



Especies de *Tulostoma* (Basidiomycetes, Agaricomycetes) en un matorral espinoso de Sonora, México

Tulostoma species (Basidiomycetes, Agaricomycetes) in a tropical thorn forest from Sonora, Mexico

Eduardo Hernández-Navarro¹, Aldo Gutiérrez¹, Felipe Barredo-Pool², Martín Esqueda¹

1. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Apartado postal 1735, 83000 Hermosillo, Sonora, México. 2. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130, Colonia Chuburná de Hidalgo, 97200 Mérida, Yucatán, México

RESUMEN

Se presenta un estudio taxonómico, ecológico y corológico de especies de *Tulostoma* recolectadas durante las cuatro estaciones del año, en una localidad con matorral espinoso. Se efectuaron cuatro muestreos al final de cada estación, en 20 cuadrantes de 50 x 20 m y para el análisis físico y químico del suelo se tomaron muestras compuestas. Se realizaron análisis de ANOVA de una sola vía para cada variable edáfica. Se estudiaron 83 recolecciones de *Tulostoma* pertenecientes a 17 especies. *Tulostoma xerophilum* fue el taxón mejor representado con 26 recolecciones y 37 basidiomas, observado las cuatro épocas del año, mientras que *T. chudaei*, *T. fimbriatum* y *T. nanum* en tres estaciones. Las especies se desarrollaron generalmente en suelo desnudo y parecen estar bien adaptadas a suelos pobres en nutrientes con altos contenidos de arena. *Tulostoma gracilipes* se cita por tercera vez en el mundo, mientras que *T. longii* y *T. membranaceum* son nuevos registros para la microbiota mexicana. El catálogo se aumentó a 30 especies de *Tulostoma* para Sonora.

PALABRAS CLAVE: taxonomía, corología, hongos gasteroides, zonas áridas.

ABSTRACT

A taxonomic, ecological, and chorological study of *Tulostoma* species from a locality dominated by thorn-scrub, collected during the four seasons of the year is presented. Four seasonal samplings were performed in 20 quadrats of 20 x 50 m. Mixed soil samples were taken to determine the physical and chemical edaphic characteristics. One-way ANOVA per each edaphic variable was performed. Eighty-three collections corresponding to 17 species of *Tulostoma* were studied. *Tulostoma xerophilum* was the best-represented species with 26 collections and 37 basidiomata collected during the four seasons of the year, while *T. chudaei*, *T. fimbriatum*, and *T. nanum* during three seasons. These species grow mainly on bare soil and could be well adapted to poor soils with high sand content. *Tulostoma gracilipes* is recorded for the third time at worldwide, while *T. longii* and *T. membranaceum* are new records for the Mexican mycobiota. The catalog for the genus was increased to 30 species for Sonora.

KEYWORDS: taxonomy, chorology, gasteroid fungi, arid zones.

Recibido / Received: 29/03/2014

Aceptado / Accepted: 05/06/2015

Autor para correspondencia / Corresponding author:

Martín Esqueda
esqueda@ciad.mx

INTRODUCCIÓN

El género *Tulostoma* Pers. se caracteriza por presentar basidiomas globosos a subglobosos, con un estípite bien desarrollado adherido a un saco esporífero, el cual está compuesto por dos capas, el exoperidio que puede ser membranoso, hifal o indistinto y el endoperidio, con una apertura apical para liberar las esporas llamada boca, ostiolo u opérculo. La gleba es compacta cuando joven; polvorienta y generalmente en colores de ferruginoso a marrón en la madurez. Pocas especies de zonas áridas

poseen basidiosporas mayores a 5 μm de diám. y el capilicio es generalmente septado con protuberancias en el sitio de unión (Wright, 1987).

Tradicionalmente el género se ubicaba en la clase Gasteromycetes, orden Tulostomatales, familia Tulostomataceae (Guzmán y Herrera, 1969). Actualmente, con base en datos moleculares, se clasifica en Agaricales, Agaricaceae (Index Fungorum, 2014). Los caracteres taxonómicos más importantes son la boca (tubular, fimbriada, mamiforme o indefinida), exoperidio (membranoso, hifal o indistinto) y el tamaño y la ornamentación de las basidiosporas. Otros caracteres secundarios son el estípite y su forma de unión con el peridio; así como la forma, grosor y septos del capilicio (Wright, 1987).

Con el objetivo de contribuir al conocimiento taxonómico, ecológico y corológico de la micobiota sonorese, se realizó un muestreo sistemático en las cuatro estaciones del año en un matorral espinoso.

MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de estudio se seleccionó con base en Esqueda *et al.* (2000), quienes encontraron en el km 100 de la carretera Hermosillo-Yécora, Municipio La Colorada (28°37'11" N, 110°07'09" O), dominado por matorral espinoso, una mayor diversidad de hongos gasteroides con 31 spp. (que incluye siete especies de *Tulostoma*) vs. 12 a 16 spp. en localidades cercanas. Este sitio pertenece a la Región Hidrológica Sonora Sur dentro de la cuenca río Yaqui y subcuenca río Chico, con un porcentaje de escurrimiento de 0 a 5 % (SPP, 1981a, b). Con imágenes satelitales se definió un área de 50 ha, divididas en dos zonas, norte y sur. Dentro de cada una se trazaron 20 cuadrantes de 125 x 100 m, con un total de 40. En cada cuadrante se hicieron subcuadrantes de 50 x 20 m. Los cuadrantes impares (20) se analizaron con un esfuerzo de muestreo de 40 min por subcuadrante. El área total explorada corresponde al 1 % de la localidad (Franco-López *et al.*, 1985).

Se realizaron cuatro muestreos, uno al final de cada época del año, principios de septiembre y diciembre de 2009, así como marzo y junio de 2010. Se tomaron datos de hábitat, hábito, tipo de sustrato, tamaño del basidioma, color, entre otros, según técnicas convencionales en micología (Cifuentes *et al.*, 1986). En octubre de 2010 se recolectaron muestras compuestas de suelo

de ca. 1.5 kg a una profundidad de 5-30 cm, cada una conformada por tres submuestras tomadas en los extremos norte, sur y centro de una línea de Canfield. Se realizaron análisis de 19 factores físicos y químicos del suelo por cuadrante, a saber, pH, textura, materia orgánica, nitratos, fosfatos, potasio, capacidad de intercambio catiónico, entre otros (Castellanos *et al.*, 2000). Las variables se analizaron mediante un ANOVA de una sola vía por factor edáfico y especie de *Tulostoma*. Al ser datos no normales, en caso de existir diferencias ($P < 0.05$) se utilizó la prueba de Duncan, mediante el programa NCSS 2007 vs. 07.1.21.

Se elaboraron preparaciones de gleba (esporas y capilicio) en agua, KOH al 5 %, reactivo de Melzer, rojo neutro, azul de algodón y líquido de Hoyer, para su observación en el microscopio óptico (MO). Se determinó el tipo de ornamentación y se midieron las basidiosporas con el programa Infinity Analyze vs. 5.0.2. Lumenera Corp. La determinación de los hongos a especie se basó en Wright *et al.* (1972), Wright (1987), Moreno *et al.* (1995) y Esqueda *et al.* (2004), entre otras. Los especímenes forman parte de la Colección de Hongos Dr. Martín Esqueda Valle del Herbario de la Universidad Estatal de Sonora (UES), el cual no está aún registrado en Index Herbariorum. El material más representativo de cada especie se observó bajo el microscopio electrónico de barrido (MEB) JEOL-JSM 600LB, con la técnica de secado al punto crítico (Moreno *et al.*, 1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Micobiota

Se determinaron 142 basidiomas de 83 recolecciones de *Tulostoma*, que corresponden a 17 especies (Tabla 1). *Tulostoma albicans* es una especie común en la micobiota sonorese, pero en este estudio se recolectó solo en cinco ocasiones con un total de seis basidiomas, casi siempre de manera solitaria a lo largo del año excepto en primavera. Se caracteriza por su exoperidio membranoso que se desprende en forma de parches o escamas, la boca tubular y las basidiosporas asperuladas. Puede confundirse con *T. xerophilum*, el cual presenta un exoperidio papiráceo que se desprende completamente; además sus basidiosporas son de menor tamaño (Wright, 1987). Aunque ambas especies son frecuentes en el desierto Sonorense (Esqueda *et al.*, 2004), *T. xerophilum* presentó mayor número de recolecciones y basi-



diomas con 26 y 37, respectivamente (Figura 10). Generalmente se observó solitario, ocasionalmente con dos o tres basidiomas.

Tulostoma beccarianum es fácil de confundir; se caracteriza por la boca tubular y basidiosporas pequeñas fuertemente ornamentadas con verrugas cónicas a digitiformes. Es una especie altamente variable en su morfología tanto en el tamaño de los basidiomas como en el exoperidio, el cual es hifal, indistinto a ligeramente membranoso. Altés y Moreno (1993) sinonimizaron *T. simulans* con esta especie, cuyo nombre proviene por su similitud con otros taxones. En total se obtuvieron cinco basidiomas (Figura 10) recolectados en verano.

Tulostoma chudaei se caracteriza por su exoperidio hifal, que permanece siempre como una banda mezclada con suelo en la parte basal del endoperidio, boca tubular y basidiosporas globosas a elipsoides y asperuladas a ligeramente equinuladas bajo MO y MEB (Chakraborty *et al.*, 2013). *Tulostoma fimbriatum* es una especie cosmopolita, que se caracteriza por la boca fimbriada y basidiosporas con ornamentación muy variable, con verrugas agrupadas irregularmente, lo que conllevó a variedades y sinonimias (Wright, 1987; Moreno *et al.*, 1995). Los basidiomas se encontraron siempre en pares a lo largo del año excepto en el verano.

Tulostoma gracilipes se cita por tercera vez para el mundo (Figuras 1-3). El holotipo proviene de Sudáfrica (Wright, 1987) y la segunda cita de la Sierra Huérfana de Mazatán, Sonora (Piña-Páez *et al.*, 2010). La combinación de caracteres, boca fimbriada, exoperidio membranoso, basidiosporas ornamentadas con delicadas verrugas y el estípote delgado (“grácil”) de textura leñosa y color claro, permiten reconocerla. *Tulostoma involucreatum* se caracteriza por sus basidiomas generalmente grandes, boca tubular, exoperidio membranoso que se enrolla debajo del endoperidio y basidiosporas ligeramente equinuladas. Especímenes pequeños podrían confundirse con *T. xerophilum*; sin embargo, la ornamentación esporal permite separarlas (Wright, 1987). En total se recolectaron cuatro basidiomas (Figura 10) en verano y otoño.

Tulostoma leiosporum y *T. mohavei* presentan exoperidio hifal y basidiosporas lisas bajo MO, mientras que en MEB son rugosas y lisas, respectivamente. Asimismo, la primera tiene boca fibrilosa a fimbriada no prominente y basidiosporas subglobosas a piriformes de color amarillento y la segunda, boca

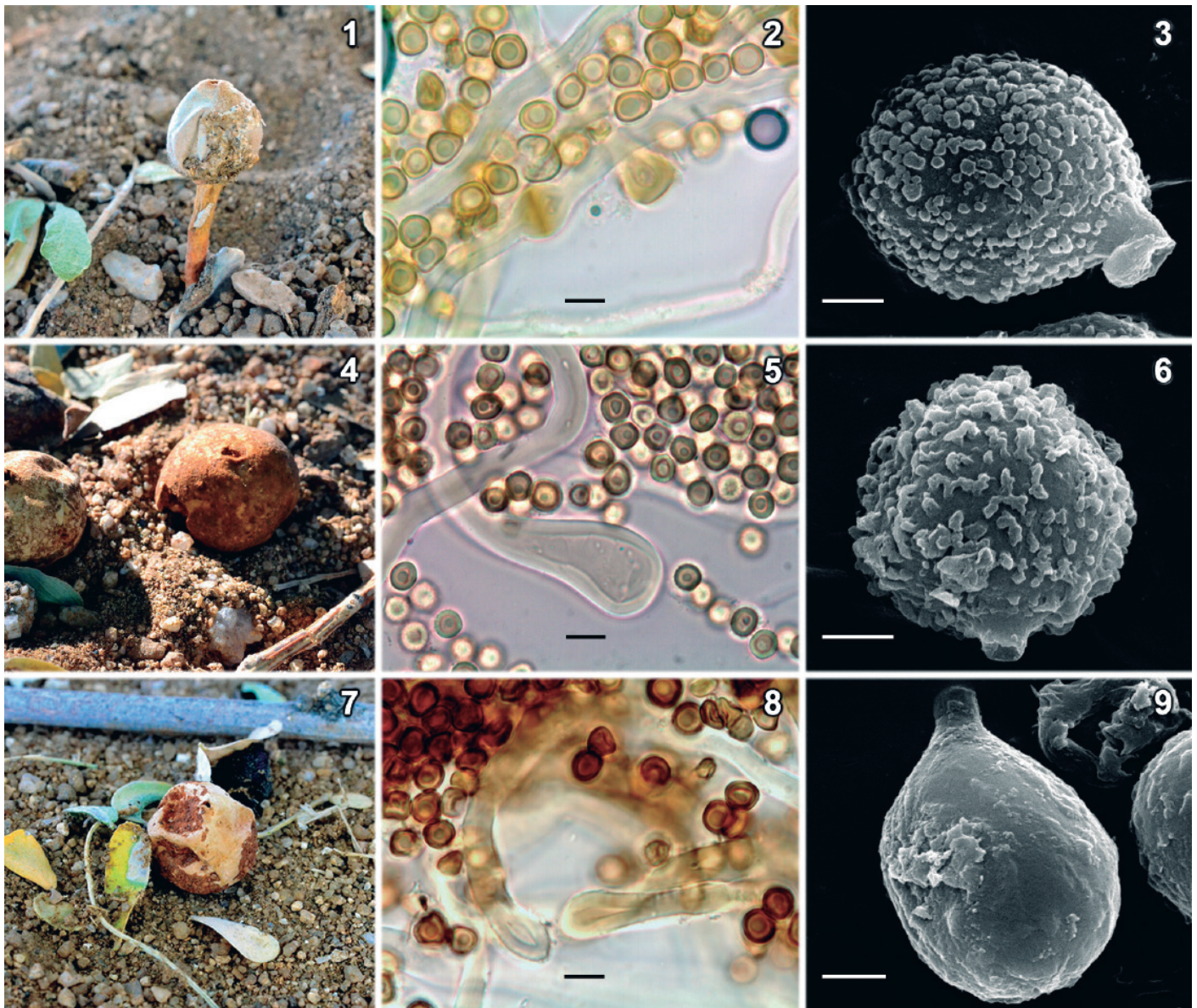
Tabla 1. Especies de *Tulostoma* y época del año de recolecta

Especie	P	V	O	I
<i>Tulostoma albicans</i> V.S. White		•	•	•
<i>Tulostoma beccarianum</i> Bres.		•		
<i>Tulostoma chudaei</i> Pat.		•	•	•
<i>Tulostoma fimbriatum</i> Fr.	•		•	•
<i>Tulostoma gracilipes</i> J.E. Wright		•		
<i>Tulostoma involucreatum</i> Long		•	•	
<i>Tulostoma leiosporum</i> Fr.				•
<i>Tulostoma longii</i> Lloyd			•	•
<i>Tulostoma macrosporium</i> G. Cunn.	•		•	
<i>Tulostoma membranaceum</i> Long & S. Ahmad		•		
<i>Tulostoma mohavei</i> Lloyd		•	•	
<i>Tulostoma nanum</i> (Pat.) J.E. Wright	•	•		•
<i>Tulostoma obesum</i> Cooke & Ellis		•		•
<i>Tulostoma pygmaeum</i> Lloyd		•	•	
<i>Tulostoma squamosum</i> Pers.			•	
<i>Tulostoma subfuscum</i> V.S. White		•	•	
<i>Tulostoma xerophilum</i> Long	•	•	•	•

P: Primavera, V: Verano, O: Otoño; I: Invierno.

tubular y basidiosporas globosas de color ocre (Wright, 1987; Altés *et al.*, 1999; Esqueda *et al.*, 2004). *Tulostoma macrosporium* presenta boca tubular, exoperidio conformado por una densa capa hifal a ligeramente membranoso y la característica más distintiva, las basidiosporas de 6 a 14 µm de diám., con verrugas digitiformes que pueden fusionarse (Esqueda *et al.*, 2004). Se recolectó en tres ocasiones (Fig. 10), una en otoño y dos en primavera.

Tulostoma nanum y *T. pygmaeum* son similares, con basidiomas pequeños, boca tubular y exoperidio hifal, se dis-



Figuras 1-9. 1-3. *Tulostoma gracilipes* (UES 10049): 1. Basidioma, 2. Basidiosporas y capilicio bajo MO, 3. Basidiospora bajo MEB. 4-6. *T. longii* (UES 10116): 4. Basidiomas, 5. Basidiosporas y capilicio bajo MO, 6. Basidiospora bajo MEB. 7-9. *T. membranaceum* (UES 10055): 7. Basidioma, 8. Basidiosporas y capilicio bajo MO, 9. Basidiospora bajo MEB. Escala de micrografías: 2, 5 y 8 = 5 µm; 3, 6 y 9 = 1 µm.

tinguen principalmente por las basidiosporas asperuladas a casi lisas *vs.* verrucosas con verrugas cónicas o con ápices romos irregulares, respectivamente (Wright, 1987; Moreno *et al.*, 1995; Esqueda *et al.*, 2004). *Tulostoma pygmaeum* se recolectó en seis ocasiones con un total de 20 basidiomas (Figura 10), generalmente gregario *vs.* solitario en *T. nanum*, que se encontró 11 veces con 16 basidiomas. *Tulostoma obesum* se caracteriza por su estípite robusto, boca tubular, exo-

peridio membranoso, estructura volviforme y basidiosporas lisas (Esqueda *et al.*, 2004), además de tener un hábito gregario. Wright (1987) consideró a *T. volvulatum* I.G. Borshchov con tres variedades *T. v. var. elatum* (Pat.) Sacc. & Trotter, *T. v. var. obesum* (Cooke & Ellis) J.E. Wright y *T. v. var. volvulatum*. Después de estudiar los tipos, Altés *et al.* (1999) concluyeron que *T. volvulatum* corresponde a *T. giovanellae* Bres. y la variedad *obesum* a una especie independiente.



La presencia de *T. squamosum* es rara en zonas áridas. Se caracteriza por la boca tubular, exoperidio hifal y endoperidio verrucoso cuyas verrugas están conformadas por células asimétricas de pared engrosada y pigmentación oscura. El estípite es largo, marrón rojizo oscuro y suele presentar escamas; además, sus basidiosporas poseen una ornamentación conspicua formada por espinas. En Sonora se había registrado para bosque tropical caducifolio (Esqueda *et al.*, 2004). *Tulostoma subfuscum* se reconoce por la boca fimbriada delimitada, exoperidio membranoso y basidiosporas con verrugas anastomosadas a manera de subestrías, que podría confundirse con *T. striatum* G. Cunn., donde la ornamentación esporal está conformada por estrías completas a manera de costillas que pueden formar espirales. Moreno *et al.* (1992a) consideran a *T. subfuscum* como una variedad de *T. pulchellum* Sacc., la única diferencia son las verrugas fusionadas *vs.* independientes, respectivamente. Ocasionalmente se requiere MEB para discernir entre estas especies.

Con excepción de *T. pulchellum*, todos los taxones citados por Esqueda *et al.* (2000), se registraron nuevamente en el presente trabajo y se añadieron 10 especies para la localidad. En la monografía mundial de *Tulostoma* (Wright, 1987), se consideran 139 especies y variedades. Posteriormente, pocas especies nuevas se han descrito y numerosos taxones han entrado en sinonimia como *T. mussooriense* Henn. y *T. verrucosum* Mor-

gan de *T. squamosum* (Moreno *et al.*, 1992b). Desde el primer artículo monográfico con 17 especies de *Tulostoma* en Sonora (Esqueda *et al.*, 2004), se adicionaron 11 registros hasta 2010 (Esqueda *et al.*, 2010; Piña-Páez *et al.*, 2010). Así, el catálogo se incrementó a 30 especies con el presente trabajo y para Sonora se conocen cerca del 20 % de las especies de *Tulostoma* consideradas en el mundo y es la entidad federativa en México con el mayor número de taxones citados.

En general, se observó que las especies que se recolectan más frecuentemente, como *T. nanum* y *T. xerophilum*, fructifican bien en zonas abiertas o con poca cobertura vegetal, mientras que las especies menos abundantes, aprovechan microhábitats con mayor humedad y contenido de materia orgánica. No se observó una relación directa entre la especie vegetal y la del hongo. Sin embargo, *T. obesum* se recolectó en dos ocasiones y únicamente bajo *Jatropha cardiophylla* (Torr.) Müll. Arg. Esta planta se caracteriza por sus ramas flexibles, las cuales acumulan agua y podrían generar un microambiente menos adverso para su fructificación. En los cuadrantes con menor cobertura y diversidad vegetal se registraron pocas especies de hongos. Sin embargo, otros factores abióticos influyen en la distribución tanto de especies vegetales como de hongos (Aparicio-Navarro *et al.*, 1994; Esqueda *et al.*, 2000).

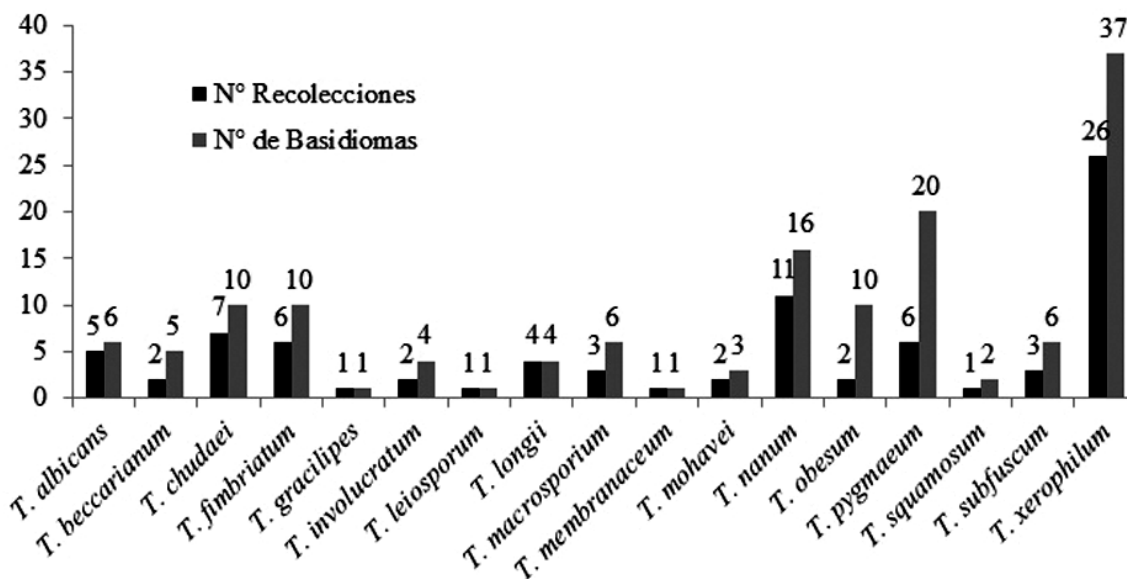


Figura 10. Número de recolecciones y basidiomas por especie.

Registros nuevos para México

Tulostoma longii Lloyd, *The Tylostomae* (7): 15 (1906)

Figuras 4-6

El material estudiado consiste en cuatro basidiomas completos, los cuales presentan saco esporífero globoso-deprimido de 10-15 mm de diám.; exoperidio ligeramente membranoso, que se desprende en escamas o parches. Endoperidio subliso, blanco amarillento a ocráceo. Boca tubular a fibrilosa. Punto de unión entre estípite y peridio conspicuo, separado del endoperidio por una membrana entera o lacerada. Gleba ferruginosa a marrón clara. Estípite de hasta 30×1.5 mm. Capilicio de 4-7 (-10) μm de diám., subhialino, ramificado, paredes gruesas, lumen visible a sólido, ocasionalmente lacunar, ligeramente hinchados en los septos. Basidiosporas de $3.80 \pm 0.28 \times 3.76 \pm 0.31$ μm ($Q = 1.01$, $n = 100$), globosas a subglobosas, amarillentas, finamente verrucosas a casi lisas bajo MO; en MEB se observan delicadas verrugas que pueden anastomosarse.

Material estudiado: MÉXICO. Sonora, Municipio La Colorada, km 100 carretera Hermosillo-Yécora, *leg. E. Hernández & A. Gutiérrez*, 09-IX-2009, UES 10116; 17-XII-2009, UES 10152, 10166, 10167.

Distribución: Estados Unidos y México.

Comentario taxonómico: Esta especie se distingue por la combinación de caracteres, boca tubular a fibrilosa, exoperidio membranoso y particularmente, por el tamaño y la ornamentación esporal, las cuales rara vez son mayores a 4 μm .

Tulostoma membranaceum Long & S. Ahmad, *Farlowia* 3: 251 (1947)

Figuras 7-9

El material sonoreño consiste en un basidioma completo con saco esporífero de 9 mm de diám., fácilmente separable del estípite. Exoperidio membranoso, rojizo oscuro por fuera, blanquecino por dentro, desprendiéndose en grandes placas. Endoperidio beige rosáceo, con tintes cobrizos. Boca fibrilosa a indefinida.

Punto de unión entre estípite y peridio conspicuo, separado del endoperidio por una membrana entera. Gleba marrón ferruginosa. Estípite de 8×1.5 mm, marrón rojizo, rugoso a escamoso y fácilmente separable del saco esporífero. Capilicio de 3.3-10.1 μm de diám., hialino a ligeramente pigmentado, sólido a ocasionalmente con lumen visible; septos escasos, ligeramente hinchados. Basidiosporas de $4.38 \pm 0.42 \times 4.32 \pm 0.4$ μm ($Q_m = 1.01$, $n = 100$), globosas a irregulares, algunas piriformes, marrón rojizo, totalmente lisas bajo MO y MEB.

Material estudiado: MÉXICO. Sonora, Municipio La Colorada, km 100 carretera Hermosillo-Yécora, *leg. E. Hernández & A. Gutiérrez*, 06-IX-2009, UES 10055.

Distribución: India, Estados Unidos (dudoso) y México.

Comentario taxonómico: Es una especie poco conocida, caracterizada por la combinación de caracteres, como son exoperidio típicamente membranoso, endoperidio ligeramente rosáceo y esporas lisas. Wright (1987) menciona que su presencia para los Estados Unidos es dudosa, así que este podría ser un registro nuevo para el Continente Americano. Se requiere estudiar el holotipo y las recolecciones de Norteamérica. Puede confundirse con *T. obesum*, la cual presenta basidiomas de mayor tamaño, boca tubular y capilicio con tramos cortos y oscuros. También es afín con *T. leiosporum*, que se reconoce por la boca definida fimbriada y esporas rugosas bajo MEB.

Aspectos sobre factores físicos y químicos del suelo

El análisis del suelo mostró que la textura es gruesa, con niveles desde 49 hasta 88 % de arena y menos de 17 % de arcilla, que corresponde a franco-arenoso (Castellanos *et al.*, 2000). Esto es relevante para la distribución de algunas especies de hongos gasteroides. Algunos taxones con mayor distribución como *T. chudaei*, *T. nanum* y *T. xerophilum*, se observaron con mayor abundancia en cuadrantes con porcentajes de arena más altos, mientras que especies menos frecuentes prefieren zonas con mayor cantidad de arcilla. Lo anterior es debido a que los suelos con mayor contenido de arena, pierden más agua y nutrientes por arrastre. Al parecer las especies más frecuentes en el desierto



Sonorense se han adaptado a temperaturas más altas y suelos pobres en nutrientes.

De las 19 variables edáficas estudiadas se observaron diferencias significativas en seis taxones con respecto a contenido de materia orgánica, fosfatos, potasio, zinc, manganeso y conductividad eléctrica. La materia orgánica fluctuó entre 0.6 y 3.5 %, con una media de 1.24 %. El análisis de varianza mostró que *T. subfuscum* se recolectó en cuadrantes con mayor cantidad de materia orgánica con una media de 2.6 %. El resto de las especies fructificaron con cantidades menores a 1.4 % y de ellas, *T. nanum*, *T. pygmaeum* y *T. xerophilum*, con medias menores al 1 %.

El suelo donde fructifica *T. subfuscum* presentó diferencias ($P < 0.05$) con respecto al contenido de potasio, zinc y manganeso, comparado con la mayoría de las especies. La concentración promedio de potasio varió de 109 a 206 mg kg⁻¹ para la mayoría de los taxones, con una media de todos los cuadrantes muestreados de 168 mg kg⁻¹, mientras que para *T. subfuscum* fue de 346 mg kg⁻¹. La concentración promedio de zinc fue de 3.1 mg kg⁻¹ para *T. subfuscum*, mientras que en el resto de las especies fue menor a 1.9 mg kg⁻¹ y la media de la localidad de 1.5 mg kg⁻¹. Para el manganeso, esta especie creció en una concentración promedio de 7.9 mg kg⁻¹, con diferencias significativas respecto a *T. fimbriatum*, *T. longii*, *T. pygmaeum* y *T. xerophilum*, las cuales se desarrollaron en suelos con medias de 1.1, 1.5, 2.2 y 2.7 mg kg⁻¹, respectivamente.

Con respecto a fosfatos, *T. fimbriatum* fructificó en el suelo con la concentración promedio más alta de 43.1 mg kg⁻¹, encontrándose diferencias significativas con especies con mayor número de especímenes como *T. chudaei*, *T. nanum* y *T. xerophilum*, con 23.8, 19.5 y 18.5 mg kg⁻¹, respectivamente. Por otro lado, la mayor conductividad eléctrica registrada en un cuadrante fue de 1.06 dS m⁻¹, mientras que en el resto de los cuadrantes oscilaron entre 0.39 y 0.91 dS m⁻¹. *Tulostoma subfuscum* fructificó en suelos con el promedio mayor de conductividad eléctrica (0.93 dS m⁻¹), la cual es estadísticamente diferente a los suelos en donde se recolectaron *T. longii* y *T. xerophilum*, con medias de 0.47 y 0.57 dS m⁻¹, respectivamente.

Los valores de Ca, Mg, Na y la relación de absorción de sodio (RAS) se determinaron para calcular el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Se encontró que no existen problemas de

salinidad o sodicidad en ninguno de los cuadrantes, por lo que este factor no afecta el desarrollo de estas especies de hongos. El pH se considera un factor crítico para el establecimiento de hongos gasteroides (Wright, 1987; Esqueda *et al.*, 2000, 2012). Sin embargo, Rimóczy (1995) observó que *Tulostoma* puede fructificar en suelos con pH entre 3.7 y 8.2. En este estudio osciló entre 6.2 y 8.1, con una media de 7.2, por lo que el suelo de este matorral espinoso se considera de básico a ligeramente ácido. Los promedios registrados fluctuaron de 6.4 hasta 8.1, sin diferencias significativas ($P > 0.05$) entre las especies de *Tulostoma*.

La pendiente fue otro factor determinante. En el cuadrante 7, con poca diversidad vegetal e inclinación de ca. 40 °, se recolectó únicamente un basidioma de *T. pygmaeum* durante los cuatro muestreos. Contrariamente, en cuadrantes con escasa pendiente se observó una mayor diversidad y abundancia de basidiosomas. Aunque algunos factores abióticos son cruciales para la distribución de especies, el patrón en macromicetes obedece a una interacción de factores más que a uno independiente.

Las especies mejor representadas en este matorral espinoso fueron *T. chudaei*, *T. nanum* y *T. xerophilum*, que parecen estar bien adaptadas a las condiciones de aridez, altas temperaturas, poca humedad y suelos pobres en materia orgánica y nutrientes, con alto porcentaje de arena. Otras especies parecen desarrollarse mejor en microhábitats, por ejemplo bajo dosel de plantas, con mayor humedad y contenido de materia orgánica.

AGRADECIMIENTOS

A Silvia Andrade (CICY) por su apoyo en la toma de las microfotografías de microscopía electrónica de barrido y Biól. Georgina Vargas (CIAD) por su apoyo técnico general.

LITERATURA CITADA

- Altés, A., G. Moreno, 1993. *Tulostoma beccarianum* Bresad., the correct name for *T. simulans* Lloyd. Mycotaxon 48: 223-227.
- Altés, A., G. Moreno, J.E. Wright, 1996. New data on *Tulostoma subquamosum* (Gasteromycetes). Cryptogamie Mycologie 17: 139-148.
- Altés, A., G. Moreno, J.E. Wright, 1999. Notes on *Tulostoma volvulatum* and *T. giovanellae*. Mycological Research 103: 91-98.
- Aparicio-Navarro, A., A. Quijada-Mascareña, T. Quintero-Ruiz, A. Búrquez, 1994. Nuevos gasteromicetos para la micobiota de Sonora, México. Ecológica 3: 11-14.
- Castellanos, J.Z., J.X. Uvalle, A. Aguilar, 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, México, D.F.
- Chakraborty, N., A.K. Dutta, P. Pradhan, K. Acharya, 2013. *Tulostoma chudaei* Pat. an addition to macrofungal flora of India. Journal of Mycopathological Research 51: 185-187.

- Cifuentes, J., M. Villegas, L. Pérez-Ramírez, S. Sierra, 1986. Hongos. In: Lot, A., F. Chiang (eds.), Manual de herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. UNAM-Consejo Nacional de la Flora de México A.C., México, D.F. pp. 55-64.
- 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., G. Moreno, E. Pérez-Silva, A. Sanchez, A. Altés, 2004. The genus *Tulostoma* in Sonora, Mexico. Mycotaxon 90: 409-422.
- Esqueda, M., M. Coronado, A.H. Gutiérrez-Saldaña, R. Valenzuela, S. Chacón, R. Gilbertson, 2010. Hongos. In: Molina-Frener, F.E., T.R. van-Devender (eds.), Diversidad biológica de Sonora. UNAM-CONABIO, México, D.F. pp. 189-205.
- Esqueda, M., A. Gutiérrez, M.L. Coronado, M. Lizárraga, T. Raymundo, R. Valenzuela, 2012. Distribución de algunos hongos gasteroides (Agaricomycetes) en la planicie central del desierto Sonorense. Revista Mexicana de Micología 36: 1-8.
- Franco López, J., G. de la Cruz, A. Cruz, A. Rocha, N. Navarrete, G. Flores, 1985. Manual de ecología. Trillas, México, D.F.
- Guzmán, G., T. Herrera, 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 40: 1-92.
- Index Fungorum. <http://www.indexfungorum.org>. Última consulta 6 de febrero de 2014.
- Moreno, G., A. Altés, J.E. Wright, 1992a. *Tulostoma pseudopulchellum* sp. nov. (Tulostomatales, Gasteromycetes) and allied species. Mycotaxon 43: 479-486.
- Moreno, G., A. Altés, J.E. Wright, 1992b. *Tulostoma squamosum*, *T. verrucosum* and *T. mussooriense* are the same species. Mycotaxon 43: 61-68.
- Moreno, G., A. Altés, C. Ochoa, J. Wright, 1995. Contribution to the study of the Tulostomataceae in Baja California, Mexico. I. Mycologia 87: 96-120.
- Piña-Páez, C., M. Esqueda, A. Gutiérrez, A. Altés, 2010. First record of *Tulostoma gracilipes* (Agaricales, Agaricaceae) for the Americas. Mycotaxon 113: 371-376.
- Piña-Páez, C., M. Esqueda, A. Gutiérrez, H. González-Ríos, 2013. Diversity of gasteroid fungi in the Sierra de Mazatán, Sonora, Mexico. The Southwestern Naturalist 58: 351-356.
- Rimóczi, I., 1995. Coenological and ecological characterization of some hungarian fungal species from the class Gasteromycetes. Documents Mycologiques 90: 401-408.
- SPP, 1981a. Carta Hidrológica, Aguas Subterráneas 1:1,000,000.
- SPP, 1981b. Carta Hidrológica, Aguas Superficiales 1:1,000,000.
- Wright, J.E., 1987. The genus *Tulostoma* (Gasteromycetes). J. Cramer, Berlín.
- Wright, J.E., T. Herrera, G. Guzmán, 1972. Estudios sobre el género *Tulostoma* en México (Fungi, Gasteromycetes). Ciencia 27: 109-122.