

Primer registro de *Tulostoma exasperatum* (Agaricaceae,  
Agaricales) en MéxicoFirst record of *Tulostoma exasperatum* (Agaricaceae,  
Agaricales) in MexicoEduardo Hernández-Navarro<sup>1,2</sup> 

## Resumen:

**Antecedentes y Objetivos:** El género *Tulostoma* agrupa especies que se caracterizan por sus basidiomas angiocárpicos con un saco esporífero, poseyendo un ostiolo o boca apical y un estípite bien definido. A nivel mundial se conocen 173 especies y se han reportado 49 en México. Una de las pocas especies del género con hábito lignícola es *T. exasperatum*, que, en combinación con sus características morfológicas, la definen claramente. El objetivo de este trabajo es presentar a *T. exasperatum* como primer registro para México.

**Métodos:** El material fue recolectado en el rancho "Las Maravillas de Acahuato", municipio de Apatzingán, estado de Michoacán, México. El ejemplar fue caracterizado macro- y microscópicamente mediante fotografías *in situ*, microscopía polifocal, de luz y electrónica de barrido. La identificación se realizó mediante literatura especializada. El material estudiado se depositó en la colección de macromicetos del Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

**Resultados clave:** Se registra por primera vez a *Tulostoma exasperatum* basado en la descripción de especímenes mexicanos. La especie se distingue por su exoperidio con verrugas cónicas a piramidales de color marrón rojizo, que al desprenderse dejan marcas a manera de retícula en el endoperidio, ostiolo fimbriado y basidiosporas reticuladas aladas. Además es característico su hábito lignícola en suelos ricos en materia orgánica.

**Conclusiones:** *Tulostoma exasperatum* presenta distribución pantropical. La morfología de las células de las verrugas del exoperidio son una fuente de información taxonómica poco estudiada. El catálogo de especies del género *Tulostoma* para México se eleva a 50 y el número de Agaricomycetes gasteroides en Michoacán a 38.

**Palabras clave:** Agaricales, Basidiomycota, hongos gasteroides, hongos de zonas secas, Tierra Caliente michoacana, Tulostomaceae.

## Abstract:

**Background and Aims:** The genus *Tulostoma* groups species that are characterized by their angiocarpic basidiomes with a spore-sac possessing an apical mouth or ostiole and a well-defined stipe. Worldwide, 173 species are known, and 49 species have been cited in Mexico. One of the few species in the genus with lignicolous habit is *T. exasperatum*, which, in combination with its morphological traits, makes it a distinctive species. The aim of this work is to present *T. exasperatum* as a first record for Mexico.

**Methods:** The material was collected in "Las Maravillas de Acahuato" ranch, Apatzingán municipality, Michoacán state, Mexico. The specimen was characterized macro and microscopically by *in situ* photographs, polarized light microscopy, light microscopy and scanning electron microscopy. Identification was carried out with specialized literature. Studied material is deposited in the macromycetes collection of the National Herbarium (MEXU) of the Biology Institute of Universidad Nacional Autónoma de México.

**Key results:** *Tulostoma exasperatum* is recorded for the first time in Mexico, based on Mexican specimens. The species is distinguished by its exoperidium with reddish-brown conical to pyramidal verrucae that, when detached, leave lattice-like marks on the endoperidium, fimbriate ostiole, and winged reticulate basidiospores. In addition, its lignicolous habit is characteristic, in soils rich in organic matter.

**Conclusions:** *Tulostoma exasperatum* presents pantropical distribution. The morphology of the pigmented cells of the exoperidium warts is a poorly studied source of taxonomic information. The catalog of species of the genus *Tulostoma* in Mexico is raised to 50 species, and the number of gasteroid Agaricomycetes in Michoacán is raised to 38 species.

**Key words:** Agaricales, Basidiomycota, gasteroid fungi, Michoacán Hot Land, mushrooms from drylands, Tulostomaceae.

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Circuito Zona Deportiva S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510 Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Autor para la correspondencia: [eduardo.hernandez@ib.unam.mx](mailto:eduardo.hernandez@ib.unam.mx)

Recibido: 18 de enero de 2023.

Revisado: 11 de abril de 2023.

Aceptado por Víctor Bandala Muñoz: 3 de mayo de 2023.

Publicado Primero en línea: 23 de mayo de 2023.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 130 (2023).

Citar como: Hernández-Navarro, E. 2023. Primer registro de *Tulostoma exasperatum* (Agaricaceae, Agaricales) en México. Acta Botanica Mexicana 130: e2171. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm130.2023.2171>



Este es un artículo de acceso abierto  
bajo la licencia Creative Commons 4.0  
Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

## Introducción

Las especies del género *Tulostoma* Pers. (Agaricomycetes, Agaricales) se distribuyen principalmente en zonas áridas y semiáridas, aunque algunas son exclusivas de zonas tropicales y/o templadas (Wright, 1987; Hernández-Navarro et al., 2020). Forman basidiomas angiocárpicos con un saco esporífero constituido por dos capas, un ostiolo apical y un estípite bien definido, hueco y de textura semileñosa (Wright, 1987). A nivel mundial se conocen 173 especies (Index Fungorum, 2023), mientras que para México se han registrado 49 (Cuadro 1).

En Michoacán se han citado 37 especies de Agaricomycetes gasteroides, provenientes de regiones templadas del estado (Salinas-Rodríguez et al., 2018), pero el conocimiento en general de los hongos de la región denominada como “Tierra Caliente” es limitado. Esta zona presenta áreas subhúmedas secas a semiáridas localizadas en el suroeste de Michoacán, extendiéndose hasta Guerrero y Estado de México (CPLADEM, 2020). La precipitación anual en promedio es de 600 mm, aumentando a más de 1000 mm en las colinas que rodean el valle y disminuyendo hasta 400 mm en las zonas más secas (INEGI, 2003; CONAGUA, 2023).

Durante visitas en la zona, un entusiasta conocedor de hongos local, el Sr. Fernando Pulido, mostró al autor varias fotografías de hongos observados en la región en diciembre de 2020. Una de las imágenes correspondió a un hongo gasteroide con exoperidio espinoso creciendo en madera (Fig. 1A), características no observadas en ninguna especie de *Tulostoma* conocida en México. Esto derivó en visitar la localidad casi dos años después, con el objetivo de recolectar especímenes que ahora soportan el primer registro de *T. exasperatum* Mont. en México. Se presenta una descripción macro- y micromorfológica de la especie, acompañada por fotografías de los esporocarpos incluyendo características microscópicas bajo el microscopio polifocal, compuesto y electrónico de barrido.

## Materiales y Métodos

El espécimen estudiado se fotografió y recolectó en el rancho “Las Maravillas de Acahuato” en el municipio Apatzingán, Michoacán, México (Fig. 2). El sitio se localiza en 19°09'30.6"N y 102°20'20.4"O, a una elevación de 1112 m s.n.m., con clima cálido y sub-húmedo, con suelos tipo andosol y vegetación subtropical mezclada con pequeños parches de *Pinus* sp. (INEGI, 2003). De acuerdo con CONA-

**Cuadro 1:** Especies de *Tulostoma* Pers. citadas en México por orden cronológico. Se tomaron en cuenta sólo los primeros registros de cada especie. Los nombres y autores se basan en Index Fungorum (2023). Los nombres en paréntesis corresponden al nombre dado en la publicación original.

Especies	Referencia
<i>Tulostoma obscurum</i> J.E. Wright ( <i>T. poculatum</i> V.S. White) <i>Tulostoma pulchellum</i> Sacc.	Herrera, 1959
<i>Tulostoma albicans</i> V.S. White <i>Tulostoma melanocyclum</i> Bres.	Guzmán y Herrera, 1969
<i>Tulostoma americanum</i> Lloyd ( <i>T. caespitosum</i> Trab.) <i>Tulostoma brasiliense</i> J.E. Wright <i>Tulostoma fimbriatum</i> Fr. ( <i>T. granulosum</i> Lév.) <i>Tulostoma meridionale</i> J.E. Wright <i>Tulostoma nanum</i> Pat. ( <i>T. carneum</i> var. <i>nanum</i> Pat.) <i>Tulostoma opacum</i> Long <i>Tulostoma pygmaeum</i> Lloyd <i>Tulostoma simulans</i> Lloyd <i>Tulostoma striatum</i> G. Cunn.	Wright et al., 1972
<i>Tulostoma obesum</i> Cooke & Ellis ( <i>T. volvulatum</i> I.G. Borshch)	Guzmán, 1973
<i>Tulostoma occidentale</i> Lloyd	Guzmán, 1975



Cuadro 1: Continuación.

Especies	Referencia
<i>Tulostoma chudaei</i> Pat.	Wright, 1987
<i>Tulostoma xerophilum</i> Long	
<i>Tulostoma fibrillosum</i> V.S. White ( <i>T. fimbriatum</i> f. <i>fibrillosum</i> (V.S. White) J.E. Wright)	Ayala et al., 1985
<i>Tulostoma meristostoma</i> Long	
<i>Tulostoma pseudopulchellum</i> G. Moreno, Altés & J.E. Wright	Moreno et al., 1992
<i>Tulostoma dumeticola</i> Long	Guzmán et al., 1992
<i>Tulostoma jourdani</i> Pat.	
<i>Tulostoma macrosporum</i> G. Cunn.	
<i>Tulostoma subfuscum</i> V.S. White	
<i>Tulostoma tropicale</i> Guzmán, Montoya & Bandala ( <i>T. tropicalis</i> Guzmán, Montoya & Bandala)	
<i>Tulostoma cretaceum</i> Long	Moreno et al., 1995b
<i>Tulostoma leiosporum</i> R.E. Fr. ( <i>T. exitum</i> Long y S. Ahmad)	
<i>Tulostoma macrocephalum</i> Long	
<i>Tulostoma submembranaceum</i> G. Moreno, C. Ochoa & J.E. Wright	
<i>Tulostoma portoricense</i> J.E. Wright	Esqueda et al., 1998
<i>Tulostoma amnicola</i> Long & S. Ahmad	Esqueda et al., 2000
<i>Tulostoma beccarianum</i> Bres.	
<i>Tulostoma involucreatum</i> Long	
<i>Tulostoma lloydii</i> Bres.	Calonge et al., 2004
<i>Tulostoma lusitanicum</i> Calonge & M.G. Almeida	
<i>Tulostoma cyclophorum</i> Lloyd	Esqueda et al., 2004
<i>Tulostoma floridanum</i> Lloyd	
<i>Tulostoma squamosum</i> (J.F. Gmel.) Pers.	
<i>Tulostoma mohavei</i> Lloyd	Esqueda et al., 2006
<i>Tulostoma brumale</i> Pers.	Calonge et al., 2007
<i>Tulostoma kotlabae</i> Pouzar	
<i>Tulostoma fusipes</i> Har. & Pat.	
<i>Tulostoma moravecii</i> Pouzar	
<i>Tulostoma gracilipes</i> J.E. Wright	Piña et al., 2010
<i>Tulostoma longii</i> Lloyd	Hernández-Navarro et al., 2015
<i>Tulostoma membranaceum</i> Long & S. Ahmad	
<i>Tulostoma australianum</i> Lloyd	Hernández-Navarro et al., 2017
<i>Tulostoma wrightii</i> Berk	
<i>Tulostoma rufescens</i> Hern.-Nav. & Esqueda	Hernández-Navarro et al., 2018
<i>Tulostoma exasperatum</i> Mont.	Presente estudio

GUA (2023), en Acahuato la temperatura varía entre 16-29 °C con una media de 23 °C, aunque se han registrado temperaturas de hasta 47.5 °C. La precipitación anual es de 1017.5 mm, distribuidas en promedio de 60 días, mientras que la evaporación llega a los 1834.9 mm.

El material recolectado se caracterizó macro- y microscópicamente consultando literatura especializada (Wright, 1987; Baseia y Galvão, 2002; Calonge et al., 2013). Los códigos entre paréntesis en los colores del basidioma corresponden a la carta de colores de Kornerup y Wans-



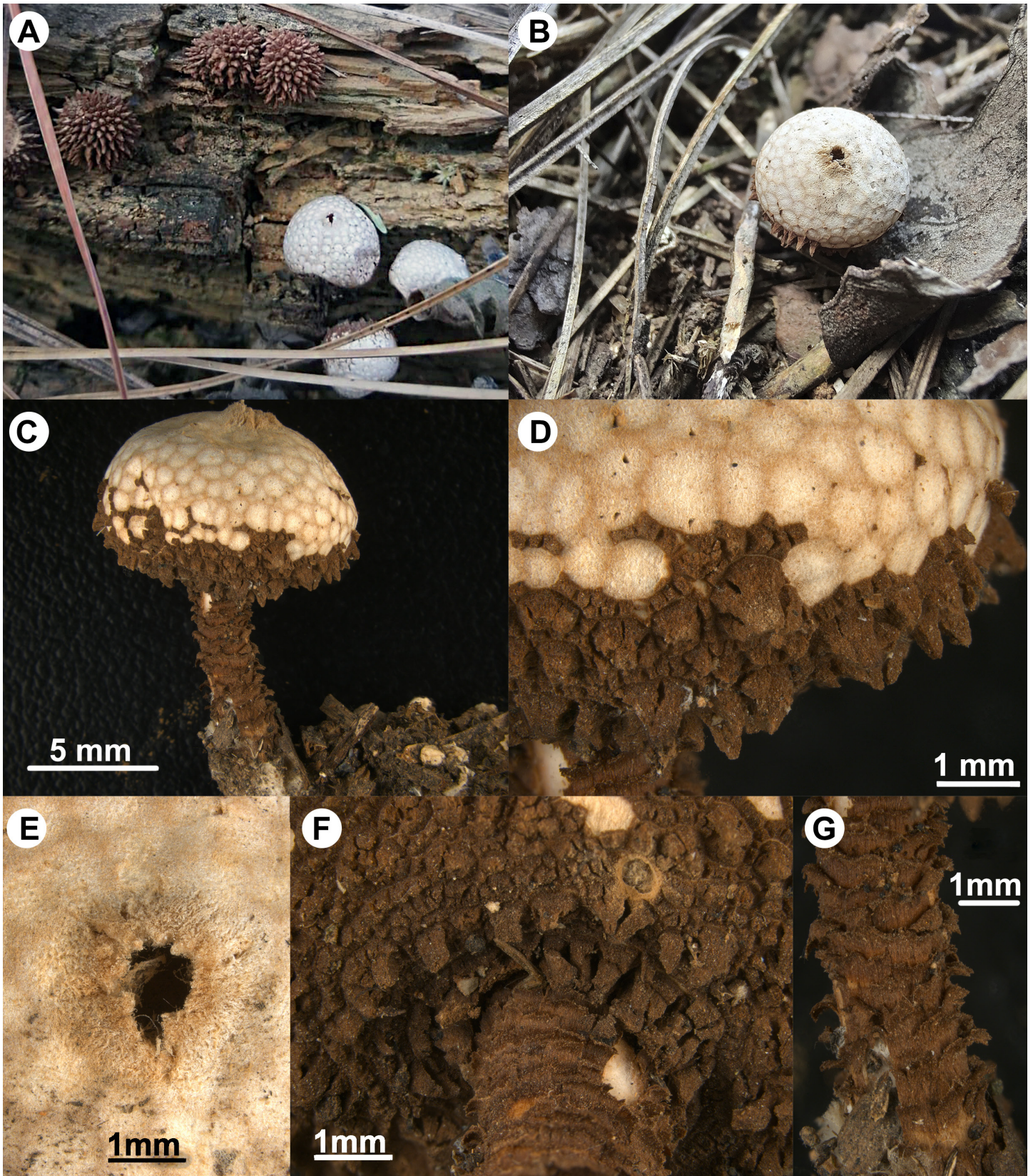


Figura 1: *Tulostoma exasperatum* Mont. A-B. ejemplares *in situ*; C. detalle del basidioma; D. verrugas del exoperidio; E. ostiolo; F. cuello; G. estípite.

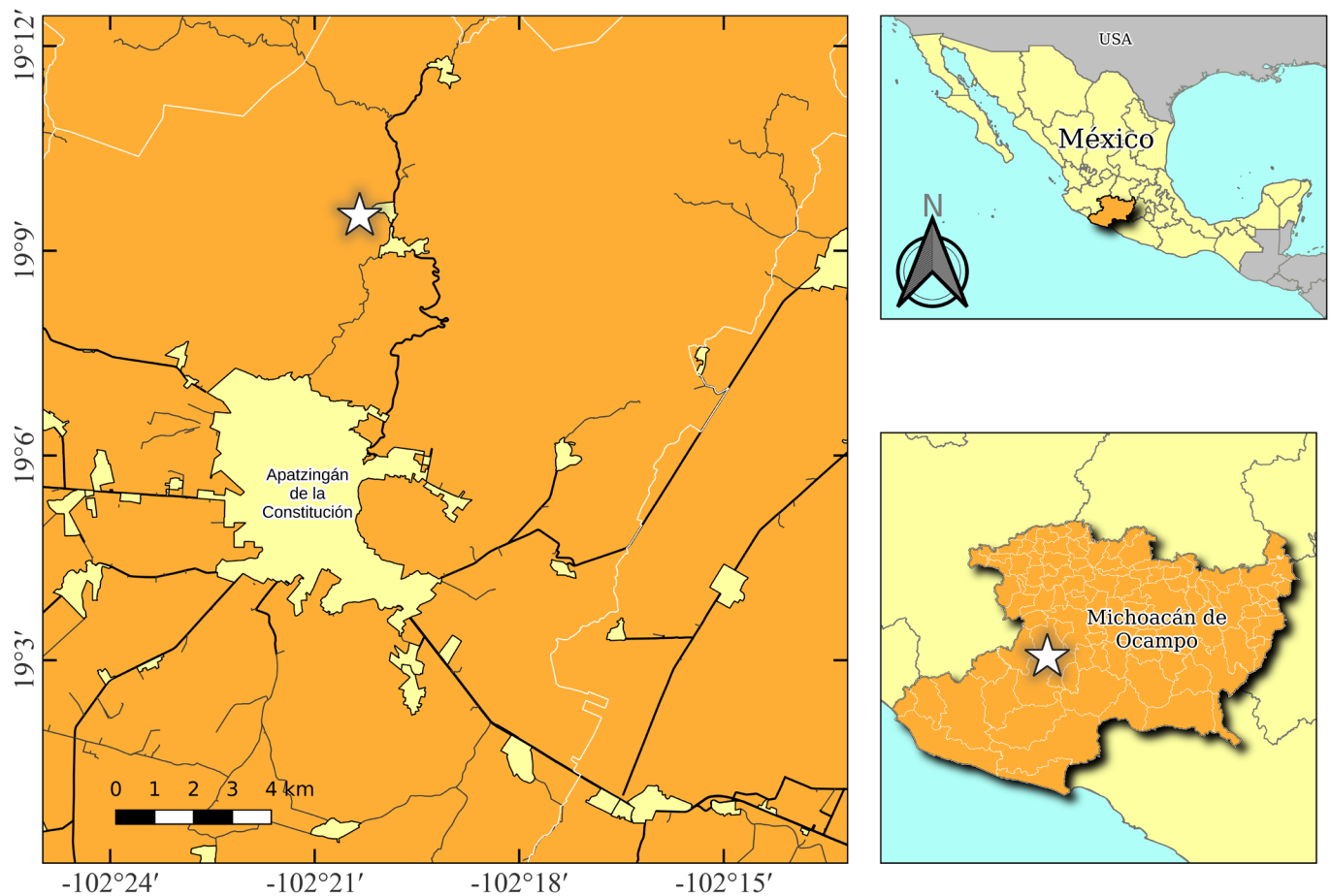


Figura 2: Localidad de recolecta de especímenes de *Tulostoma exasperatum* Mont. en Michoacán, México.

cher (1978). Los detalles del basidioma se obtuvieron mediante el uso de un microscopio polifocal (Leica Z16 APO A, Wetzlar, Alemania) y fueron procesadas en el programa Leica Application Suite v. 4.3.0 (Leica Mycrosystems, 2023). Las características microscópicas y sus medidas se obtuvieron montando fragmentos del basidioma y gleba en KOH al 10% y medio de Hoyer usando un microscopio óptico (MO) compuesto (OLYMPUS IX81, Tokyo, Japón) y las mediciones se realizaron en Image Pro Plus v. 7.0 (Media Cybernetics, 2023). Una porción de la gleba se montó en cinta carbón y fue metalizada con oro-paladio en un equipo QUÓRUM Q 15 OR Rotary Pumped Coater (Lewes, UK) y observadas en un microscopio electrónico de barrido (MEB) (Hitachi SU 1510, Hitachi, Japón). Todas las fotografías y micrografías se obtuvieron en el Laboratorio Nacional de la Biodiversidad (LaNaBio). El mapa (Fig. 2) para la ubicación del sitio de muestreo se elaboró en el programa QGIS v. 3.22.3 (QGIS Development Team, 2023).

El material estudiado está preservado en la colección de hongos "Sala *Psilocybe*" del Herbario Nacional (MEXU) del Instituto de Biología, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## Resultados

### Taxonomía

Basidiomycota

Agaricomycetes

Agaricales

Agaricaceae

*Tulostoma exasperatum* Mont. Ann. Sci. Nat., Bot., sér. 2, 8: 362 (1837). Figs. 1, 3.

TIPO: CUBA. *leg.* Ramón de la Sagra en Herb. Montagne (holotipo: PC; parte del tipo en PRM).

Saco esporífero globoso deprimido, 11 × 7 mm; exoperidio con verrugas cónicas a piramidales, grandes y deciduas de hasta 1.5-2 mm, rodeadas por verrugas más pequeñas; verrugas color marrón rojizo a marrón oscuro (9D7-9E8); endoperidio papiráceo, blanco grisáceo (6A2) a amarillento (5A2), con marcas reticuladas en marrón grisáceo (6C5-6F5) resultado del desprendimiento de las verrugas del exoperidio; ostiolo fibriloso, elíptico, ligeramente proyectado; cuello inconspicuo, se observan verrugas del exoperidio apresando parcialmente el estípite; membrana no observada; gleba de color anaranjado claro (6A5-6A7), polvoriento a ligeramente algodonosa; estípite corto y delgado (10 × 2 mm), marrón rojizo a umbrado (6F8-7F8), recto, con escamas recurvadas e involutas, terminando en un cordón micelial entremezclado con detritos y fragmentos de acículas de pino; basidios no observados; basidiosporas 5-6(-7) µm, globosas a subglobosas, amarillentas, reticuladas, con apariencia espinosa que observadas al MEB se distinguen por el retículo alado con cavidades irregulares y alas de apariencia membranosa; exoperidio con hifas pigmentadas, angulosas, entretrejidas, septadas, con vesículas laterales esféricas a irregulares, metuloides a cistidioides, ligeramente más oscuras; endoperidio compuesto por hifas hialinas a ligeramente amarillentas, 4-5 µm de diámetro, con septos hinchados hasta 7 µm de ancho, con pared gruesa con lumen visible; estípite compuesto por hifas empalizada, cortas, hinchadas y melanizadas, 13-17 × 6-7 µm en el exterior, mientras que las hifas internas son hialinas, más alargadas y delgadas, hasta 30 × 4-5 µm; capilicio similar a las hifas del endoperidio, hifas hialinas a ligeramente amarillentas 3-5 µm, lumen visible, septos ligeramente hinchados hasta 7 µm de ancho.

Hábito: lignícola, creciendo en madera en descomposición con pudrición cúbica, y dentro de la oquedad de una roca, la cual contenía una gran cantidad de hojarasca, acículas de pino y otros detritos.

Hábitat: Pantropical. África: Congo, Costa de Marfil, Ruanda, Zaire (Wright, 1987). América: Argentina (Speg-

zzini, 1927), Brasil (Lloyd, 1906; Rick, 1961; Bononi et al., 1984; Baseia y Galvão, 2002; Baseia y Milanez, 2002), Cuba (Saccardo, 1888; White, 1901); Hawaii, Estados Unidos de América (Long, 1947); México (presente estudio), Venezuela (Dennis, 1970). Asia: Filipinas (Long, 1947; Wright, 1987), India (Long y Ahmad, 1947), Singapur (Calonge et al., 2013) y Tailandia (Palo et al., 2023).

Material estudiado: MÉXICO. Michoacán, municipio Apatzingán, Rancho "Las Maravillas de Acahuato", 1112 m s.n.m., 19°09'30.6"N y 102°20'20.4"O, 25.XI.2022, *leg.* E. Hernández-Navarro y F. Pulido s.n. (MEXU 30550).

Notas taxonómicas: esta es una especie pantropical fácilmente reconocible por presentar hábito lignícola o en suelos con materia orgánica abundante; así como por su exoperidio verrugoso-espinoso marrón rojizo, ostiolo fibriloso y basidiosporas reticuladas y aladas. Wright (1987) clasificó a *T. exasperatum* dentro del subgénero *Tulostoma*, serie *Fimbriata* y sección *Exasperata*, de la cual es la especie tipo y cuyo diagnóstico consiste en exoperidio verrugoso y espinoso, formado por hifas cortas y retorcidas, y con ostiolo fibriloso o fimbriado. En esta sección también se incluyó a *T. ridleyi* Masee (= *T. exasperatum* var. *ridleyi* (Masee) J.E. Wright) y a *T. transvaali* Lloyd. La primera difiere por presentar basidiomas más robustos con estípite de hasta 120 mm, basidiosporas más grandes (6.4-8.1 µm) y distribución limitada al Sureste Asiático (Wright, 1987). La segunda tiene sacos esporíferos más robustos de hasta 22 mm, basidiosporas de similar tamaño, pero con reticulación sin alas membranosas (Wright, 1987). Por otro lado, esta última presenta hábito terrícola, desarrollándose en suelos arcillosos únicamente en Sudáfrica (Wright, 1983).

De las especies de *Tulostoma* conocidas en México, *T. opacum* Long y *T. portoricense* J.E. Wright también presentan basidiosporas reticuladas. Sin embargo, *T. opacum* se distingue por presentar exoperidio membranoso y basidiosporas no aladas de mayor tamaño (7.9-11 µm) (Wright et al., 1972; Wright, 1987; Moreno et al., 1995a). Mientras que *T. portoricense* difiere por presentar exoperidio hifal y basidiosporas más grandes (7-9 µm) (Wright, 1987; Esqueda et al., 1998). Podría confundirse con *T. exasperatosporum* J.E. Wright descrita de Sudáfrica, que presenta basidios-



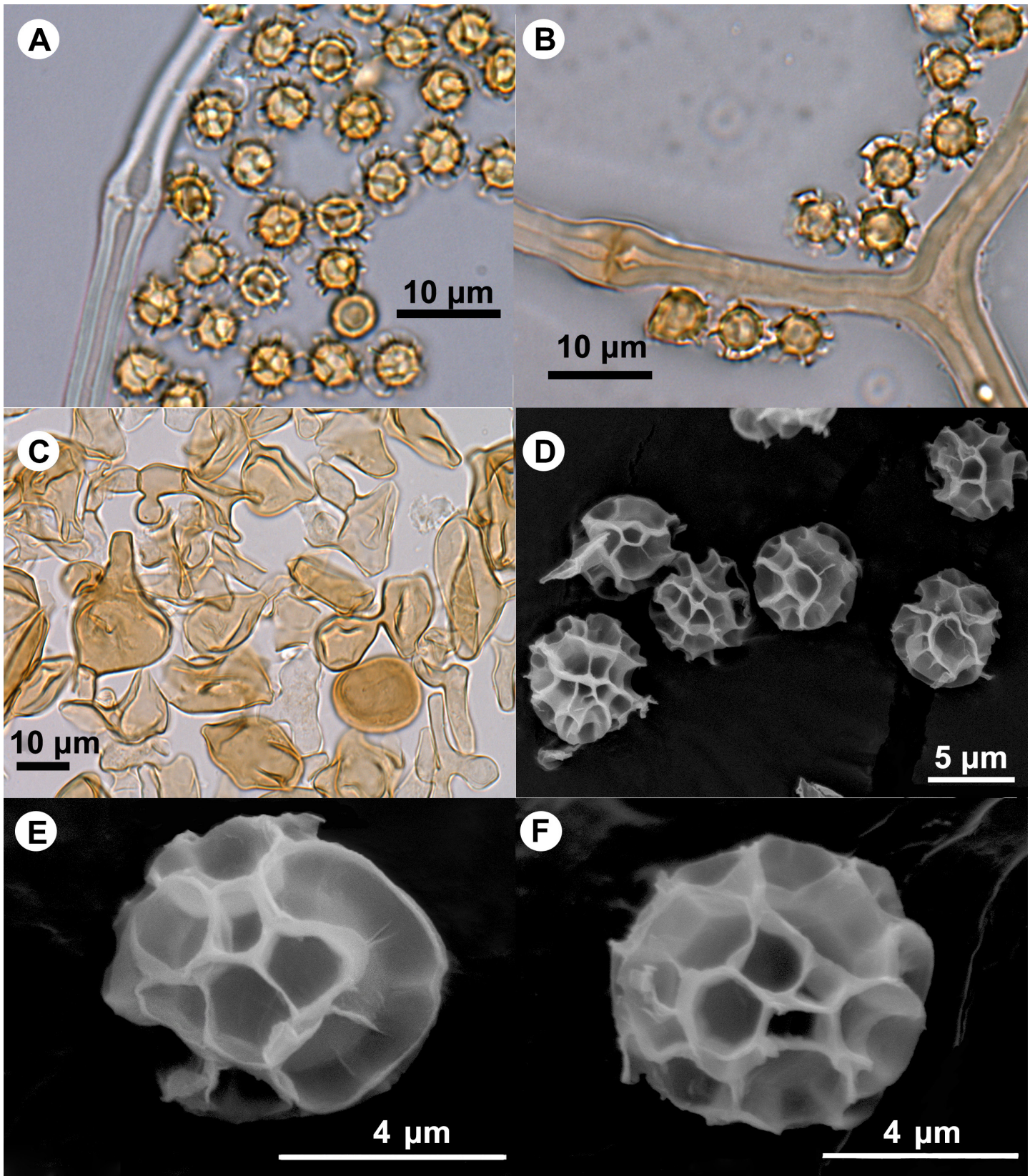


Figura 3: *Tulostoma exasperatum* Mont. A-B. basidiosporas y capilicio al MO; C. células de las verrugas del exoperidio; D-F. basidiosporas al MEB.

poras muy similares; se separa de *T. exasperatum* por sus basidiosporas ligeramente más grandes (5.2-6.8  $\mu\text{m}$ ) y por el exoperidio membranoso, sin verrugas (Wright, 1983). *Tulostoma reticulatum* G. Cunn. descrita de Australia, también tiene basidiosporas similares a las de *T. exasperatum*, pero presenta exoperidio hifal y su habitat es en suelos arenosos en aquel país (Wright, 1987). *Tulostoma rickii* Lloyd descrita de Brasil también presenta basidiosporas reticuladas, pero tiene exoperidio membranoso y se desarrolla en suelos subtropicales en Sudamérica (Wright, 1987).

Otras especies en México con exoperidio verrugoso son *T. dumeticola* Long. y *T. squamosum* (J.F. Gmel.) Pers. En el resto del mundo, algunos otros ejemplos son *T. domingueziae* Hern. Caff., *T. ahmandii* H. Hussain & Khalid y *T. matae* Calonge & J. Carranza, reportadas para Argentina, Pakistán y Costa Rica, respectivamente; sin embargo, ninguna de estas tiene basidiosporas reticuladas, siendo todas equinuladas con espinas libres o fusionadas a manera de sub-retículo (Guzmán et al., 1992; Calonge y Carranza, 2003; Esqueda et al., 2004; Hernández Caffot et al., 2011; Hussain et al., 2016).

## Discusión

Aunque *T. exasperatum* es una especie muy distintiva por su morfología, la mayoría de sus reportes corresponden al siglo pasado, con excepción de los registros de este siglo para Brasil (Baseia y Galvão, 2002; Baseia y Milanez, 2002), Singapur (Calonge et al., 2013) y Tailandia (Paloi et al., 2023). Es una especie típica de las zonas secas en Brasil, a diferencia de muchas otras especies de *Tulostoma* que se consideran raras y amenazadas en Europa, e incluso algunas especies se estiman regionalmente extintas (Jeppson, 2008). En México existen taxones poco comunes, como *T. portoricense* y *T. gracilipes* J.E. Wright, que a nivel mundial solo se han registrado en dos o tres ocasiones, respectivamente (Esqueda et al., 1998; Piña et al., 2010; Hernández-Navarro et al., 2015). Se desconoce el estatus de conservación de las especies de este género en México.

El hábito lignícola es una característica extremadamente rara dentro del género, ya que solo se tiene registrada a *T. exasperatum* y a *T. ridleyii* que Wright (1987) consideraba una variedad de la misma especie (= *T. exasperatum* var. *ridleyii*). La fotografía de los ejemplares observados en

diciembre de 2020 (Fig. 1A) muestra varios basidiomas creciendo sobre madera en descomposición. Se observa pudrición cúbica-oscura, que es aquella en la que el hongo se alimenta de la celulosa de la madera, sin degradar lignina (Bao et al., 2023). Calonge et al. (2013) reportan a *T. exasperatum* creciendo en suelo con abundante hojarasca. En Brasil se ha recolectado sobre madera de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. y en *Eugenia* sp., en bosque de galería (Baseia y Galvão, 2002; Baseia y Milanez, 2002). El material mexicano fue encontrado tanto en madera como en la oquedad de una roca de gran tamaño con abundante materia orgánica, ubicada en el cauce del arroyo que se encontraba seco al momento del muestreo.

La morfología de las células pigmentadas de las verrugas del exoperidio es una fuente de información taxonómica poco destacada por investigadores del género. Wright (1987) describe células organizadas “como un rompecabezas”, con base en el holotipo de *T. exasperatum* de Cuba y otros especímenes de países americanos, africanos y asiáticos, sin dar medidas de las estructuras. En los ejemplares de Singapur, se describen hifas de 3-6  $\mu\text{m}$ , entremezcladas con esferocistos de hasta 15  $\mu\text{m}$  de diámetro, con pigmento marrón intracelular (Calonge et al., 2013). Ambas descripciones coinciden con el material mexicano estudiado. Los registros brasileños más recientes no presentan descripción de las células de las verrugas (Baseia y Galvão, 2002; Baseia y Milanez, 2002), mientras que en el material tailandés se describe que las verrugas del exoperidio están compuestas por dos tipos de hifas: generativas (2.3-3  $\mu\text{m}$  de diámetro) y esqueléticas (2.5-5  $\mu\text{m}$  de diámetro), pigmentadas y con fíbulas, características no reportadas por otros autores. Tampoco se describen esferocistos, aunque solo se proveen dibujos de estas estructuras. Por otro lado, Jeppson et al. (2017) reportan que el género *Tulostoma* es críticamente diverso, por lo que no sería sorpresa que al examinar material de *T. exasperatum* de distintos países y *T. ridleyii*, desde una perspectiva molecular, resulte en su segregación de dos o más especies.

Para Michoacán se han reportado 37 especies de hongos gasteroides, siendo *Lycoperdon* Pers. el más diverso con nueve especies (Salinas-Rodríguez et al., 2018) y la presente contribución resulta ser el primer registro de *Tulostoma* para el estado. Las exploraciones futuras en esta





región y otras zonas subhúmedas secas enriquecerán el conocimiento de los hongos en el estado y en el país.

## Conclusiones

Hasta el momento, *T. exasperatum* se distribuye de manera amplia en zonas tropicales y subtropicales en el mundo. Presenta características morfológicas y ecológicas bien definidas, pero es necesaria su caracterización molecular para su validación como una sola especie y su ubicación filogenética dentro del género. La zona de Tierra Caliente michoacana presenta un gran potencial para el descubrimiento de registros y especies nuevas. El número de especies de Agaricomycetes gasteroides para Michoacán aumenta a 38 especies, mientras que el número de especies de *Tulostoma* para México aumenta a 50.

## Contribución de autores

EHN concibió el estudio, recopiló los datos, analizó e integró la información, redactó, revisó y aprobó el manuscrito final, y realizó el diseño de las figuras y el cuadro.

## Financiamiento

La presente investigación se llevó a cabo con financiamiento del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), Proyecto IA205323.

## Agradecimientos

Se agradece a Fernando Pulido, autor de la figura 1A, por su labor entusiasta con la biota local, su guía hacia la localidad y su apoyo técnico durante el muestreo. También se agradece al Sr. Salvador Esquivel Pacheco, dueño del rancho “Las Maravillas de Acahuato” por permitirnos muestrear en su terreno. Gracias a María Berenit Mendoza Garfías por su apoyo técnico en la obtención de las imágenes MEB. Gracias a Susana Guzmán Gómez por su apoyo técnico en la obtención de las fotografías polifocales. A Enrique Retamosa González por su apoyo técnico en la elaboración del mapa.

## Literatura citada

Ayala, N., C. Ochoa y G. Guzmán. 1985. Los hongos de la Península de Baja California, II. Las especies conocidas de *Tulostoma*. Revista Mexicana de Micología 1: 465-469.

Baseia, I. G. y T. C. O. Galvão. 2002. Some interesting Gasteromycetes (Basidiomycota) in dry areas from Northeastern Brazil. Acta Botanica Brasilica 16: 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000100002>

Baseia, I. G. y A. I. Milanez. 2002. *Tulostoma* Persoon (Gasteromycetes) from the Cerrado region, State of São Paulo, Brazil. Acta Botanica Brasilica 16: 9-14. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000100003>

Bao, M., W. Zhang, L. He, Y. Bao, Z. Wu, W. Yu, Y. Chen y N. Li. 2023. Changes in chemical composition, crystallinity, and microstructure of wood fiber mat-reinforced composite caused by white-rot fungus *Trametes versicolor* and brown-rot fungus *Gloeophyllum trabeum*. Wood Material Science & Engineering 1-9. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480272.2023.2180431>

Bononi, V. L., G. Guzmán y M. Capelari. 1984. Basidiomycetos do Parque Estadual da Ilha do Cardoso. V: Gasteromycetos. Rickia 11: 91-97.

Calonge, F. D. y J. Carranza. 2003. *Tulostoma matae* sp. nov. (Gasteromycetes) found in Costa Rica. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 27: 37-42.

Calonge, F. D., G. Guzmán y P. Ramírez-Guillén. 2004. Observaciones sobre los Gasteromycetes de México depositados en los herbarios XAL y XALU. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 28: 337-371.

Calonge, F., J. Vidal y A. Altés. 2013. *Tulostoma exasperatum* Mont., from Singapore. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 37: 59-63.

Calonge, F. D., G. Guzmán, F. Ramírez-Guillén y E. Gándara. 2007. Adiciones al catálogo de Gasteromycetes de México, con referencia especial a los géneros *Blumenavia* y *Tulostoma*. Boletín de la Sociedad Micológica de Madrid 31(1): 151-155.

CONAGUA. 2023. Normales climatológicas 1951-2010. Estado de Michoacán de Ocampo, Estación: 00016228 Acahuato. Servicio Meteorológico Nacional. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mich> (consultado enero de 2023).

CPLADEM. 2020. Carpeta de Estadística Básica 2020, Región VIII Tierra Caliente. Coordinación de Planeación para el Desarrollo del Estado de Michoacán de Ocampo. Morelia, Michoacán, México. <https://cpladem.michoacan.gob.mx/wp-content/uploads/2022/01/Region-VIII-Tierra-Caliente-2020.pdf>



- Dennis, R. W. G. 1970. Fungus flora of Venezuela and adjacent countries. Lehre: J. Cramer. London, UK. 531 pp.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, A. Altés y G. Moreno. 1998. *Tulostoma portoricense* (Tulostomatales, Gasteromycetes) from Mexico. Mycotaxon 68: 499-503.
- Esqueda, M., E. Pérez-Silva, T. Herrera, M. Coronado-Andrade y A. Estrada-Torres. 2000. Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora, México. Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica 71(2): 39-62.
- Esqueda, M., G. Moreno, E. Perez-Silva, A. Sánchez y A. Altés. 2004. The genus *Tulostoma* in Sonora, Mexico. Mycotaxon 90(2): 409-422.
- Esqueda, M., M. Coronado, A. Sánchez, E. Pérez-Silva y T. Herrera. 2006. Macromycetes of Pinacate and Great Altar Desert biosphere reserve, Sonora, Mexico. Mycotaxon 95(1): 81-90.
- Guzmán, G. 1973. Hongos mexicanos (macromicetos) en los herbarios del extranjero, II. Especies del herbario de Farlow, de la Universidad de Harvard, EUA. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología 7: 121-127.
- Guzmán, G. 1975. Hongos mexicanos (macromicetos) en los herbarios del extranjero, III. Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología 9: 85-102.
- Guzmán, G. y T. Herrera. 1969. Macromicetos de las zonas áridas de México, II. Gasteromicetos. Anales del Instituto de Biología de la UNAM, Serie Botánica 40: 1-92.
- Guzmán, G., L. Montoya y V. M. Bandala. 1992. Adiciones al conocimiento del género *Tulostoma* (Basidiomycotina, Gasteromycetes) en México y descripción de una nueva especie. Boletín Sociedad Argentina de Botánica 28: 113-121.
- Hernández Caffot, M. L., L. S. Domínguez, K. Hosaka, y E. Crespo. M. 2011. *Tulostoma domingueziae* sp. nov. from *Polylepis australis* woodlands in Cordoba Mountains, central Argentina. Mycologia 103(5): 1047-1054. DOI: <https://doi.org/10.3852/10-266>
- Hernández-Navarro, E., A. Gutiérrez, F. Barredo-Pool y M. Esqueda. 2015. Especies de *Tulostoma* (Basidiomycetes, Agaricomycetes) en un matorral espinoso de Sonora, México. Revista Mexicana de Micología 41: 65-72.
- Hernández-Navarro, E., A. Gutiérrez, G. Vargas y M. Esqueda. 2017. New records of *Tulostoma* (Agaricales: Agaricaceae) from Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 88(1): 36-40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.029>
- Hernández-Navarro, E., A. Gutiérrez, J. H. Ramírez-Prado, F. Sánchez-Teyer y M. Esqueda. 2018. *Tulostoma rufescens* sp. nov. from Sonora, Mexico. Mycotaxon 133(3): 459-471. DOI: <https://doi.org/10.5248/133.459>
- Hernández-Navarro, E., A. Gutiérrez, M. L. Coronado, O. Álvarez-Bajo, S. Andrade, F. Barredo-Pool y M. Esqueda. 2020. Diversity, morphological variability, and distribution of tulostomataceous fungi (Agaricomycetes) in Sonora, Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 91: e913246. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.3246>
- Herrera, T. 1959. *Battarrea* y *Tylostoma* en el Valle de México. Anales del Instituto de Biología 1: 21-33.
- Hussain, S., N. Yousaf, N. U. S. Afshan, A. R. Niazi, H. Ahmad y A. N. Khalid. 2016. *Tulostoma ahmadii* sp. nov. and *T. squamosum* from Pakistan. Turkish Journal of Botany 40(2): 218-225. DOI: <https://doi.org/10.3906/bot-1501-9>
- Media Cybernetics. 2023. Image Pro Plus v. 7.0. Rockville, EUA. <https://mediacy.com/image-pro/>
- Index Fungorum. 2023. Index Fungorum, base de datos. <http://www.indexfungorum.org/names/names.asp> (consultado enero de 2023).
- INEGI. 2003. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Edafología. <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/#Mapa> (consultado enero de 2023).
- Jeppson, M. 2008. The genus *Tulostoma* in Slovakia. Catathelasma 10: 5-19.
- Jeppson, M., A. Altés, G. Moreno, R. H. Nilsson, Y. Loarce, A. de Bustos y E. Larsson. 2017. Unexpected high species diversity among European stalked puffballs—a contribution to the phylogeny and taxonomy of the genus *Tulostoma* (Agaricales). MycoKeys 21: 33-88. DOI: <https://doi.org/10.3897/mycokeys.21.12176>
- Kornerup, A. y J. H. Wanscher. 1978. Methuen handbook of colour. Eyre Methuen. London, UK. 252 pp.
- Leica Microsystems. 2023. Leica Application Suite v. 4.3.0. Wetzlar, Alemania. <https://www.leica-microsystems.com/es/productos/software-de-microscopia/p/leica-application-suite/downloads/>
- Lloyd, C. G. 1906. Tylostomae. Mycological Writings 2: 9-28.
- Long, W. H. 1947. Studies in the Gasteromycetes: XV. Notes on new or rare species of *Tylostoma*. Lloydia 10: 115-135.
- Long, W. H. y S. Ahmad. 1947. The genus *Tylostoma* in India. Farlowia 3: 225-267.

- Moreno, G., A. Altés y J. E. Wright. 1992. *Tulostoma pseudopulchellum* sp. nov. (Tulostomatales, Gasteromycetes) and allied species. *Mycotaxon* 43: 479-486.
- Moreno, G., A. Altés y A. Hausknecht. 1995a. *Tulostoma opacum* Long in Northern Africa. *Mycotaxon* 54: 179-182.
- Moreno, G., A. Altés, C. Ochoa y J. E. Wright. 1995b. Contribution to the study of the Tulostomataceae in Baja California, Mexico. I. *Mycologia* 87(1): 96-120. DOI: <https://doi.org/10.2307/3760953>
- Paloi, S., N. Suwannarach, J. Kumla, W. Phonrob, S. C. Karunarathna y S. Lumyong. 2023. An update on species Diversity, Distribution and Sequence Data of *Tulostoma* in Asia with the Addition of *Tulostoma exasperatum*, A New Record for Thailand. *Chiang Mai Journal of Science* 50(2): 1-14. DOI: <https://doi.org/10.12982/CMJS.2023.018>
- QGIS Development Team. 2023. QGIS Geographic Information System v. 3.22.3. Open Source Geospatial Foundation. <http://qgis.org> (consultado abril de 2023).
- Piña, C., M. Esqueda, A. Altés y A. Gutierrez. 2010. First record of *Tulostoma gracilipes* (Agaricales, Agaricaceae) for the Americas. *Mycotaxon* 113(1): 371-376. DOI: <https://doi.org/10.5248/113.371>
- Rick, J. 1961. Basidiomycetes Eubasidii no Rio Grande do Sul. Brasília. *Iheringia* 9: 451-480.
- Saccardo, P. A. 1888. *Sylloge Fungorum* 7. Iterum impressum apud R. Friedländer & Sohn. Berlin, Germany. 882 pp.
- Salinas-Rodríguez, M., M. Esqueda-Valle, V. M. Gómez-Reyes y J. A. Blanco-García. 2018. Agaricomycetes gasteroides del bosque mesófilo de montaña, Estación Biológica Vasco de Quiroga, Michoacán, México. *Scientia Fungorum* 48: 45-51.
- Spegazzini, C. 1927. *Gasteromycetas Argentinas*. Sociedad Argentina de Ciencias Naturales 8: 421-437.
- White, V. S. 1901. The Tylostomaceae of North America. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 28(8): 421-436. DOI: <https://doi.org/10.2307/2478590>
- Wright, J. E. 1987. The genus *Tulostoma* (Gasteromycetes): a world monograph. Stuttgart: J Cramer. Berlin, Germany. 338 pp.
- Wright, J. E. 1983. *Tulostoma exasperatosporum*, a new species with reticulate spores from South Africa. *South African Journal of Botany* 2(2): 126-128. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0022-4618\(16\)30126-7](https://doi.org/10.1016/s0022-4618(16)30126-7)
- Wright, J. E., T. Herrera y G. Guzman. 1972. Estudios sobre el género *Tulostoma* en México (Fungi, Gasteromycetes). *Ciencia México* 27 (4-5): 109-122.

