



Asociación entre *Phallus* sp. y las especies forestales en el Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay

Association between *Phallus* sp. and forest species on the Campus of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Asunción, San Lorenzo, Paraguay

Rubén Pérez de la Gracia^{1*}, Maura I. Díaz Lezcano¹ y Esteban I. Moreira-Rivas²

Recibido: 12 noviembre 2023 | **Aceptado:** 26 junio 2024 | **Publicado en línea:** 31 julio 2024

Citación: Pérez de la Gracia, R; Díaz Lezcano, MI; Moreira-Rivas, EI. 2024. Asociación entre *Phallus* sp. y las especies forestales en el Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay. Revista Forestal del Perú 39(1): 102-115. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v39i1.2156>

Resumen

El Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA-UNA), posee una gran diversidad de especies arbóreas y hongos. Es sabida la importancia de la biodiversidad de especies, por lo que esta investigación busca contribuir al conocimiento, la investigación y el estudio de las mismas. El objetivo de este trabajo fue identificar la asociación entre género *Phallus* y las especies forestales del Campus de la FCA-UNA. Se realizó un monitoreo y recorrido en las áreas verdes de la facultad, con el fin de identificar la presencia de este macrohongo, evidenciando las especies arbóreas con las que se encontraban relacionados. Se realizó un inventario forestal para determinar la composición florística, al mismo tiempo que se efectuó la identificación y colecta de los ejemplares fúngicos en fructificación. Los basidiocarpos fueron almacenados y llevados al Laboratorio de Biología de la FCA-UNA para su análisis morfológico y cultivo. Se obtuvieron registros de ocho especies forestales asociadas al género *Phallus*, siete de ellas nativas y una exótica, provenientes de tres familias: Fabaceae, Rutaceae y Bignoniaceae, esta última con una frecuencia dominante ante las demás.

Palabras clave: basidiocarpos, basidiomycota, composición florística, inventario forestal, macrohongos

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Forestal, Área de Silvicultura y Ordenación Forestal, San Lorenzo, Paraguay.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera Ingeniería Agronómica, Área de Protección Vegetal, San Lorenzo, Paraguay.

* Autor de Correspondencia: rp710281201@gmail.com

Abstract

The Campus of the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of Asunción (FCA-UNA), has a great diversity of tree species and fungi. The importance of species biodiversity is known, for this reason, this research seeks to contribute to the knowledge, research and study of them. This work focuses on identifying the association between the genus *Phallus* and the forest species on the Campus of the FCA-UNA. A monitoring and tour were carried out in the green areas of the faculty, in order to identify the presence of this macrofungus, revealing the tree species with which they are related. A forest inventory was carried out to determine the floristic composition, at the same time as the identification and collection of fruiting fungal specimens was carried out. The basidiocarps were stored and taken to the FCA-UNA Biology Laboratory for morphological analysis and culture. Records of eight forest species associated with the genus *Phallus* were obtained, seven of them native and one exotic, from three families: Fabaceae, Rutaceae and Bignoniaceae, the latter with a dominant frequency over the others.

Key words: basidiocarps, basidiomycota, floristic composition, forest inventory, macrofungi

Introducción

Según Melanda *et al.* (2021), los hongos faloides (Phallales, Phallomycetidae) se caracterizan por presentar basidiomas inmaduros hipogeos o epigeos, rizomorfos blancos y gruesos; basidiomas maduros epigeos o parcialmente hipogeos; un receptáculo con la gleba mucilaginosa a gelatinosa, de verde oliva a marrón; y un olor fétido, lo que permite la dispersión de las esporas por parte de los insectos.

Phallaceae es una familia bien definida que comprende los hongos caracterizados por tener un estípite simple y hueco, y una masa de esporas sostenida por un receptáculo campanulado en el ápice del estípite o sobre el estípite mismo (Miller y Miller 1988).

El género *Phallus* pertenece al orden Phallales del filo Basidiomycota. Los estudios de este género inician con la descripción de la familia Phallaceae realizada por Corda (1842). A pesar de su amplia distribución, poco se sabe del género *Phallus* en Paraguay.

Phallus presenta basidiomas en los cuales la gleba se encuentra ubicada sobre un receptáculo en el ápice de un estípite hueco y esponjoso (Calonge, 1998). Vargas-Isla *et al.* (2013) refieren que las especies de este género de hongos son comestibles y medicinales, mientras que Salcedo (2019) las describe como hongos

humícolas, lo que indica que se alimentan de material leñoso descompuesto y viven en suelos ricos en materia orgánica, motivo de la asociación con algunas especies arbóreas, aunque no se descarta la posibilidad de su acción micorrízica.

Dentro de la diversidad presente en los suelos de bosques y espacios arbolados se pueden encontrar los phylum Ascomycota y Basidiomycota, los cuales predominan a escala mundial en los ecosistemas forestales gracias a las condiciones climáticas que permiten su crecimiento (Zhou *et al.* 2021).

El Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción es rico en diversidad biológica y micológica. En este sentido, la asociación de las especies forestales existentes en los espacios verdes del Campus y la frecuente aparición del género *Phallus* ha capturado la atención de los autores debido su importancia ecológica.

El presente artículo constituye una contribución al conocimiento de la asociación del género *Phallus* con especies forestales presentes en el Campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, localizada en San Lorenzo, Paraguay. Esta investigación tuvo como objetivo describir la asociación del género *Phallus* con las especies forestales del campus.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en el campus la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, localizada en la ciudad de San Lorenzo, Paraguay, durante los meses estivales de febrero y marzo del año 2023. Durante los días de la colecta de hongos, se registraron temperaturas medias de 22 a 27°C y precipitaciones medias entre 100 a 200 mm, según la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH 2023).

Se realizó un recorrido por diferentes puntos de las áreas verdes de la institución (Figura 1) con el propósito de identificar los ejemplares del hongo *Phallus* sp., mediante las claves taxonómicas de hongos propuesta por López *et al.* (2002). Asimismo, se efectuó un inventario forestal de las especies arbóreas presentes en la institución, considerando factores preliminares como DAP mínimo de 10 cm y, en el caso de los troncos muertos, un diámetro mínimo de 15 cm. Las identificaciones de las especies forestales fueron determinadas con base en el Manual de Familias y Géneros de Árboles del

Paraguay (Pérez de Molas 2016) y la escritura de los nombres científicos se corroboraron con la plataforma digital POWO.

Luego del inventario, se seleccionaron para el estudio solo aquellos individuos que se encontraban asociados al macrohongo *Phallus* sp. Dicha asociación fue determinada mediante la presencia de los cuerpos fructíferos (basidiocarpos), los cuales se encontraron creciendo sobre el suelo que cubrían las raíces de estos árboles.

Durante el periodo de investigación se identificaron ejemplares del macromiceto del género *Phallus* con el cuerpo de fructificación desarrollado (Figura 2), los cuales fueron colectados y analizados en laboratorio de Biología de la FCA.

Posterior a las localizaciones, se colectaron muestras de los basidiocarpos de 20 individuos, las cuales fueron almacenadas en bolsas herméticas y procesadas en el Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias, para su análisis morfológico macroscópico a

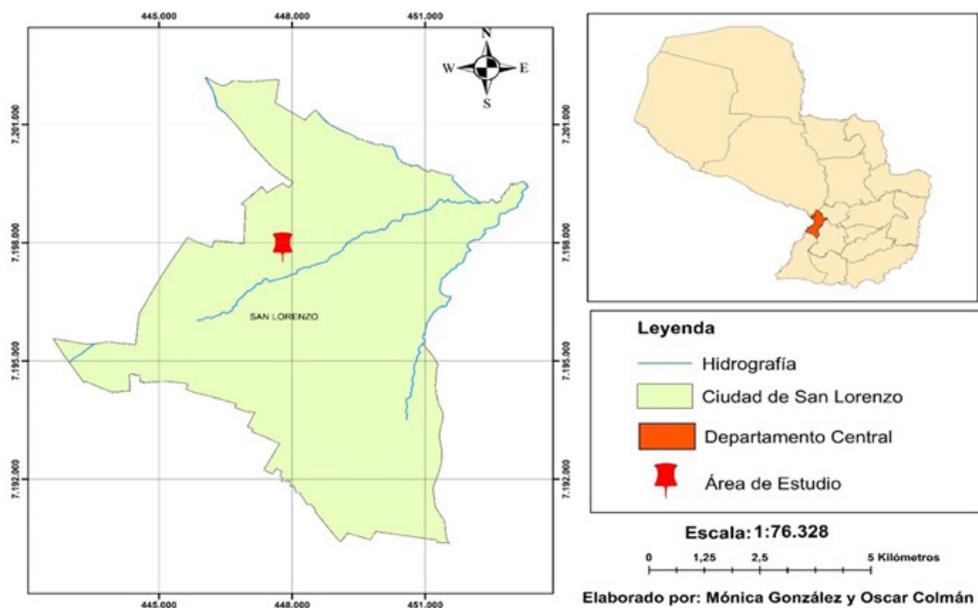


Figura 1. Ubicación del área de estudio en el campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay



Figura 2. Cuerpo de fructificación de *Phallus* sp.

través de un estereoscopio binocular EUROMEX ED-1402.

Para el análisis microscópico, se utilizó un microscopio binocular EUROMEX BioBlue 1000X y se realizaron cortes muy finos de la parte superior (sommbrero) del hongo. La siembra del macrohongo se realizó desinfectando el mismo con alcohol al 70% durante 3 minutos, seguido de un lavado en hipoclorito de sodio al 1% durante 1 minuto y un triple enjuague con agua destilada, para luego cultivarlo en papa-dextrosa-agar (PDA) agregando Oxitetraciclina a una dosis de 1 mL/L de medio de cultivo (Figura 3). Posterior a su crecimiento en el medio de cultivo, se realizó el cultivo puro del hongo para su conservación en tubos eppendorf y para efectuar observaciones microscópicas, tales como las basidiosporas, la textura del micelio y las formas de las hifas a través de la estructura esponjosa del hongo (Figura 3). Las tinciones fueron realizadas con Hidróxido de Potasio (KOH) y azul de lactofenol.

Resultados

Se registraron 19 familias botánicas, 43 géneros y 49 especies de árboles adultos y en regeneración, de las cuales 35 eran nativas y 14 exóticas, quedando en evidencia así la superioridad numérica de la ocurrencia de especies nativas en el Campus (71%), comparada con el bajo porcentaje de especies exóticas presentes (28%), el detalle se describe en el Cuadro 1.

Es importante mencionar que el campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción cuenta con una gran diversidad de especies forestales, tanto nativas como exóticas. Sin embargo, de las ocho especies asociadas al género *Phallus* encontradas, siete pertenecen a la flora nativa del Paraguay, y solo una especie se encuentra como introducida en el país (Figura 4).

Se identificaron a ocho especies diferentes de árboles con altura considerables, entre 15 a 25 metros. Estas especies son: *Balfourodendron riedelianum* (25 m), *Handroanthus heptaphyllus* (23 m), *H. impetiginosus* (20 m), *H. albus* (17 m), *Inga laurina* (15 m), *Peltophorum dubium* (20 m), *Andira inermis* (15 m) y *Tipuana tipu* (16 m). Todas ellas se agrupan en tres (3) familias diferentes (Bignoniaceae, Fabaceae, Rutaceae), como se observa en el Cuadro 2.

Con relación al individuo fúngico, aunque no se logró la identificación a nivel de especie

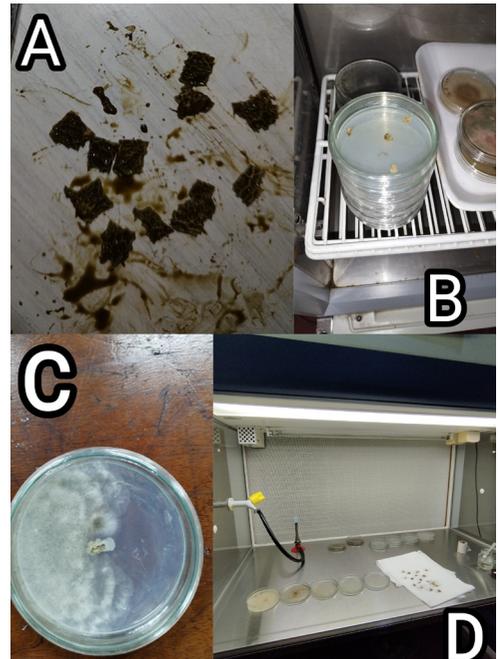


Figura 3. Muestras trabajadas de *Phallus* sp. (A) Cortes de la parte superior (sommbrero); (B, C) Cultivo del macrohongo en medio PDA; (D) Cultivo de *Phallus* sp. dentro de la cámara de flujo laminar.

Familia botánica	Nombre científico	Nombre común	Status
ALTINGIACEAE	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Liquidambar	Exótica
ANACARDIACEAE	<i>Myracrodruon balansae</i> (Engl.) Santin	Urunde'y	Nativa
ANACARDIACEAE	<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	Urunde'ymi	Nativa
ANNONACEAE	<i>Annona neosalicifolia</i> H. Rainer	Aratiku	Nativa
APOCYNACEAE	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schltld.	Quebracho blanco	Nativa
ARECACEAE	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito	Exótica
ARECACEAE	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O.F.Cook	Palmera real	Exótica
ARECACEAE	<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Mbokaja	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Lapacho negro	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Lapaho rosado	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	Lapacho amarillo	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacarandá	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia aurea</i> (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore	Paratodo	Nativa
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	Lapacho blanco	Nativa
BORAGINACEAE	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	Peterevy	Nativa
CALOPHYLLACEAE	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Arary	Nativa
COMBRETACEAE	<i>Terminalia catappa</i> L.	Sombrilla de playa	Exótica
FABACEAE	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Tipa	Exótica
FABACEAE	<i>Vachellia caven</i> (Molina) Seigler & Ebinger	Aromita	Nativa
FABACEAE	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C. Sm.	Trébol	Nativa
FABACEAE	<i>Samanea tubulosa</i> (Benth.) Barneby & J.W. Grimes	Manduvirá	Nativa
FABACEAE	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Kurupa'yra	Nativa
FABACEAE	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	Kurupa'y kuru	Nativa
FABACEAE	<i>Peltophorum dubium</i> (Vell.) Brenan	Yvyra pyta	Nativa
FABACEAE	<i>Libidibia paraguariensis</i> (D. Parodi) G.P. Lewis	Guayacán	Nativa
FABACEAE	<i>Millettia pinnata</i> (L.) Pierre	Pongamia	Exótica
FABACEAE	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá	Nativa

Cuadro 1. Composición florística de especies forestales en el área de estudio.

Familia botánica	Nombre científico	Nombre común	Status
FABACEAE	<i>Laburnum anagyroides</i> Medik.	Lluvia de oro	Exótica
FABACEAE	<i>Cenostigma pluviosum</i> (DC.) E. Gagnon & G.P. Lewis	Sibipiruna	Nativa
FABACEAE	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	Andira	Nativa
FABACEAE	<i>Acacia mangium</i> Willd.	Acacia	Exótica
FABACEAE	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	Yvyraró	Nativa
FABACEAE	<i>Neltuma hassleri</i> (Harms) C.E. Hughes & G.P. Lewis	Algarrobo paraguayo	Nativa
LAURACEAE	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Exótica
MELIACEAE	<i>Toona</i> sp.	Toona	Exótica
MELIACEAE	<i>Melia azedarach</i> L.	Paraiso	Exótica
MELIACEAE	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Cedro	Nativa
MORACEAE	<i>Ficus enormis</i> (Miq.) Miq.	Guapo'y	Nativa
MYRTACEAE	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto	Exótica
MYRTACEAE	<i>Eugenia myrcianthes</i> Nied.	Yva hai	Nativa
MYRTACEAE	<i>Plinia cauliflora</i> (Mart.) Kausel	Yvapura	Nativa
MYRTACEAE	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	Nativa
PAULOWNIACEAE	<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.	Kiri	Exótica
POLYGONACEAE	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Villetana	Nativa
RUTACEAE	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Guatambú	Nativa
RUTACEAE	<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	Limón	Exótica
RUTACEAE	<i>Citrus × aurantium</i> L.	Apepú	Nativa
SAPOTACEAE	<i>Labatia gardneriana</i> (A. DC.) Alves-Araújo	Aguai guasu	Nativa
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Amba'y	Nativa

Cuadro 1 (continuación). Composición florística de especies forestales en el área de estudio.

por la compleja diversidad morfológica del macrohongo y por la falta de equipamientos para estudios filogenéticos, si se pudo determinar el género gracias a literaturas citadas anteriormente. Con respecto a la caracterización macroscópica del basidiocarpo, esta presenta una altura de 20 cm en promedio en todos los ejemplares medidos (20). El estípite es blanco y esponjoso de aproximadamente 15 cm × 3 cm.

El sombrero, o parte superior del individuo por donde se distribuye la gleba, mide aproximadamente 4 cm × 4 cm, tiene una coloración verde musgo y un olor putrefacto. El tamaño del indusio de los individuos recolectados era aproximadamente de 10 a 11 cm, cubriendo casi todo el estípite, y tiene una coloración amarilla en todos los casos. El huevo presenta una coloración blanquecina a rosada; los re-

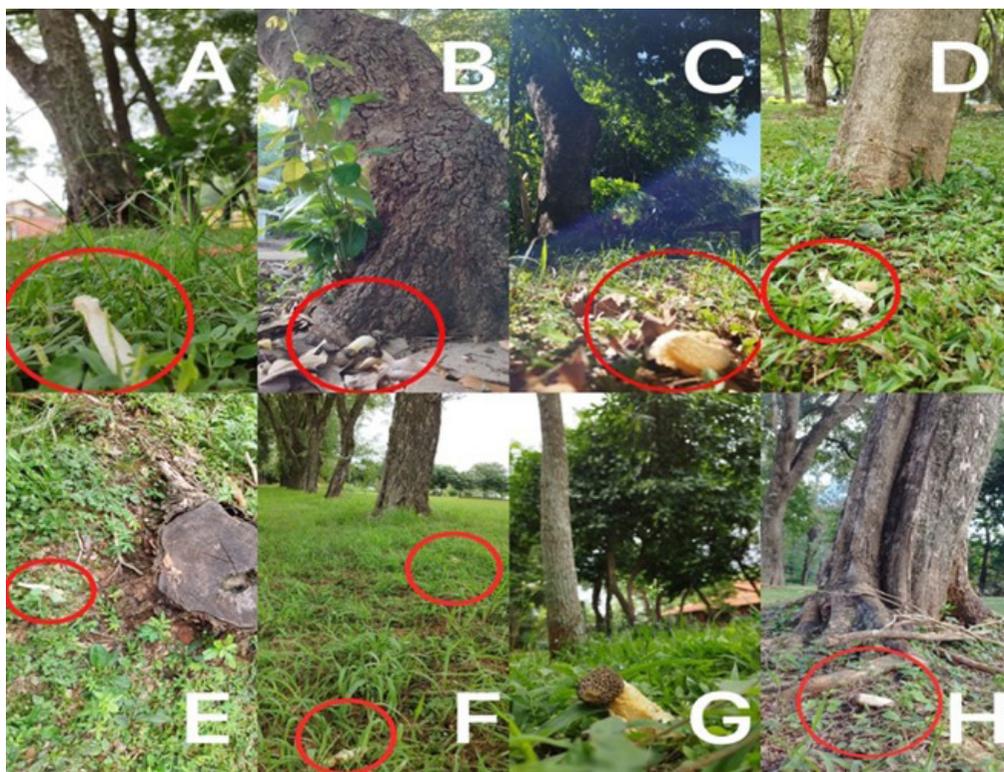


Figura 4. Representación de las especies nativas y exóticas con asociación de *Phallus* sp. dentro de la FCA-UNA. (A) *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.; (B) *Inga laurina* (Sw.) Willd.; (C) *Andira inermis* (W. Wright) DC.; (D) *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl.; (E) tronco en descomposición de *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos; (F) *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze; (G) *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos; (H) *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos.

colectados midieron entre 4 y 5 cm de ancho y presentaron una única estructura miceliar anclada a la base (Figura 5).

En relación a la morfología microscópica se presentan micelios de coloración blanquecina, algodonosa, con hifas hialinas, tabicadas, sin presencia de fibulas. Las basidiosporas son de tamaño muy diminuto, sin coloraciones (hialinas) de forma ovoide a cilíndricas y abundantes con presencia de hifas pseudostipe (Figura 6).

Discusión

El género *Phallus*, comúnmente denominado como velo de novia, es un macrohongo poco estudiado en Paraguay. Las investigaciones sobre este hongo son escasas y limitadas

(Campi *et al.* 2018), lo que ha motivado el interés en su estudio.

Este trabajo se centra en una asociación general entre las especies forestales del campus de la FCA-UNA y el género fúngico *Phallus*, teniendo en cuenta la distribución de las especies según la Guía de Arborización Urbana para el Área Metropolitana de Asunción (MADES *et al.* 2019).

Existen registros antiguos de este espécimen en otros países, en este contexto, Sáenz y Nassar (1981) lo describen en su artículo “Hongos de Costa Rica” como *Dictyophora* sp., indicando que la variedad en tamaño, distribución y coloración dificultan la identificación taxonómica a nivel de especie. Además, estos autores aclar-

Familia botánica	Nombre científico	Nombre común	Origen	Localización
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Lapacho negro, Tajy hu	Nativa	FCA-UNA
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Lapacho rosado	Nativa	FCA-UNA
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus albus</i> (Cham.) Mattos	Lapacho amarillo, Tajy sa'yju	Nativa	FCA-UNA
FABACEAE	<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Ingá	Nativa	FCA-UNA
FABACEAE	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Ibirapitá, Yvyra pyta	Nativa	FCA-UNA
FABACEAE	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Tipu	Exótica	FCA-UNA
FABACEAE	<i>Andira inermis</i> (W. Wright) DC.	Andira	Nativa	FCA-UNA
RUTACEAE	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	Guatambú	Nativa	FCA-UNA

Cuadro 2. Especies forestales asociadas a *Phallus* sp.

an las características morfológicas de este macroorganismo, tales como la presencia de una volva que va desde un color rosado a blanco, un estípote blanco y esponjoso, un cuerpo de fructificación que puede alcanzar una altura máxima de 26,5 cm, con un sombrero cónico que se caracteriza por la presencia de una sustancia color verde musgo llamada gleba, por el cual se produce la dispersión de esporas.

No se descarta la posibilidad de que este hongo sea de uso comestible, aunque existieron etnias indígenas que afirmaban consumir solo aquellos cuerpos fructíferos que crecían sobre troncos o materiales descompuestos y no directamente del suelo, como en el caso de *Phallus indusiatus* (Sanuma *et al.* 2016). Otros estudios evidencian sus propiedades tanto nutricionales como medicinales, destacando la química, la farmacología y las aplicaciones terapéuticas de la especie *Phallus indusiatus*. Este hongo saprófito vive en suelos ricos en materiales descompuestos, por lo que su presencia puede ser un bioindicador importante para la descripción del suelo de un área determinada (Habtemariam 2019).

Las investigaciones de Salcedo (2019) ubican a este género dentro del grupo de hongos con estrategias tróficas humícolas, es decir, que viven sobre restos vegetales en descomposición (humus). A este grupo pertenecen la mayoría de los hongos saprófitos (Sánchez *et al.* 2008). Por otra parte, Padilla *et al.* (2016) lo describen como medicinal y lo agrupan como hongos terrícolas, que viven sobre tierra sin vegetación y sin humus, propios de bordes de caminos o taludes (Sánchez *et al.* 2008), mientras que Ruan *et al.* (2021), sostienen que estos basidiomicetos son del grupo terrícola y de uso lúdico. En este contexto, el velo de novia (*Phallus indusiatus*) es un hongo común de los bosques tropicales de Asia, las Américas y África, regiones con suelos ricos en materia orgánica (FAO 2011). Estas afirmaciones coinciden con los resultados presentados en esta investigación, considerando que se encontró *Phallus* sp. en suelos ricos en materia orgánica constituida por restos de biomasa y necromasa de especies forestales del campus.

Por su parte, Guzmán y Saucedo (1973), refieren que *Phallus impudicus* es un macrohongo

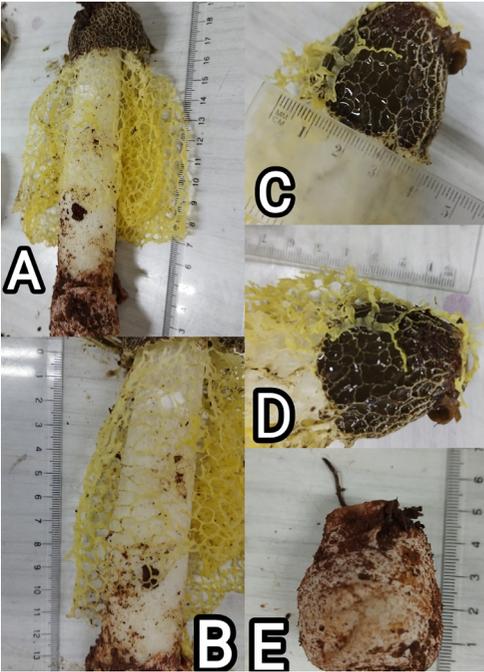


Figura 5. Características físicas del cuerpo de fructificación. (A) Altura promedio del basidiocarpo en cm; (B) longitud del indusio en cm; (C) ancho del sombrero en cm; (D) altura del sombrero en cm; tamaño del huevo en cm, cordón micelial único.

de zonas tropicales y subtropicales, con una amplia distribución en praderas y jardines de diversas zonas ecológicas, habitando en suelos humícolas o fimícolas. Espinoza (2023) menciona que *Phallus* sp. se encuentra en el suelo, solitario sobre hojarasca influenciado por bosque primario. Estas afirmaciones son compartidas por Batista (2023), quien sostiene que *Phallus* sp. presenta hábito humícola, principalmente en los bosques nativos con mayor riqueza de especies, dado que este ambiente es más heterogéneo y presenta una mayor diversidad de microhábitats, con una gran capa de hojarasca y humus sobre los suelos, y numerosos troncos o ramas en descomposición. Es por esto que la mayoría de los hongos presentes en este sector son de hábito humícola o xilófago, creciendo en el suelo, sobre la hojarasca o bien sobre madera en descomposición. Lo expuesto coincide con los resultados obtenidos en el

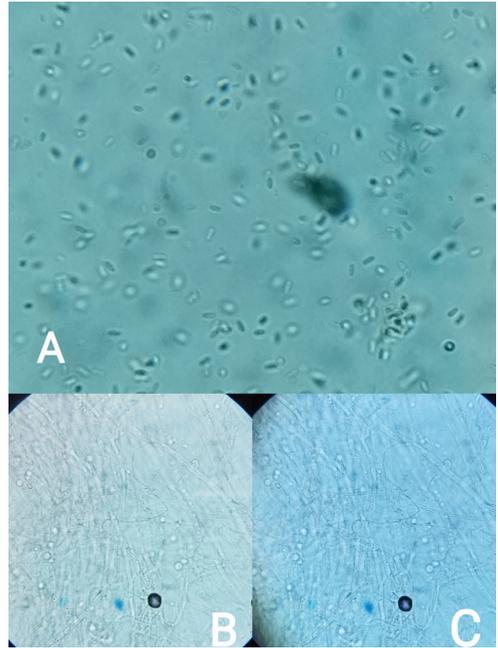


Figura 6. Características microscópicas de *Phallus* sp. (A) Basidiosporas hialinas de forma ovoide a cilíndrica; (B y C) hifas hialinas, tabicadas, sin presencia de fíbulas. Aumento 40x.

presente estudio considerando la diversidad de especies forestales autóctonas presentes en el campus.

Otros autores como Valenzuela *et al.* (2004) y Saldívar (2018) sostienen que estos macrohongos son humícolas y utilizan la madera como sustrato principal. Además, confirman su uso comestible, aunque algunos autores, como Martínez de Aragón *et al.* (2012), discuten esta última afirmación negando su comestibilidad.

En China, el velo de novia es conocido por su amplio uso medicinal, incluyendo propiedades antiinflamatorias y neurales de los polisacáridos obtenidos de este hongo. Se han demostrado *in vitro* actividades antioxidantes en una especie de nematodo, sugiriendo posibles efectos *in vivo* (Zhang *et al.* 2016).

En un estudio reciente sobre *Phallus indusiatus* realizado por Santana *et al.* (2019), se menciona que este hongo es conocido con dos nombres diferentes por las comunidades

indígenas adyacentes, lo que sugiere un conocimiento ancestral de su existencia.

Un año después, los estudios de Cabral *et al.* (2019) muestran la diversidad de especies del género *Phallus* y las posibles confusiones que pueden presentarse debido a las mínimas diferencias entre algunas especies. La plasticidad en las características macroscópicas puede llevar a errores en la identificación a nivel de especie (Kreisel 1996).

El género está clasificado en el grupo de los hongos gasteroides, los cuales comparten morfologías en común. Estos hongos se caracterizan por desarrollar un basidiocarpo donde las esporas, disueltas en la gleba o himenio, quedan encerradas por una capa externa (peridio) hasta alcanzar la madurez, momento en que son liberadas a través de una abertura en el peridio para su dispersión de las basidiosporas. En el caso de *Phallus*, la gleba se caracteriza por su olor putrefacto, atrayendo insectos, principalmente moscas, que actúan como dispersores (Salinas y Gómez 2017). Cuando jóvenes, son de forma ovoide con un tono levemente rosado, midiendo aproximadamente de 6,5–7 × 6,5–7,5 cm, y están adheridos al suelo mediante un grueso cordón miceliar en la base del huevo (Martín y Tabarés 1994), descripción que coincide con el trabajo de Padilla *et al.* (2016).

Respecto a los aspectos ecológicos del género *Phallus*, Jiménez-Nieva *et al.* (2022) afirman que *Phallus impudicus* aparece en zonas boscosas o matorrales eutrofizados, actuando como descomponedor. Aprovecha su olor a cadáver para atraer insectos, que se concentran en grandes grupos sobre sus carpóforos maduros para alimentarse; cuando se retiran transportan a otros lugares las esporas que quedan adheridas a su cuerpo o que fueron ingeridas, ya que resisten el paso a través de su sistema digestivo. Esta relación mutualista entre hongo e insectos beneficia a ambas especies, siendo común observar grandes concentraciones de dípteros (incluyendo Muscidae y Sciaridae), himenópteros de la familia Vespidae e isópodos de la familia Oniscidae asociados a este hongo.

Peay *et al.* (2016) afirman que el clima, el medio ambiente y la dispersión juegan papeles importantes en la configuración de las comunidades de hongos, como se aprecia en la distribución de *P. indusiatus* s.l. En este sentido, los hongos faloides han desarrollado un peculiar mecanismo de dispersión de esporas que depende principalmente de los insectos como vectores.

Pham *et al.* (2012) han estudiado los organismos del reino Fungi a lo largo de la historia universal, evidenciado que cientos de ellos interactúan con el Reino Plantae. Esta investigación asocia al *Phallus* con especies forestales presentes en el ecosistema forestal del campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

La composición florística del campus alberga una gran diversidad de especies registradas y estudiadas por diferentes autores. Díaz-Lezcano *et al.* (2022a) describen los servicios ecosistémicos del bosque de galería del arroyo San Lorenzo, un área de estudio donde la composición florística es una variable relevante. Esta composición florística coincide con las referencias mencionadas por Pérez de Molas (2016) y MADES *et al.* (2019).

Airaldi *et al.* (2018) en una investigación realizada sobre la diversidad de quirópteros en el mismo lugar, mencionan la presencia de especies forestales, destacando *Inga* sp. y *Peltophorum dubium* que también se encuentran asociadas al *Phallus*, como lo han documentado Gómez (2013), Benítez (2018) y Aguirre (2017) en sus estudios del bosque de galería del arroyo San Lorenzo.

Las especies nativas y exóticas fueron clasificadas como tales con base a Díaz-Lezcano (2022b). Por la larga lista de especies forestales (49) adyacentes a las encontradas asociadas a *Phallus*, nace la curiosidad de investigar por qué este hongo se encuentra específicamente con algunas de ellas. Abrego y Salcedo (2013) mencionan que, aunque todos los hongos lignícolas o saprófitos son dependientes de una fuente de madera descompuesta, no todos comparten la misma estrategia trófica. La variedad de restos

leñosos, en cuanto a especie, tamaño o grado de descomposición, es el factor más influyente para la diversidad de hongos que puedan habitar el organismo descompuesto, similar al impacto manejo forestal en la variedad de restos leñosos. Además, se ha constatado que cada tipo de residuo leñoso alberga un microbiota especialista (Hottola *et al.* 2009).

Conclusiones

Se ha caracterizado la asociación del macrohongo *Phallus* sp. con ocho especies forestales del campus de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción. Se han registrado especies forestales asociadas al género *Phallus*, siete de ellas nativas y una exótica, pertenecientes a tres familias (Fabaceae, Rutaceae y Bignoniaceae), siendo esta última con una frecuencia dominante ante las demás. Los resultados obtenidos en este estudio podrían servir como una base para futuros estudios ecológicos y taxonómicos sobre el género *Phallus* en el campus. La asociación planta-hongo se infiere por la proximidad y frecuencia entre los mismos.

Agradecimientos

Los autores agradecen las contribuciones de Mónica González y Oscar Colman, así como la de Luján Gamarra por la edición de fotos. Al apoyo de la Profesora. Ing. Agr. Lidia Pérez de Molas en la identificación de especies forestales. A la Facultad de Ciencias Agrarias por brindarnos las herramientas necesarias.

Contribución de los autores

RP: Conceptualización, metodología, análisis formal, investigación, recursos, curación de datos, redacción — preparación del borrador original, redacción — revisión y edición, visualización, administración de proyecto y adquisición de financiamiento para la investigación. MIDL: Conceptualización, análisis formal, investigación, recursos, redacción — revisión y edición, visualización, supervisión y adquisición de financiamiento para la investi-

gación. EIMR: metodología, investigación y recursos. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores no incurren en conflictos de intereses.

Fuentes de financiamiento

Esta investigación no recibió ninguna subvención específica de ninguna agencia de financiación, sector gubernamental ni comercial o sin fines de lucro.

Aspectos éticos / legales

Los autores declaran no haber incurrido en aspectos antiéticos ni haber omitido normas legales.

ID ORCID

Rubén Pérez

<https://orcid.org/0009-0004-1213-1179>

Maura I Díaz Lezcano

<https://orcid.org/0000-0003-4629-8255>

Esteban I. Moreira-Rivas

<https://orcid.org/0000-0001-5136-2974>

Referencias

- Abrego, N; Salcedo, I. 2013. Variety of woody debris as the factor influencing wood-inhabiting fungal richness and assemblages: Is it a question of quantity or quality? *Forest Ecology and Management* 291: 377-385. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.11.025>.
- Aguirre, P. 2017. Estimación de carbono almacenado en el bosque de galería del campus de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo. Tesis Ing. Amb. San Lorenzo, Paraguay, Universidad Nacional de Asunción. 70 p.
- Airaldi, K; Torres, M; Barreto, M; Weiler, A; González de Weston, G; Zárate, G; Stevens,

- R. 2018. Quirópteros del campus de la Universidad Nacional de Asunción-Paraguay. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural del Paraguay 22(1):45-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.26885/rcei.foro.2017.15>.
- Batista, AJ. 2023. Comunidades de macrohongos en las distintas áreas de la Reserva Natural "Paraje Tres Cerros" (La Cruz, Corrientes) (en línea). In Biodiversidad de Ascomycetes liquenizados, Basidiomycetes y briofitas del norte argentino y regiones limítrofes (XXVIII Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina). Corrientes, Argentina. RI-UNNE. Consultado 7 jun. 2024. Disponible en <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/53351>.
- Benítez, I. 2018. Dinámica del contenido de carbono en el bosque de galería del campus de la Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo. Tesis Ing. For. San Lorenzo, Paraguay, Universidad Nacional de Asunción. 80 p.
- Cabral, TS; Silva, BD; Martín, MP; Clement, CR; Hosaka, K; Baseia, IG. 2019. Behind the veil—exploring the diversity in *Phallus indusiatus* sl (Phallomycetidae, Basidiomycota). MycoKeys, 58: 103-127. DOI: <https://doi.org/10.3897/mycokeys.58.35324>.
- Calonge, FD. 1998. Flora Micológica Ibérica: Gasteromycetes I; Lycoperdales; Nidulariales; Phallales; Sclerodermatales; Tulostomatales (en línea). Madrid, España, Real Jardín Botánico de Madrid, Cramer 3:1-271.
- Campi, M; Maubet, Y; Trierveiler Pereira, L; Moreno, G. 2018. Contribución a la microbiota gasteroide de Paraguay: nuevas citas. Sociedad Micológica de Madrid. Boletín 42:115-124.
- Corda, ACJ. 1842. Icones fungorum hucusque cognitorum Vol. 2. JG Calve. Consultado 16 nov. 2023. Disponible en <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/11085-redirect>.
- Díaz-Lezcano, MI; Rodríguez, MD; Moreno Resquín, H; Britos, CA. 2022a. Servicio ecosistémico de regulación de un bosque de galería del arroyo San Lorenzo, Paraguay (en línea). Agronomía Costarricense 46 (1):135-146. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v46i1.49874>.
- Díaz-Lezcano, MI; Gamarra-Lezcano, CC; Lezcano-Acosta, M. 2022b. Especies forestales ornamentales en Paraguay. In Facciuto, G; Pérez de la Torre, M. (eds.), Plantas nativas ornamentales de Latinoamérica. Buenos Aires, Argentina, INTA. p. 29-40.
- DMH (Dirección de Meteorología e Hidrología). 2023. Boletín agrometeorológico mensual (en línea). San Lorenzo, Paraguay. 14 p. Consultado 20 ago. 2023. Disponible en https://meteorologia.gov.py/wp-content/uploads/2023/03/Boletin_Agro_actualizado_feb.pdf.
- Espinoza, M. 2023. Hongos Macroscópicos de la clase Basidiomycetes en el Centro de Investigación Allpahuayo, Loreto, Perú (en línea). Consultado 5 jun. 2024. Disponible en https://www.academia.edu/download/32834000/informe_hongos.pdf.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2011. Año Internacional de los Bosques 2011. Celebrad los bosques todos los días. Unasylva (FAO), 62(237). Consultado 1 jun. 2024. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/013/i2015s/i2015s00.htm>.
- Gómez, H. 2013. Estimación del almacenamiento de carbono en el estrato arbóreo del bosque de galería en el campus de San Lorenzo de la Universidad Nacional de Asunción. Tesis Ing. For. San Lorenzo, Paraguay, Universidad Nacional de Asunción. 45 p.
- Guzmán, G; Saucedo, DG. 1973. Macromycetes of the State of Jalisco, I. General considerations and distribution of the known species. Scientia Fungorum 2(7): 129-143. DOI: <https://doi.org/10.33885/sf.1973.2.423>.
- Habtemariam, S. 2019. The chemistry, pharmacology and therapeutic potential of the edible mushroom *Dictyophora indusiata* (Vent ex. Pers.) Fischer (Synn. *Phallus indusiatus*). Biomedicines 7(4): 98. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines7040098>.
- Hottola, J; Ovaskainen, O; Hanski, I. 2009. A unified measure of the number, volume and di-

- versity of dead trees and the response of fungal communities. *Journal of Ecology* 97(6):1320-1328. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2009.01583.x>.
- Jiménez Nieva, FJ; Sánchez González, F; Caetano Sánchez, C. 2022. Hongos. Ecología y biodiversidad en ecosistemas litorales de Huelva. In Torronteras, R. (ed.). *Biología de Huelva: naturaleza, biodiversidad, bioindicadores y biomarcadores*. España, Universidad de Huelva. p. 145-186. Consultado 13 ago. 2023. Disponible en <http://hdl.handle.net/10272/21313>.
- Kreisel, H. 1996. A preliminary survey of the genus *Phallus* sensu lato. *Czech Mycology* 48(4):273-281. Disponible en <http://www.czechmycology.org/cm/CM48407.pdf>.
- López, JA; Little, EL; Ritz, GF; Rombold, JS; Hahn, WJ. 2002. Árboles comunes del Paraguay: Ñande yvyra mata kuera. 2 ed (en línea). Asunción, Paraguay, Cuerpo de Paz; Colección e Intercambio de Información. 458 p. Consultado 25 oct. 2023. Disponible en <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1018159>.
- MADES (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, Paraguay); PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Paraguay); FMAM (Fondo Mundial para el Medio Ambiente, Paraguay). 2019. Guía de Arborización Urbana para el Área Metropolitana de Asunción. Proyecto "Asunción Ciudad Verde de las Américas-Vías a la Sustentabilidad" (en línea). Asunción, Paraguay. 114 p. Consultado 16 mar. 2023. Disponible en <https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2019/10/Gu%C3%ADa-de-Arborizaci%C3%B3n-Versi%C3%B3n-digital-1.pdf>.
- Martín, MP; Tabarés, M. 1994. Notas sobre Gasteromycetes II: *Phallus duplicatus* Bosc. *Revista Catalana de Micología* 37(37):16-98. Consultado 14 abr. 2023. Disponible en <https://digital.csic.es/handle/10261/45605>
- Martínez de Aragón, J; Oliach, D; Henriques, R; Fortuny, M; Girbal, J; Bonet, J. 2012. Manual para la gestión del recurso micológico forestal en Cataluña (en línea). Cataluña, España, Ediciones CTFC. 112 p. Consultado 8 ago. 2023. Disponible en <https://agricultura.gencat.cat/web/.content/06-medi-natural/boscos/gestio-forestal/productes-bosc/bolets/manual-gestio-recurs-micologic-forestal-catalunya.pdf>.
- Melanda, GC; Silva Filho, AG; Lenz, AR; Menolli Jr, N; Lima, ADA; Ferreira, RJ; Baseia, IG. 2021. An Overview of 24 Years of Molecular Phylogenetic Studies in Phallales (Basidiomycota) With Notes on Systematics, Geographic Distribution, Lifestyle, and Edibility. *Frontiers in Microbiology* 12:689374. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.689374>.
- Miller, OK; Miller, HH. 1988. *Gasteromycetes: Morphological & Developmental Features*. Mad River Press. 157 p.
- Padilla, E; Zarco, G; Guzmán, L; Cuevas, R. 2016. Primera contribución al conocimiento de macromicetes de la vertiente norte del cerro El Cívil, en la costa sur de Jalisco. *Acta botánica mexicana* 114:137-167. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm114.2016.1105>.
- Peay, KG; Kennedy, PG; Talbot, JM. 2016. Dimensions of biodiversity in the Earth mycobiome. *Nature Reviews Microbiology* 14(7):434-447. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro.2016.59>.
- Pérez de Molas, L. 2016. Manual de Familias y Géneros de árboles del Paraguay. San Lorenzo, Paraguay, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 228 p.
- Pham, NDH; Suzuki, A; Yamada, A; Shimizu, K; Noda, K; Dang, LAT. 2012. A sheathing mycorrhiza between the tropical bolete *Phlebopus spongiosus* and *Citrus maxima*. *Mycoscience* 53(5):347-353. DOI: <https://doi.org/10.1007/S10267-011-0177-5>.
- Ruan Soto, F; Cifuentes, J; Pérez Ramírez, L; Ordaz Velázquez, M; Caballero, J. 2021. Hongos macroscópicos de interés cultural en los Altos de Chiapas y la selva Lacandona, México. *Revista mexicana de biodiversidad* 92:2007-8706. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3525>.

- Sáenz, JA; Nassar, M. 1981. Hongos de Costa Rica: Familias Phallaceae y Oathraceae. *Revista de Biología Tropical* 30(1):41-52. Consultado 14 abr. 2023. Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/25335>.
- Salcedo, I. 2019. Diversidad taxonómica y funcional de los hongos. *In* Artikutza. Naturaleza e historia. Ayuntamiento de San Sebastián, Donostiako Udala. San Sebastián, España. p. 151-175. Consultado 16 abr. 2023. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/346530019_Viii_Diversidad_taxonomica_y_funcional_de_los_hongos.
- Saldívar, I. 2018. Hongos del Caribe nicaragüense: resumen de especies de dos estudios hechos en la Reserva Biológica Indio Maíz. *Revista Wani* 73:44-54. DOI: <https://doi.org/10.5377/wani.v0i73.7452>.
- Salinas, M; Gómez, VM. 2017. Los estómagos del bosque: hongos gasteroides. *Saber Más, Revista de Divulgación de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*. 12(71):299-542. Consultado 20 abr. 2023. Disponible en <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/299-numero-35/542-los-estomagos-del-bosque-hongos-gasteroides.html>.
- Sánchez, JA; Rubio, E; Rojo, D. 2008. Manual de difusión de buenas prácticas para el desarrollo de una actividad micológica sostenible. León, España, Adesper. 256 p. Consultado 28 nov. 2023. Disponible en <http://www.adesper.com/projects/biodiversidadfungica/14.documentacion.php>.
- Santana, MDF; Costa, ADL; Gomes, ESC; Guimarães, LES. 2019. Ocurrencia y apuntes etnomicológicos sobre *Phallus indusiatus* (Phallaceae, Basidiomycota) en la Reserva Extrativista Tapajós-Arapiuns, Pará, Brasil. *Acta Botánica Mexicana* 126: e1436. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1436>.
- Sanuma, O; Tokimoto, C; Sanuma, J; Autuori, LR; Sanuma, M; Sanuma, MS; Maertins, N; Menolli Jr., NK; Ishikawa, M; Apiammö, R. 2016. Cogumelos: Enciclopédia dos alimentos Yanomami (Sanöma). Asociación Hutukara Yanomami e Instituto Socioambiental. São Paulo, Brasil, INPA. 110 p. Consultado 22 abr. 2023. Disponible en <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/36183>.
- Valenzuela, VH; Herrera, T; Pérez Silva, E. 2004. Contribución al conocimiento de los macromicetos de la "Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel". *DF, México. Scientia Fungorum* 18:61-68. Consultado 22 abr. 2023. Disponible en <http://www.scientiafungorum.org.mx/index.php/micologia/article/download/915/1095>.
- Vargas-Isla, R; Ishikawa NK; Py-Daniel, V. 2013. Contribuições Etnomicológicas dos Povos Indígenas da Amazônia. *Biota Amazônia* 3(1): 58-65. DOI: <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v3n1p58-65>.
- Zhang, J; Shib, R; Lib, H; Xiang, Y; Xiaio, L; Huc, M; Mac, F; Wah Ma, C; Huang, Z. 2016. Antioxidant and neuroprotective effects of *Dictyophora indusiata* polysaccharide in *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Ethnopharmacology*. 192:413-422. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.09.031>.
- Zhou, Y; Jia, X; Han, L; Tian, G; Kang, S; Zhao, Y. 2021. Spatial characteristics of the dominant fungi and their driving factors in forest soils in the Qinling Mountains, China. *Catena* 206: 105504. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105504>.