuape. * Primer registro para México.

Ejido Francisco Villa, la roca madre se encuentra a menos de 50 cm de profundidad (INEGI, 2000).

El pH del suelo fluctuó desde 6.3 hasta 7.9 en la Localidad 1 con vegetación de matorral sarcocaula y la Localidad 9 con matorral desértico micrófilo

respectivamente. Ocho de las 10 localidades presentaron un pH alcalino, mayor o igual a 7.4. Esqueda *et al.* (2000) registraron un pH promedio de 7.5 y 7.6 en sitios con matorral subinerme y matorral espinoso respectivamente, para diversas especies de hongos gasteroides en Sonora. En todas

Tabla 3. Algunos parámetros fisicoquímicos del suelo

Factor edáfico	Localidad									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	7.9	7.4	7.0	7.6	7.4	7.5	7.5	7.7	6.3	7.8
CE (dS m ⁻¹)	0.9	1.3	0.7	0.7	0.7	0.8	0.9	0.6	0.5	0.8
Materia orgánica total (%)	3.2	2.4	1.1	1.9	0.6	1.4	1.1	0.5	0.7	1.9
N-NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	20.9	38.9	19.7	28.9	17.9	29.4	21.5	19.0	20.5	23.2
P-PO ₄ ⁻³ (mg kg ⁻¹)	40.7	125.1	16.0	17.7	55.2	15.1	48.9	60.1	12.1	33.0
Textura	A	FA	A	FA	FA	A	FA	FA	FA	FA

El número de las localidades está acorde con la Tabla 1. CE: Conductividad eléctrica. Textura: Franco-Arenosa (FA), Arenosa (A).

En las áreas la conductividad eléctrica fue menor a 1.3 dS m⁻¹, por lo cual no existe exceso de sales solubles en ninguna localidad, ya que el valor crítico es 4 dS m⁻¹ (Castellanos *et al.*, 2000). Aún cuando Shreve y Wiggins (1964) mencionan que una de las peculiaridades mejor conocidas de los suelos del desierto, es su alto contenido en sales solubles como calcio, cloruros y sodio. Los valores de materia orgánica total (MOT) variaron de 0.5 (Localidad 8) a 3.2 (Localidad 1). En otro sitio del Desierto Sonorense con matorral desértico micrófilo se registró de 2.0 a 2.5 % de MOT en suelo asociado con *Geastrum* spp. (Esqueda *et al.*, 2003).

En general el contenido de nitratos fue bajo, con excepción de la Localidad 2, con un valor alto de 38.9 mg kg⁻¹ (Tabla 3). En otros sitios del territorio sonorense con hongos gasteroides en matorral subinermes, matorral desértico micrófilo y matorral espinoso se han registrado contenidos de nitratos de 1.5, 1.6 y 6.1 mg kg⁻¹ respectivamente (Esqueda *et al.*, 2000, 2003). El contenido de fósforo varió de 12.1 (Localidad 9) a 125.1 mg kg⁻¹ (Localidad 2). Esqueda *et al.* (2000), en un gradiente de vegetación en Sonora con 77 especies de hongos gasteroides determinaron desde 4.2 hasta 32.6 mg kg⁻¹ de fosfatos. Siete localidades presentaron un suelo con textura franco-arenosa y tres con textura arenosa, es decir moderadamente gruesa y gruesa respectivamente. Estos tipos de textura se han observado asociados con hongos

gasteroides en estudios previos en Sonora (Esqueda *et al.*, 2000, 2003, 2011).

Con base en el presente estudio, en total se han registrado 128 especies de hongos gasteroides (Agaricomycetes) para Sonora. Así, el 12.8 y 71 % están registradas para Sonora, con base en 1,000 y 180 especies a nivel mundial (Kirk *et al.*, 2008) y nacional (Guzmán, 1998) respectivamente, siendo la Entidad Federativa donde se conoce la mayor diversidad de este grupo de hongos en México.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONABIO (proyecto GT016) por el financiamiento del presente estudio. RV agradece al IPN y a la COFAA el apoyo otorgado a sus investigaciones.

Literatura citada

Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle, A. Aguilar, 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos y Aguas. INCAPA, México.
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

- (CONABIO), 2008. Ecorregiones terrestres de México (2008). <http://www.conabio.gob.mx>. Última consulta 16 de enero de 2012.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, R.E. Villegas, 1996. Los Gasteromicetes citados de Sonora. Vinculación 1: 3-16.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, M. Coronado, A. Estrada, 2000. Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 71: 39-62.
- Esqueda, M., T. Herrera, E. Pérez-Silva, A. Aparicio, G. Moreno, 2002. Distribution of *Battarrea phalloides* in Mexico. Mycotaxon 82: 207-214.
- Esqueda, M., T. Herrera, E. Pérez-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., G. Moreno, E. Pérez-Silva, A. Sánchez, A. Altés, 2004. The genus *Tulostoma* in Sonora, Mexico. Mycotaxon 90: 409-422.
- Esqueda, M., M. Coronado, A. Sánchez, E. Pérez-Silva, T. Herrera, 2006. Macromycetes of Pinacate and Great Altar Desert Biosphere Reserve, Sonora, Mexico. Mycotaxon 95: 81-90.
- Esqueda, M., A. Sánchez, M. Rivera, M.L. Coronado, M. Lizárraga, R. Valenzuela, 2009. Primeros registros de hongos gasteroides en la Reserva Forestal Nacional y Refugio de Fauna Silvestre Ajos-Bavispe, Sonora, México. Revista Mexicana de Micología 30: 19-29.
- Esqueda, M., M.L. Coronado, A. Gutiérrez, R. Valenzuela, S. Chacón, R.L. Gilbertson, T. Herrera, M. Lizárraga, G. Moreno, E. Pérez-Silva, T. van Devender, 2010. Hongos. In: Molina-Freaner, F.E., T.R. van Devender (eds.), Diversidad Biológica de Sonora. UNAM-CONABIO, México. pp. 189-205.
- 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.
- Geml, J., D.M. Geiser, D.J. Royse, 2004. Molecular evolution of *Agaricus* species based on ITS and LSU rDNA sequences. Mycological Progress 3: 157-176.
- Guzmán, G., 1998. Inventorying the fungi of Mexico. Biodiversity and Conservation 7: 369-384.
- Guzmán, G., T. Herrera, 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.
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 2000. Síntesis de información geográfica y cartas temáticas digitales (SIGE de Sonora) Escala 1:1,000,000. INEGI. México. CD.
- Kirk, P.M., P.F. Cannon, D.W. Minter, J.A. Stalpers, 2008. Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi. 10 Ed. International Mycological Institute, CAB International, Wallingford.
- Kreisel, H., 1992. An emendation and preliminary survey of the genus *Calvatia* (Gasteromycetidae). Persoonia 14: 431-439.
- Long, W.H., D.J. Stouffer, 1948. The Geastraceae of the south-western United States. Mycologia 40: 547-585.
- Moreno, G., A. Altés, C. Ochoa, J.E. Wright, 1995. Contribution to the study of the Tulostomataceae in Baja California, Mexico. I. Mycologia 87: 96-120.
- Moreno, G., M. Esqueda, E. Pérez-Silva, T. Herrera, A. Altés, 2007. Some interesting gasteroid and secotiod fungi from Sonora, Mexico. Persoonia 19: 265-280.
- Moreno, G., M. Lizárraga, M. Esqueda, M.L. Coronado, 2010. Contribution to the study of gasteroid and secotiod fungi of Chihuahua, Mexico. Mycotaxon 112: 291-315.
- Ochoa, C., G. Moreno, 1996. Gasteromicetes de la reserva de la biósfera Alto Golfo de California. Brenesia 45-46: 143-152.
- Ochoa, C., G. Moreno, 2006. Hongos gasteroides y secotioides de Baja California, México. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 30: 121-166.
- Pérez-Silva, E., M. Esqueda, T. Herrera, 1994. Contribución al conocimiento de los gasteromicetos de Sonora, México. Revista Mexicana de Micología 10: 77-101.
- Shreve, F., I.L. Wiggins, 1964. Vegetation and flora of the Sonoran Desert. Vol. 1. Stanford University Press. Stanford, California.
- Wright, J.E., 1987. The genus *Tulostoma* (Gasteromycetes). A world monograph. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.