



Dos nuevas especies coprófilas del género *Iodophanus* (Pezizaceae, Ascomycota) de México

Two new coprophilous species of *Iodophanus* (Pezizaceae, Ascomycota) from Mexico

Michelle Martínez-Pineda¹ , Pedro M. Alvarez-Cortés¹ , Martín Esqueda² , Ricardo Valenzuela¹ , Tania Raymundo^{1,3} 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: *Iodophanus* es un género de hongos coprófilos caracterizado por presentar apotecios de diferentes colores con carotenoides. Se ha observado en excretas de burro, caballo, liebre, pavo y vaca, así como en paja. Se conocen 15 especies, tres de ellas reportadas para México. El objetivo del presente estudio es proponer dos especies de *Iodophanus* como nuevas para la ciencia, con base en caracteres morfológicos e histoquímicos.

Métodos: Para inducir la formación de los ascomas que se caracterizaron (apotecios, excípulos, paráfisis, ascas y ascosporas), de acuerdo con las técnicas usuales en micología, las excretas de vaca y liebre previamente obtenidas de bosque mesófilo de montaña de Puebla y del desierto sonorense, respectivamente, se colocaron en cámaras húmedas. La humedad en las cámaras fue de 70%, con luz abundante, sin exposición directa al sol. Para demostrar la presencia de metabolitos primarios y secundarios en los ascomas frescos, se hicieron diversas pruebas histoquímicas como azul de bromofenol y reactivo de Dragendorff, entre otras.

Resultados clave: *Iodophanus angelensis* e *I. pinacatensis* se describen como especies nuevas para la ciencia. La primera se caracteriza por formar apotecios blancos, 900-1800 µm de diámetro, ascas de 360-400 × 35-45 µm, con ascosporas de 27-31 × 17-20 µm en excretas de vaca. La segunda produce apotecios anaranjados de 500-1000 µm de diámetro, ascas de 150-210 × 25-30 µm, con ascosporas de (23)25-28 × 14-16 µm en excretas de liebre. Ambas especies producen carotenos y diterpenoides en paráfisis. Los péptidos se forman solo en las paráfisis de *I. angelensis*, mientras que en *I. pinacatensis* en el excípulo ectal y ascas inmaduras.

Conclusiones: El conocimiento de *Iodophanus* ascendió a cinco especies en México, lo que representa 29% de las especies descritas a nivel global. Debido a sus ascomas poco conspicuos, que se forman durante la sucesión ecológica de hongos fimícolas, el género podría ser más diverso. Sus metabolitos pueden ser aprovechados en futuras aplicaciones biotecnológicas.

Palabras claves: carotenoides, fimícola, Pezizales, Puebla, Sonora.

Abstract:

Background and Aims: *Iodophanus* is a genus of coprophilous fungi characterized by forming apothecia of various colors that contain carotenoids. It has been observed in donkey, horse, hare, turkey, and cow manure, as well as in straw. Fifteen species are known, of which three are reported from Mexico. This study aims to propose two species of *Iodophanus* as new to science, based on their morphological and histochemical characters.

Methods: To induce the formation of ascomata, which were then characterized (apothecia, exciples, paraphyses, asci, and ascospores), using traditional mycological techniques, samples of cow and hare excreta, previously obtained from the tropical mountain cloud forest of Puebla and the Sonoran Desert, respectively, were placed in humid chambers. The humidity in the chambers was 70%, under abundant light, without exposure to sunlight. To demonstrate the presence of primary and secondary metabolites in fresh ascomata, various histochemical tests were performed, including bromophenol blue and Dragendorff reagent, among others.

Key results: *Iodophanus angelensis* and *I. pinacatensis* are described as new species. The former is characterized by forming white apothecia, 900-1800 µm diameter, asci of 360-400 × 35-45 µm, with ascospores of 27-31 × 17-20 µm in cow manure. The second produces orange apothecia, 500-1000 µm diameter, asci of 150-210 × 25-30 µm, with ascospores of (23)25-28 × 14-16 µm in hare droppings. Both species produce carotenoids and diterpenoids in paraphyses. The peptides are formed only in the paraphyses of *I. angelensis*, while in *I. pinacatensis* in the ectal excipulum and immature asci.

Conclusions: The number of known *Iodophanus* species in Mexico increased to five, representing 29% of the total described worldwide. Due to its inconspicuous ascomata, which form during an ecological succession of fimicolous fungi, it could be more diverse. Its metabolites can be used in future biotechnological applications.

Key words: carotenoids, fimicolous, Pezizales, Puebla, Sonora.

¹Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Botánica, Laboratorio de micología, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala, Santo Tomás, 11340 Alcaldía Miguel Hidalgo, Cd. Mx., México.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Laboratorio de biotecnología de hongos y micropropagación, Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas 46, La Victoria, 83304 Hermosillo, Sonora, México.

³Autora para la correspondencia: traymundoo@ipn.mx

Recibido: 24 de julio de 2025.

Revisado: 24 de noviembre de 2025.

Aceptado por Marie-Stéphanie Samain: 2 de marzo de 2026.

Publicado Primero en línea: 11 de marzo de 2026.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 133(2026).



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

Citar como: Martínez-Pineda, M., P. M. Alvarez Cortés, M. Esqueda, R. Valenzuela y T. Raymundo. 2026. Dos nuevas especies coprófilas del género *Iodophanus* (Pezizaceae, Ascomycota) de México. Acta Botanica Mexicana 133: e 2497. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm133.2026.2497>

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

El género *Iodophanus* fue establecido por R.P. Korf para separarlo de *Ascophanus* Boud. (Kimbrough y Korf, 1967). Perteneció a la familia Pezizaceae, orden Pezizales, clase Pezizomycetes del Phylum Ascomycota. Se caracteriza por desarrollar apotecios hialinos a anaranjados, sésiles, pulverinos; paráfisis con gránulos hialinos a anaranjados en el ápice; ascas amiloides con ascosporas ovoides a ovado-oblongas, hialinas a ligeramente amarillentas y hábito coprófilo. De las 15 especies conocidas a nivel mundial, tres se han registrado en México: la especie tipo *Iodophanus helotinus* Cain proveniente de Sinaloa (Kimbrough et al., 1969), *I. testaceus* (Moug.) Korf de Morelos (Guzmán, 1972) e *I. carneus* (Pers.) Korf de la Ciudad de México (Aguirre-Acosta y Ulloa, 1982), las tres observadas en estiércol de vaca.

Las características taxonómicas micromorfológicas se pueden enriquecer con pruebas cualitativas que revelan la naturaleza química de los pseudotejidos de los hongos (Tanaka et al., 1984; Pérez-Gilabert et al., 2005; Alvarez-Cortés et al., 2025). Mediante estas técnicas se pueden identificar grupos de metabolitos especializados, únicos para cada especie, que son llamados biomarcadores y que poseen importancia en la delimitación de las especies (Adeeyo et al., 2024). Los biomarcadores específicos pueden determinarse mediante plataformas analíticas como la espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN) o la espectrometría de masas (MS) (Ocampos et al., 2024). Los estudios integrales de las especies que incluyan características morfológicas, genéticas y químicas son de suma importancia para resolver problemas taxonómicos y conocer las potenciales aplicaciones de los organismos.

Las especies del género *Iodophanus* producen metabolitos interesantes, entre los que se encuentran pigmentos carotenoides descritos en las paráfisis. Asimismo, Alvarez-Cortés et al. (2025) encontraron terpenoides, polisacáridos, derivados del ácido úrico y péptidos en las ascas de *I. testaceus*, mediante pruebas cualitativas histoquímicas. Los carotenoides están indicados como compuestos de importancia taxonómica por Valadon et al. (1980). Ellos identificaron 11 pigmentos carotenoides, entre los que destacan la neurospoxantina y su éster metílico, por cromatografía en capa fina y columna. Recientemente, en *I.*

testaceus se identificaron metabolitos primarios como péptidos y polisacáridos, secundarios como diterpenoides y derivados insaturados con técnicas histoquímicas (Alvarez-Cortés et al., 2025). El objetivo del presente estudio es describir con caracteres morfológicos e histoquímicos a dos especies que se proponen como nuevas para la ciencia del género *Iodophanus*.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Las muestras de excretas de liebre (*Lepus californicus* Gray, 1837) se obtuvieron de Papalote en la Reserva de la Biosfera El Pinacate y del Gran Desierto de Altar, municipio Sonoyta, Sonora, México (Fig. 1A). Las muestras de estiércol de vaca (*Bos taurus* L., 1758) se obtuvieron en las zonas perturbadas del bosque mesófilo de montaña del municipio Huauchinango, Puebla de los Ángeles, México (Fig. 1B).

Trabajo de laboratorio

Las muestras de excretas se colocaron en cámaras húmedas para el desarrollo de los ascomas durante dos meses, a la temperatura ambiente de la Ciudad de México, con humedad de 70%, en condiciones de luz abundante, sin exposición directa a la luz solar. El desarrollo de los hongos se realizó de septiembre a octubre 2024.

Los ascomas se caracterizaron macro y micromorfológicamente. Se describieron forma, tamaño, color y superficie externa e himenial, con ayuda de un microscopio estereoscópico marca Velab (modelo VE-S3, CDMX, México). Para la descripción microscópica se consideraron tamaño, forma, color y textura del excipulo ectal y medular, y subhimenio; para las paráfisis, tamaño, forma, septos, contenido, color y forma del ápice; para las ascas, tamaño, forma, color, amiloidía y base; para las ascosporas, tamaño, forma y color siguiendo a Alvarez-Cortés et al. (2025).

Adicionalmente, se realizaron pruebas histoquímicas, siguiendo la metodología de Alvarez-Cortés et al. (2025). La identificación de compuestos se hizo con las siguientes reacciones: ácido peryódico de Schiff (PAS) para polisacáridos no estructurales; cloruro férrico sulfúrico para carotenoides; tinción con azul de bromofenol en medio ácido para péptidos; sulfuro de cobre (CuS) para diterpenoides; permanganato de potasio 1% para los derivados insaturados



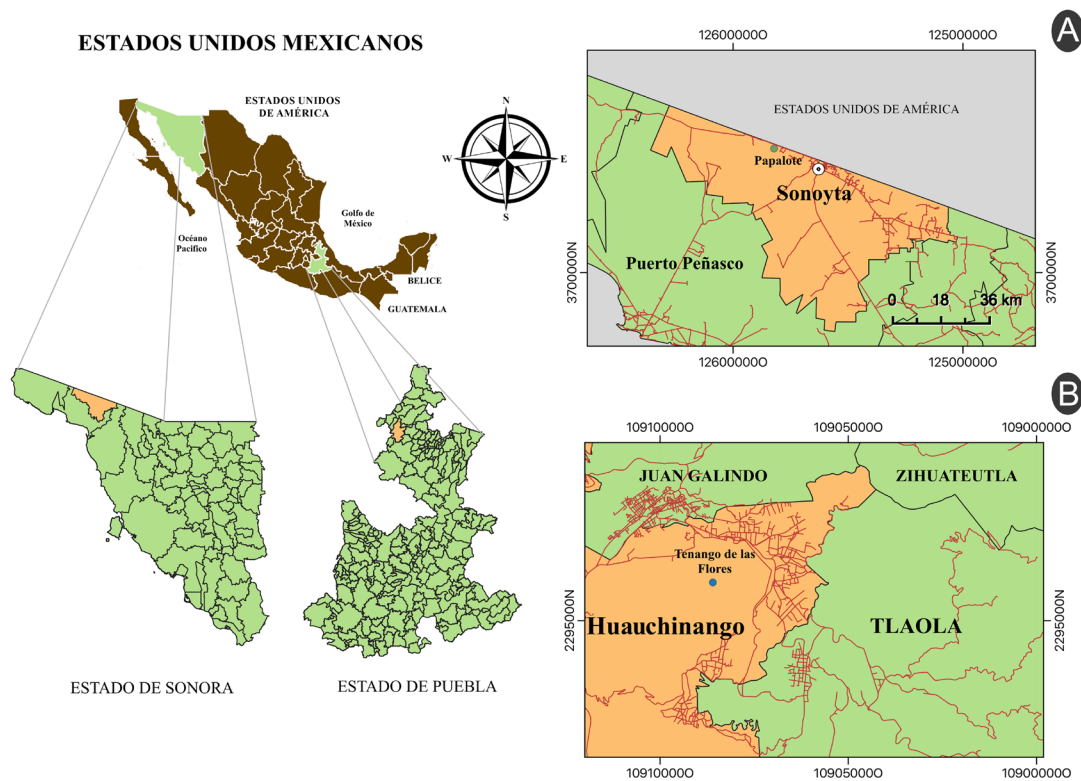


Figura 1: Ubicación geográfica de las localidades tipo. A. Papalote, municipio Sonoyta, Sonora, México. B. Tenango de las Flores, municipio Huauchinango, Puebla de los Ángeles, México.

y reactivo de Dragendorff para nitrógenos cuaternarios y polisacáridos.

La clave del género a nivel mundial se elaboró a partir de las especies válidas de *Index Fungorum* (2025). Los caracteres morfológicos macro y microscópicos se recopilaron de descripciones previas (Kimbrough et al., 1969; Kimbrough, 1970; Jeng y Krug, 1977; Thind y Kaushal, 1978; Pfister, 1979; Aas, 1992; Abdullah et al., 1999; Doveri, 2004; Medardi, 2006; Alvarez-Cortés et al., 2025).

Resultados

Taxonomía

Ascomycota

Pezizomycetes

Pezizales

Pezizaceae

Iodophanus angelensis Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, R.Valenz., Esqueda & Raymundo, sp. nov. Figs. 2, 3.

TIPO: MÉXICO. Puebla de los Ángeles, municipio Huauchinango, Tenango de las Flores, 1348 m, 20°11'38"N, 97°59'37"W, bosque mesófilo de montaña, 14.VIII.2024, *M. Martínez-Pineda* 8023 (holotipo: ENCB!).

Mycobank: 860223 (Mycobank, 2025).

Iodophanus angelensis resembles *I. granulipolaris* Kimbr., but can be distinguished by the ectal excipulum texture epidermoidea (vs. globularis), ascus size 360-400 × 35-45 μm (vs. 225-275 × 25-35 μm), and ascospore size 27-31 × 17-20 μm (vs. 23-27 × 14-16 μm).

Apotecios 900-1800 μm de diámetro, globosos a pulvinados, sésiles, blancos a ligeramente anaranjados; superficie himenial granulosa, blanca a ligeramente anaranjada; superficie exterior lisa, con setas en la base,

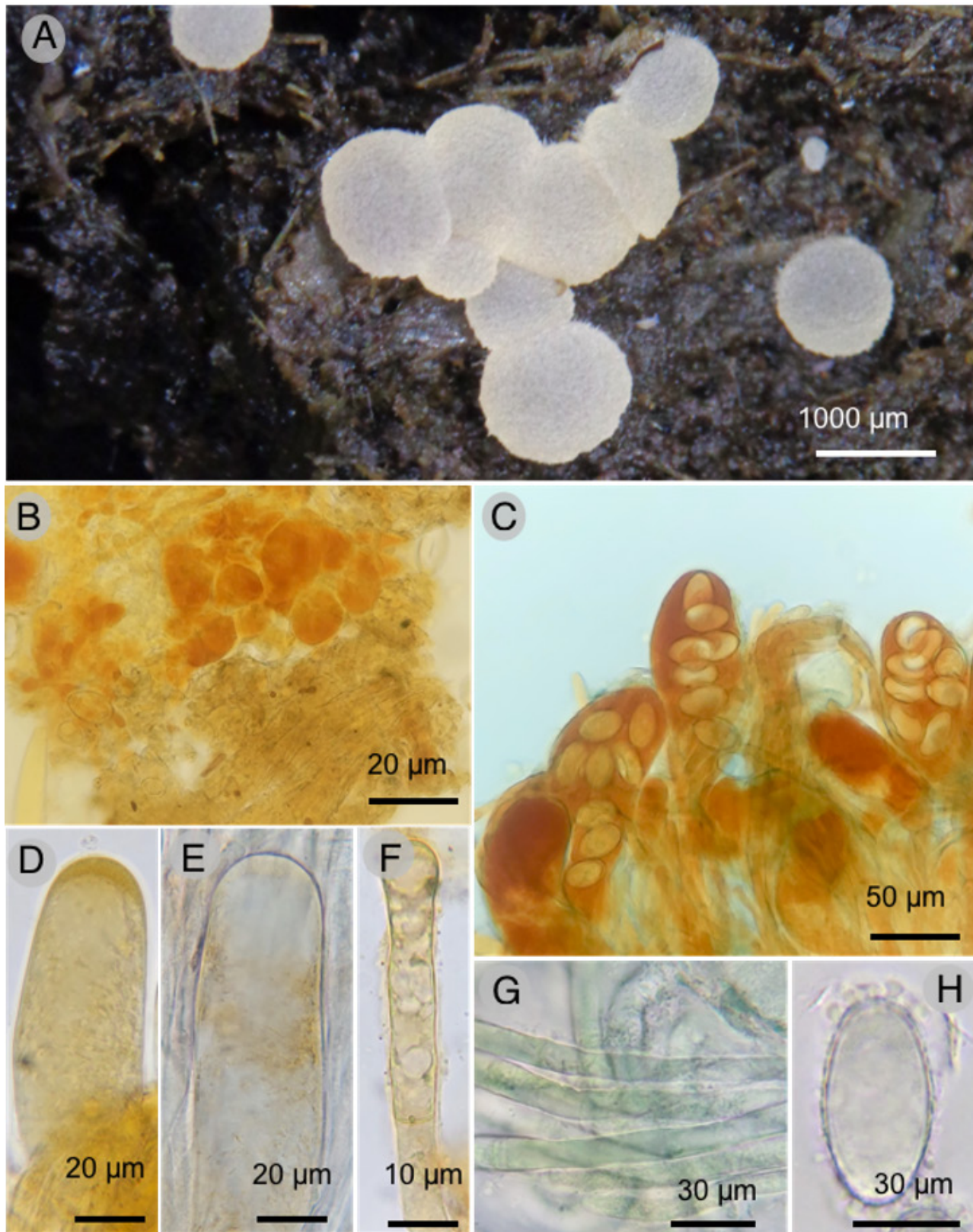


Figura 2: *Iodophanus angelensis* Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, R.Valenz., Esqueda & Raymundo. A. apotecio; B. excípulo ectal con reactivo de Dragendorff; C. himenio con reactivo de Dragendorff; D. ascas en permanganato de potasio; E. asca en reacción de sulfuro de cobre; F. paráfisis en reacción de sulfuro de cobre; G. paráfisis en reactivo de azul de bromofenol; H. detalle de ascosporas. P. M. Alvarez-Cortés 3005 (ENCB).

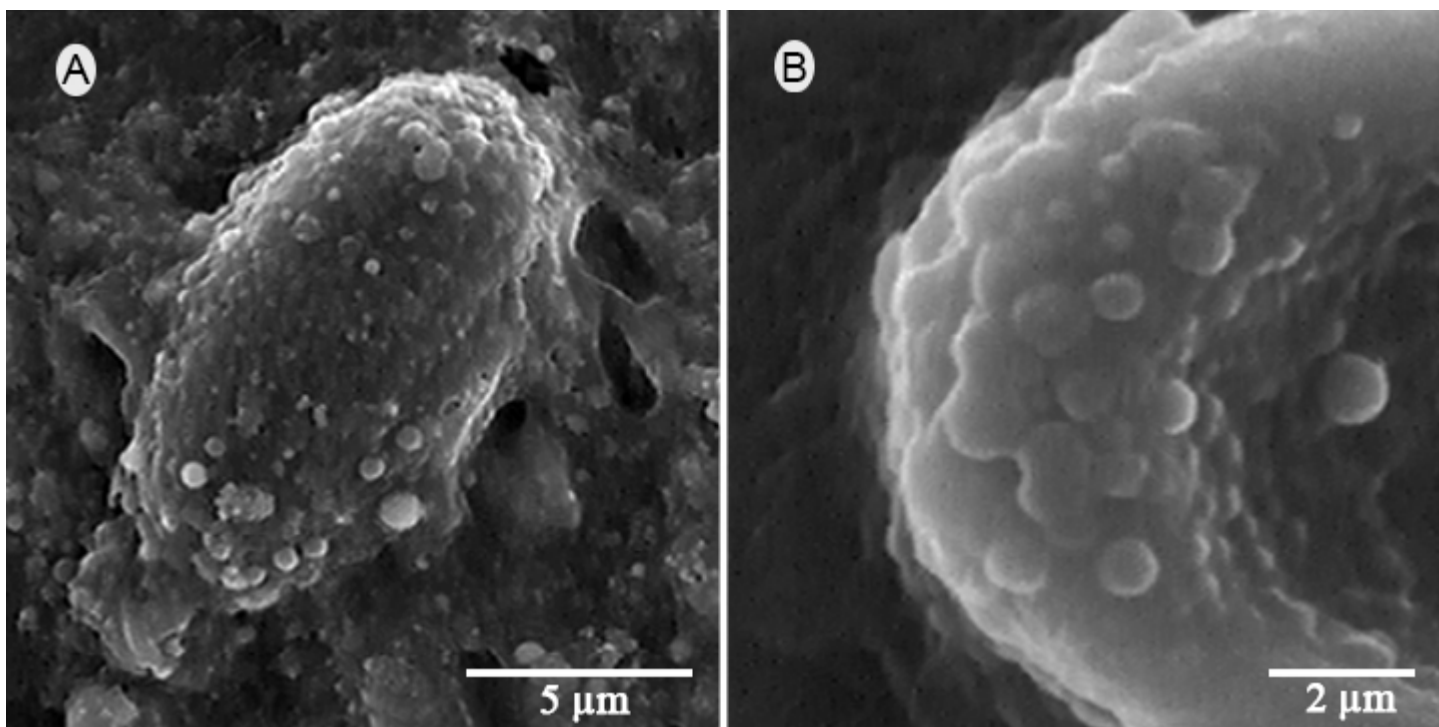


Figura 3: *Iodophanus angelensis* Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, R.Valenz., Esqueda & Raymundo. A. ascosporas en vista lateral observadas en Microscopía Electrónica de Barrido; B. acercamiento al polo de la ascospora en Microscopía Electrónica de Barrido.

concolora al himenio; sin borde; excípulo ectal 400-450 μm de grosor, textura epidermoidea con células (7-)10-22 μm de diámetro, paredes delgadas, hialinas, algunas con contenido granular hialino; excípulo medular y subhimenio no diferenciados; paráfisis 5-10 μm de grosor, cilíndricas, con ápice capitado, septadas con gútulas localizadas en la célula apical, resto de las paráfisis con contenido ligeramente granular, hialinas; ascas 360-400 \times 35-45 μm , cilíndricas a ligeramente clavadas, de paredes engrosadas hasta 1 μm , con pared celular amiloide hacia la base, biseriadas a irregularmente dispuestas, octosporicas; ascosporas 27-31 \times 17-20 μm , elipsoidales, hialinas, paredes gruesas con ornamentación tectada, conspicua 2-5 μm de alto y ápices globosos 2-5 μm de diámetro.

Pruebas histoquímicas: presenta carotenoides en las paráfisis que no cambian de color en presencia de cloruro férrico sulfúrico. Azul de bromofenol: paráfisis con péptidos en color azul. Reacción CuS: paráfisis y ascas inmaduras con diterpenoides en color marrón pálido. Permanganato de potasio: paráfisis y ascas en la región del opérculo,

con derivados insaturados en color marrón. Reactivo de Dragendorff: excípulo ectal, excípulo medular y ascas inmaduras teñidas en color marrón-anaranjado.

Hábitat: crece gregario a agregado en excretas de vaca, en bosque mesófilo de montaña.

Etimología: hace referencia al estado "Puebla de los Ángeles", en donde se encuentra la localidad tipo.

Distribución: solo se conoce de la localidad tipo.

Material examinado: MÉXICO. Puebla de los Ángeles, municipio Huauchinango, Tenango de las Flores, 1348 m, 20°11'38"N, 97°59'37"W, bosque mesófilo de montaña, 14.VIII.2024, P. M. Alvarez-Cortés 3005 (ENCB); loc. cit., 24.VII.2024. T. Raymundo 10600 (ENCB).

Notas taxonómicas: *Iodophanus angelensis* se caracteriza por la presencia de apotecios blancos a anaranjado pálido con ascosporas 27-31 \times 17-20 μm , elipsoidales,

hialinas con ornamentación verrugosa. Una especie similar es *I. granulipolaris*, conocida de Argentina, Colombia, Estados Unidos de América y Venezuela, diferenciándose por el excípulo ectal con textura globularis a angularis disímil del excípulo medular y subhimenio, mientras que en *I. angelensis* las capas excípulares son iguales, formándose solamente excípulo ectal con textura epidermoidea.

Iodophanus pinacatensis Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, Esqueda, R.Valenz. & Raymundo, sp. nov. Figs. 4, 5.

TIPO: MÉXICO. Sonora, municipio Sonoyta, Papalote, Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, 307 m, 31°55'44"N, 113°01'40"W, desierto, 08.VIII.2018, M. Martínez-Pineda 8032 (ENCB!).

Mycobank: 860224 (Mycobank, 2025).

Iodophanus pinacatensis resembles *I. verrucisporus* (P.W. Graff) Kimbr. Luck-Allen & Cain, but can be recognized by the orange ascomata color (vs. brown to yellowish), excipulum medullar texture epidermoidea to prismatica (vs. globularis), paraphyses 5-8 μm thick (vs. 3-4 μm), and ascospore ornamentation punctate towards the poles (vs. punctate).

Apotecios 500-1000 μm de diámetro, globosos a pulvinados, sésiles, anaranjados; superficie himenial granulosa, ligeramente anaranjada; superficie exterior lisa, concolora al himenio; sin borde; excípulo ectal 400-450 μm de grosor, textura globularis con células (6)12-21(35) μm de diámetro de paredes delgadas, hialinas, algunas con contenido granular hialino; excípulo medular 50-100 μm de grosor, textura epidermoidea a prismática con células 4-8 \times 8-12(21) μm , subhimenio indiferenciado; paráfisis 5-8 μm de grosor, cilíndricas, con ápice capitado, septadas con gúttulas localizadas en la célula apical, resto de la paráfisis con contenido ligeramente granular de color anaranjado pálido, distribuido de forma irregular; ascas 150-210 \times 25-30 μm cilíndricas a ligeramente clavadas, paredes engrosadas hasta 1 μm , con pared celular amiloide hacia la base, biseriadas a irregularmente dispuestas,

octospóricas; ascosporas (23)25-28 \times 14-16 μm , elipsoidales, hialinas con paredes punteadas hacia los polos de hasta 1 μm de grosor.

Pruebas histoquímicas: presenta carotenoides en las paráfisis que no cambian de color en presencia de cloruro férrico sulfúrico. Azul de bromofenol: excípulo ectal y ascas inmaduras con péptidos de color azul. Reacción CuS: paráfisis con diterpenoides de color marrón pálido a gris. Permanganato de potasio: excípulo ectal con derivados insaturados de color marrón. Reactivo de Dragendorff: ascosporas teñidas de color marrón-anaranjado. Reacción PAS: excípulo ectal con polisacáridos en color rosa pálido.

Hábitat: crece gregario a agregado en excretas de liebre del desierto.

Etimología: hace referencia a la localidad tipo Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar.

Distribución: solo se conoce de la localidad tipo.

Material examinado: MÉXICO. Sonora, municipio Sonoyta, Papalote, Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, 307 m, 31°55'44"N, 113°01'40"W, desierto, 08.VIII.2018, P. M. Alvarez-Cortés 3006 (ENCB); loc. cit., 24.VII.2024, T. Raymundo 10601 (ENCB).

Notas taxonómicas: *Iodophanus pinacatensis* se caracteriza por formar apotecios anaranjados sobre excretas de liebre con ascosporas de (23)25-28 \times 14-16 μm , elipsoidales, hialinas y ornamentación punteada. Una especie similar es *I. verrucisporus*. Sin embargo, se diferencia por presentar apotecios de color marrón, excípulo medular de textura intrincata y ascosporas con ornamentación punteada uniforme. En *I. pinacatensis* la textura del excípulo medular se describe como prismática a epidermoide y las ascosporas presentan ornamentación punteada hacia los polos.

A continuación, se presenta una clave de las especies válidas de *Iodophanus* en [Index Fungorum \(2025\)](#).



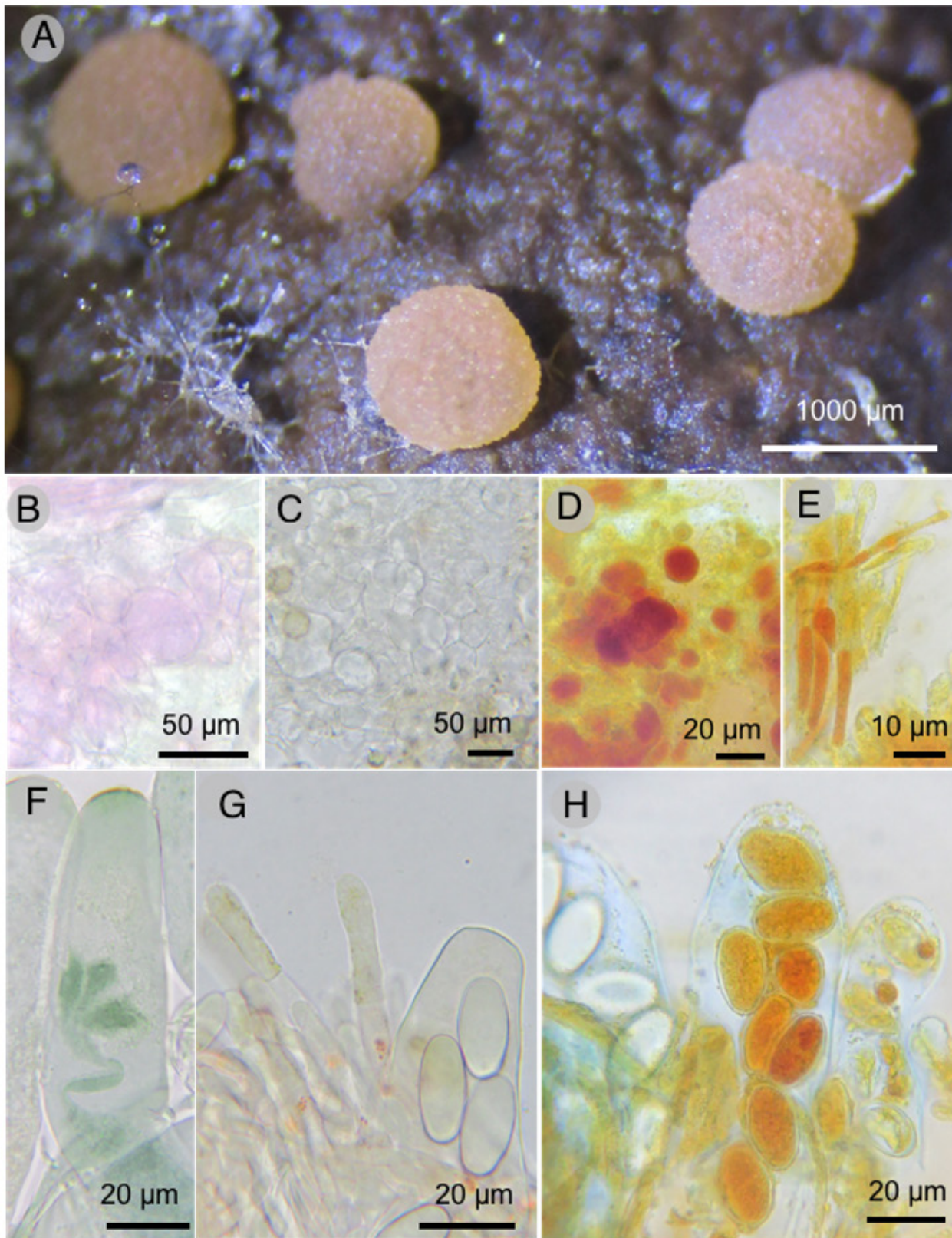


Figura 4: *Iodophanus pinacatensis* Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, Esqueda, R.Valenz. & Raymundo. A. apotecio; B. excípulo ectal en reacción con ácido peryódico de Schiff; C. excípulo ectal con reacción de sulfuro de cobre; D. excípulo ectal en reactivo de Dragendorff; E. paráfisis en reactivo de Dragendorff; F. asca en reactivo de azul de bromofenol; G. paráfisis con reacción de sulfuro de cobre; H. asca y ascosporas en reactivo de Dragendorff. P. M. Alvarez-Cortés 3006 (ENCB).

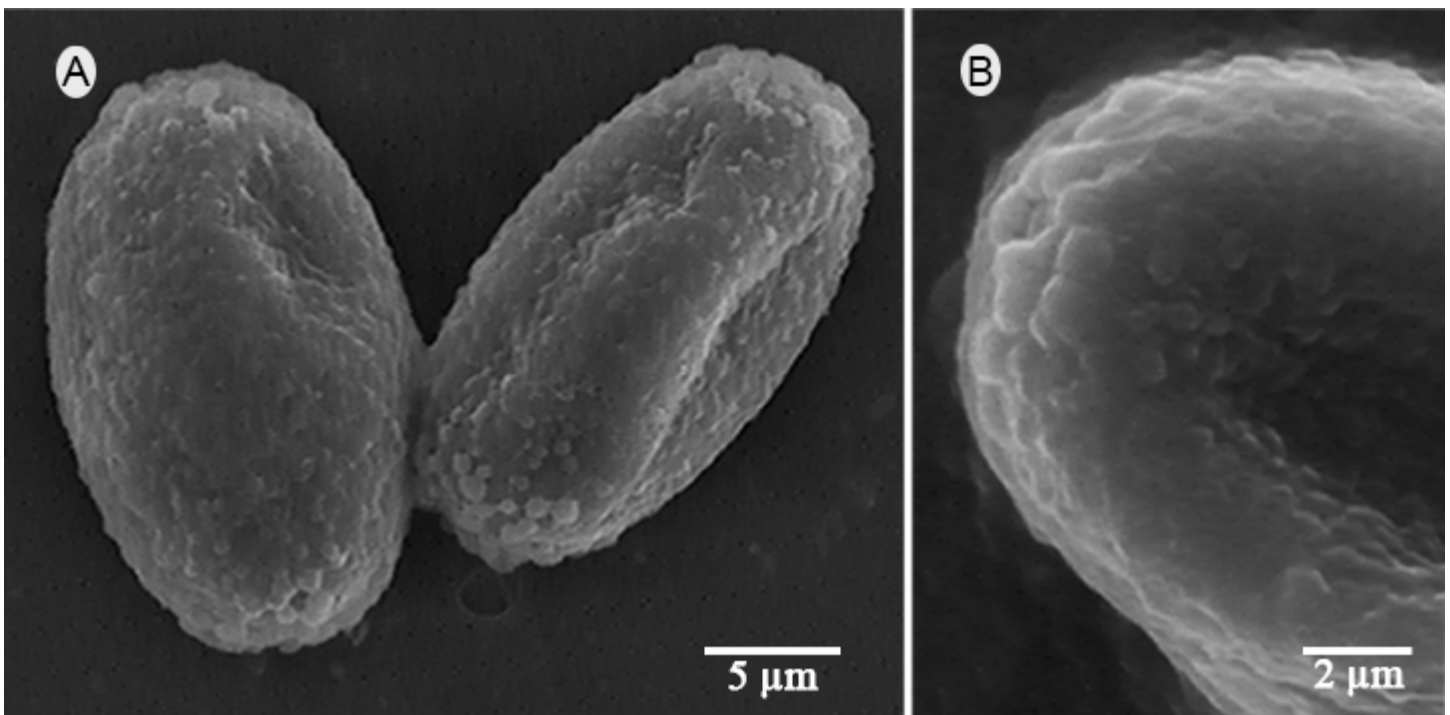


Figura 5: *Iodophanus pinacatensis* Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, Esqueda, R.Valenz. & Raymundo. A. ascosporas en vista lateral observadas en Microscopía Electrónica de Barrido; B. acercamiento al polo de la ascospora en Microscopía Electrónica de Barrido.

Clave de las especies de *Iodophanus* a nivel mundial

- | | | | |
|--|---|--|---|
| 1a. Apotecios blanco o rosado | 2 | 7a. Ascosporas 10-14 µm de largo | 8 |
| 1b. Apotecios amarillo, anaranjado o marrón | 6 | 7b. Ascosporas 22 a 35 µm de largo | 10 |
| 2a. Ascosporas con ornamentación tectada o perisporio mucilaginoso | 3 | 8a. Ascosporas menos de 15 µm de largo, 10.7-14.2 × 6-7 µm | <i>I. kimbroughii</i> K.S. Thind & S.C. Kaushal |
| 2b. Ascosporas con ornamentación verrugosa | 4 | 8b. Ascosporas igual o más de 15 µm de largo | 9 |
| 3a. Ascosporas con ornamentación tectada, 27-31 × 17-20 µm | <i>I. angelensis</i> Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, R.Valenz., Esqueda & Raymundo | 9a. Ascosporas 15-20 × 7.5-10.5 µm; paráfisis 8-10 µm de ancho, ramificadas y septadas ... | <i>I. carneus</i> (Pers.) Korf |
| 3b. Ascosporas con perisporio mucilaginoso, 27-38 × 20-25 µm | <i>I. bermudensis</i> (Seaver) Kimbr. & Korf | 9b. Ascosporas 18-21 × 11-12 µm; paráfisis 6-8 µm de ancho, simples | <i>I. testaceus</i> (Moug.) Korf |
| 4a. Ascosporas 20-21.5 × 10-12.5 µm | <i>I. hyperboreus</i> T. Schumach | 10a. Ascosporas 22 a 27 µm de largo | 11 |
| 4b. Ascosporas de 25-30 µm de largo | 5 | 10b. Ascosporas 31-35 × 10-18 µm | <i>I. durbanensis</i> (Van der Byl) Kimbr., Luck-Allen & Cain |
| 5a. Ascosporas 25-30 × 15-17 µm; ascas 175-250 × 40-45 µm | <i>I. helotinus</i> Cain | 11a. Ascosporas con perisporio mucilaginoso, 22-27 × 14-16.5 µm | <i>I. verrucisporus</i> (P.W. Graff) Kimbr., Luck-Allen & Cain |
| 5b. Ascosporas 27-30 × 16-18 µm; ascas 330-390 × 36-42 µm | <i>I. venezuelensis</i> Jeng & J.C. Krug | 11b. Ascosporas sin perisporio mucilaginoso | 12 |
| 6a. Ascosporas con ornamentación punteada | 7 | 12a. Ascas 150-210 × 25-30 µm; ascosporas con extremos redondeados | <i>I. pinacatensis</i> Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, Esqueda, R.Valenz. & Raymundo |
| 6b. Ascosporas con ornamentación verrugosa o equinulada | 13 | 12b. Ascas 200-225 × 35-38 µm; ascosporas con extremos truncados | <i>I. crystallinus</i> Kimbr. |
| | | 13a. Ascosporas con ornamentación verrugosa | 14 |

- 13b. Ascosporas con ornamentación equinulada, 18-20 × 12.5-14 µm
 *I. basraneous* Abdullah, Ismail & S.S. Rattan
 14a. Ascosporas con perisporio mucilaginoso, 19-25 × 9.5-11 µm *I. magniverrucosus* Aas
 14b. Ascosporas sin perisporio mucilaginoso 15
 15a. Ascas menos de 300 µm de largo 16
 15b. Ascas 300-350 × 30-40 µm; paráfisis 10-12 µm de grosor *I. sarcobius* (Boud.) Kimbr.
 16a. Ascas 200 × 28-32 µm, cupuliforme
 *I. subgranulatus* (Berk. & M.A. Curtis) Pfister
 16b. Ascas 225-275 × 25-35 µm, cilíndrica
 *I. granulipolaris* Kimbr.

Discusión

Las especies de *Iodophanus* presentan ascomas gelatinosos de color blanco, pálido amarillento, anaranjado, rosado a marrón pálido, siendo gregarias y coprófilas. *Ascophanus* es un género similar, diferenciándose por sus ascas inamiloides que contrastan con las ascas amiloides en *Iodophanus*. La presencia de ascosporas ornamentadas por estructuras calopécticas y el estado somático de tipo *Oedocephalum* demostraron la pertenencia al orden Pezizales, familia Pezizaceae y subtribu Pezizeae (Kimbrough et al., 1969). Las especies de *Iodophanus* se pueden discriminar por caracteres morfológicos (Apéndice) como el color de los pigmentos: *I. angelensis* es la única especie con apotecios blancos. Existe otro grupo con pigmentos rosados como *I. bermudensis*, *I. hyperboreus* e *I. venezuelensis*, pero se pueden diferenciar por el tamaño de ascosporas: 27-38 × 20-25 µm, 20-21.5 × 10-12.5 µm y 27-30 × 16-18 µm, respectivamente. Cabe mencionar que todas son de pared verrucosa a excepción de *I. bermudensis* que presenta una capa mucilaginosa con superficie punteada. Las especies con pigmentos anaranjados son *I. carneus* con ascosporas de 15-20 × 7.5-10.5 µm rodeadas por una vaina mucilaginosa, *I. helotinus* 25-30 × 15-17 µm (Kimbrough et al., 1969) e *I. pinacatensis* (23)25-28 × 14-16 µm.

Las entidades con apotecios amarillentos presentan ascosporas con ornamentación punteada: *I. basraneous* (18-20 × 12.5-14 µm), *I. crystallinus* (25-27.5 × 15-16 µm),

I. durbanensis (31-35 × 10-18 µm), *I. sarcobius* (25-30 × 15-20 µm) e *I. testaceus* (11-12 × 18-21 µm). Los apotecios de color marrón se observan en *I. granuliporus* e *I. magniverrucosus*, ambas con ornamentación punteada y vaina mucilaginosa, diferenciándose por el tamaño de ascosporas, 23-27 × 14-16 µm vs. 19-22 × 9.5-11 µm, respectivamente. Aunque *I. verrucisporus* presenta también pigmentos pardos, la ornamentación esporal es como lo indica el epíteto “verrugosa” y carece de vaina mucilaginosa (Kimbrough et al., 1969).

La mayoría de las especies de *Iodophanus* se han registrado en excretas de animales domésticos: vaca (8), oveja (2), caballo (2), burro (2) y pavo (1), así como en materia orgánica en descomposición (6). *Iodophanus carneus* se registró de caballo, conejo, oveja y vaca. Cabe señalar que hasta ahora *I. pinacatensis* es la única especie observada en las excretas de un animal silvestre (liebre), por lo que se recomienda continuar el estudio de estos hongos en excretas de fauna salvaje.

En cuanto a la distribución, *I. testaceus*, *I. carneus* e *I. hyperboreus* son especies con amplia distribución, registradas en América, Europa y Asia. Las especies de *Iodophanus* se han descrito de 20 países (Kimbrough et al., 1969; Jeng y Krug, 1977; Aas, 1983; Abdullah et al., 1999; Cinto y Dokmetzian, 2006; Medardi, 2006; Alvarez-Cortés et al., 2025). Nueve especies se han citado de América, y cinco de México: *I. angelensis* (Puebla), *I. carneus* (Durango y San Luis Potosí), la especie tipo *I. helotinus* (Sinaloa), *I. pinacatensis* (Sonora) e *I. testaceus* (Hidalgo). En los Estados Unidos de América se conocen cuatro especies: *I. carneus*, *I. granulipolaris*, *I. helotinus* e *I. testaceus*. En contraste, ocho especies solo se conocen de la localidad tipo: *I. angelensis* (México), *I. basraneous* (Irak), *I. bermudensis* (Sudáfrica), *I. crystallinus* (Sri Lanka), *I. durbanensis* (Sudáfrica), *I. magniverrucosus* (Sudáfrica), *I. venezuelensis* (Venezuela) e *I. pinacatensis* (México).

Las especies de *Iodophanus* se caracterizan por la presencia de pigmentos carotenoides distribuidos en gránulos en las paráfisis (Valadon et al., 1980). Los carotenoides presentes son de tipo xantofila, altamente reactivos y sufren cambios de coloración con diversos reactivos como Dragendorff, permanganato de potasio o cloruro



férrico sulfúrico (Ribeiro et al., 2018). En las dos especies nuevas se describen estos pigmentos, que producen una reacción de cambio de color por la desnaturalización de la estructura química del carotenoide. Las reacciones implicadas son la oxidación del compuesto por la acción del permanganato de potasio o del reactivo de Dragendorff, con la consecutiva desaparición del color. En su lugar, se forman productos de precipitación como el bióxido de manganeso u óxidos yodados. Con el reactivo de cloruro férrico sulfúrico se produce una reacción de deshidratación: se pierden de la molécula de carotenoide grupos OH, con la posterior formación de dobles enlaces. Esto produce un ligero aumento en la tonalidad, pasando de anaranjado a anaranjado-rojizo, a veces imperceptible al ojo humano.

Las paráfisis contienen otros metabolitos de interés, entre los que destacan los terpenoides, que, mediante la técnica de sulfuro de cobre, se evidencian como diterpenoides en el ápice de las paráfisis. Se ha reportado que estos compuestos sirven para atraer agentes dispersores de esporas, previenen la microfagia y actúan como antimicrobianos (Junze et al., 2022). Las aplicaciones farmacológicas de estos compuestos son de suma importancia, como la actividad antiviral frente al VIH (Macías Villamizar et al., 2010). Asimismo, presentan actividad antimicrobiana, inhibiendo el desarrollo de *Mycobacterium tuberculosis* Zopf., 1883 (Bueno-Sánchez et al., 2009). Sin embargo, aún se desconocen las moléculas de estas nuevas especies de *Iodophanus*. Resulta primordial su estudio metabólico para el descubrimiento de nuevas moléculas con potencial farmacológico. Además, las características químicas permiten diferenciar entidades biológicas, p.ej., en *I. angelensis* los péptidos se localizan en las paráfisis, mientras que en *I. pinacatensis* en las ascas inmaduras y excípulo ectal. En este sentido se aportan nuevos caracteres basados en datos químicos.

Iodophanus y algunas especies de *Peziza* Dill. ex Fr. son los únicos miembros coprófilos dentro de la familia Pezizaceae y se pueden encontrar ambos en una misma sucesión ecológica (Alvarez-Cortés et al., 2025). Con la presente aportación, el número de ascomicetes coprófilos asciende a 129 en México, siendo 13 Pezizales distribuidos en las familias Ascobolaceae (5), Ascodesmidaceae (2) y Pezizaceae (6). En esta última, se encuentra *Iodophanus*

como el género mejor representado con la mayor riqueza taxonómica: *I. angelensis*, *I. carneus*, *I. helotinus*, *I. pinacatensis* e *I. testaceus*.

Conclusiones

Se identificaron dos entidades taxonómicas novedosas de *Iodophanus* para México: *I. angelensis* del bosque mesófilo de montaña de Puebla de los Ángeles e *I. pinacatensis* del Desierto Sonorense, diferenciándose por la localización de los péptidos en las paráfisis de *I. angelensis*, mientras que en *I. pinacatensis* en ascas inmaduras y excípulo ectal. Actualmente, en el país se conocen cinco especies que constituyen 29% de las descritas a nivel mundial. Debido a que *Iodophanus* spp. producen, además de pigmentos carotenoides con actividad antioxidante, péptidos y diterpenoides detectados mediante pruebas histoquímicas, pueden ser aprovechados en futuras aplicaciones biotecnológicas para beneficio humano.

Contribución de autores

Administración del proyecto: MMP; Análisis formal: PMAC, TR; Conceptualización: MMP, PMAC, TR; Curación de datos: MMP, PMAC, TR; Investigación: TR, MMP, PMAC; Metodología: MMP, PMAC, TR; Obtención de financiamiento: MMP, RV, ME; Recursos: MMP, TR; Redacción – borrador original: MMP, PMAC, TR; Redacción – revisión y edición: PMAC, TR, ME.

Financiamiento

El trabajo se llevó a cabo gracias al apoyo de la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (IPN), a través de los proyectos SIP20251281, 20251282, 20251037, 20260423, 20260756, 20260757.

Literatura citada

- Aas, O. 1983. The genus *Coprotus* (Pezizales) in Norway. *Nordic Journal of Botany* 3(2): 253-259. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1983.tb01075.x>
- Aas, O. 1992. A world monograph of the genus *Thecotheus* (Ascomycetes, Pezizales). Tesis de doctorado. Botanical Institute, University of Bergen. Bergen, Norway. 211 pp.
- Abdullah, S. K., A. H. Al-Saadoon y J. Guarro. 1999. New and interesting coprophilous ascomycetes from Iraq. *Nova*



- Hedwigia 69(1-2): 211-216. DOI: <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/69/1999/211>
- Adeeyo, A. O., I. O. Amao, Y. A. T. Ngandjui, M. A. Alabi, T. A. M. Msagati. 2024. Metabolic profiling of plant and other natural products: Platforms, applications and quality evaluation. *Microchemical Journal* 207: 111779. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111779>
- Aguirre-Acosta, E. y M. Ulloa. 1982. Primer registro en México sobre la sucesión de hongos en el estiércol de vaca. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 17: 76-88.
- Alvarez-Cortés, P. M., M. Martínez-Pineda, T. Raymundo y R. Valenzuela. 2025. Identificación taxonómica y pruebas histoquímicas de ascomicetos coprófilos del municipio Zempoala, Hidalgo, México, incluyendo una nueva especie de *Coprotopus*. *Acta Botanica Mexicana* 132: e2369. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2369>
- Bueno-Sánchez, J. G., J. R. Martínez-Morales y E. Stashenko. 2009. Actividad antimicobacteriana de terpenos. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud* 41(3): 231-235.
- Cinto, I. E. y D. A. Dokmetzian. 2006. *Iodophanus granulipolaris* (Ascomycota-Pezizales): Primera cita para Argentina. Un estudio morfológico y fisiológico. *Hickenia* 3: 277-284.
- Doveri, F. 2004. *Fungi Fimicoli Italici*. Associazione Micologica Bresadola. Trento, Italia. 1080 pp.
- Guzmán, G. 1972. Macromicetos mexicanos en el herbario The National Fungus Collection de E.U.A. *Botanical Sciences* 32: 31-55. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1115>
- Index Fungorum. 2025. Index Fungorum database. <https://www.indexfungorum.org> (consulted February, 2025).
- Jeng, R. S. y J. C. Krug. 1977. New records and new species of coprophilous Pezizales from Argentina and Venezuela. *Canadian Journal of Botany* 55(24): 2987-3000. DOI: <https://doi.org/10.1139/b77-336>
- Junze, R., W. Yu, Z. Zhanpin, C. Ruibing y Z. Lei. 2022. Biosynthesis and regulation of diterpenoids in medicinal plants. *Chinese Journal of Natural Medicines* 20(10): 761-772. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(22\)60214-0](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(22)60214-0)
- Kimbrough, J. W. 1970. A new species of *Iodophanus* (Pezizaceae) from Ceylon. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 97(6): 377-379.
- Kimbrough, J. W. y R. P. Korf. 1967. A synopsis of the genera and species of the tribe Theleboleae (= Pseudoascoboleae). *American Journal of Botany* 54(1): 9-23. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1967.tb06888.x>
- Kimbrough, W. J., E. R. Luck-Allen y R. F. Cain. 1969. *Iodophanus*, The Pezizaceae segregate of *Ascophanus* (Pezizales). *American Journal of Botany* 56(10): 1187-1202. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1969.tb09775.x>
- Macías Villamizar, V. E., J. M. Álvarez y H. Suarez. 2010. Terpenos con actividad biológica anti-VIH. *Duazary* 7(2): 257-273.
- Medardi, G. 2006. *Ascomiceti d'Italia*. Associazione Micologica Bresadola. Trento, Italia. 221 pp.
- Mycobank. 2025. Mycobank database. <https://www.mycobank.org> (consulted June, 2025).
- Ocampos, F. M. M., A. J. B. de Souza, G. H. Ribeiro, L. S. Almeida, N. R. B. Cônsolo y L. A. Colnago. 2024. NMR-based plant metabolomics protocols: a step-by-step guide. *Frontiers in Natural Products* 3: 1414506. DOI: <https://doi.org/10.3389/fntpr.2024.1414506>
- Pérez-Gilabert, M., A. Morte, R. Ávila-González y F. García-Carmona. 2005. Characterization and histochemical localization of nonspecific esterase from ascocarps of desert truffle (*Terfezia claveryi* Chatin). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53(14): 5754-5759. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf050334d>
- Pfister, D. H. 1979. Type studies in the genus *Peziza*. VII. Miscellaneous species described by M.J. Berkeley and M.A. Curtis. *Mycotaxon* 8(2): 339-346.
- Ribeiro, D., M. Freitas, A. M. S. Silva, F. Carvalho y E. Fernandes. 2018. Antioxidant and pro-oxidant activities of carotenoids and their oxidation products. *Food and Chemical Toxicology* 120: 681-699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.07.060>
- Tanaka, S., S. Watanabe y T. Maeda. 1984. Histochemical localization of thiamine pyrophosphatase in the lomasomes in asci of *Arthroderma vanbreuseghemii*. *Sabouraudia* 22(2): 159-161. DOI: <https://doi.org/10.1080/00362178485380241>
- Thind, K. S. y B. C. Kaushal. 1978. Three species of *Iodophanus* from Western Himalayas. *Indian Phytopathology* 31: 343-347.
- Valadon, L. R. G., R. S. Mummery, G. W. Van Eijk, H. J. Roeymans y G. Britton. 1980. Taxonomic implications of the carotenoids of *Iodophanus carneus*. *Transactions of the British Mycological Society* 74(1): 187-190. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(80\)80024-6](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(80)80024-6)



**Apéndice:** Características morfológicas de las especies de *Iodophanus* Korf a nivel mundial.

Especie	Apotecio	Paráfisis	Ascas	Ascosporas	Ornamentación esporal	Sustrato (excreta)	Distribución (país)	Cita
<i>Iodophanus angelensis</i> Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, R.Valenz., Esqueda & Raymundo	blanco 900-1800 µm globosos a pulvinados	5-10 µm cilíndricas, hialinas	360-400 × 35-45 µm cilíndricas a ligeramente clavadas	27-31 × 17-20 µm elipsoidales, hialinas	tectada conspicua, 2-5 µm de alto y ápices globosos 2-5 µm de diámetro	vaca	México	Este estudio
<i>Iodophanus basraneous</i> Abdullah, Ismail & S.S. Rattan	amarillo pálido a amarillo ocre 250-450 µm globosos a discoides	4-6 µm hialinas, simples	125-140 × 25-30 µm cilíndricas a clavadas, ápice redondeado a subtruncado	18-20 × 12.5-14 µm elipsoides con polos redondeados, subhialinas	con equínulas de hasta 1 µm de largo	oveja	Irak	Abdullah et al. (1999)
<i>Iodophanus bermudensis</i> (Seaver) Kimbr. & Korf	blanco a ligeramente rosa 1-2 mm diámetro globosos, turbinados a discoides	10-12 µm hialinas, simples o ligeramente ramificadas	250-300 × 40-45 µm ampliamente clavadas, biseriadas a irregularmente dispuestas, octospóricas	27-38 × 20-25 µm ampliamente elipsoides, hialinas, perisporio mucilaginoso	verrugas en forma de tachuela de hasta 5 µm de alto	vaca	Sudáfrica	Kimbrough et al. (1969) Doveri (2004)
<i>Iodophanus carneus</i> (Pers.) Korf	anaranjado pálido a amarillo anaranjado pálido 1-2 mm diámetro lenticular a discoide convexo	8-10 µm amarillentas, con gútulas, ramificadas, septadas	150-250 × 25-40 µm cilíndricas a clavadas, biseriadas, octospóricas	15-20 × 7.5-10.5 µm elipsoides, hialinas, con perisporio mucilaginoso	punteadas en toda la superficie	vaca, conejo oveja caballo suelo materia vegetal	Austria Canadá Estados Unidos de América México	Kimbrough et al. (1969)
<i>Iodophanus crystallinus</i> Kimbr.	amarillo pálido a anaranjado amarillento 1-2 mm diámetro globosos a discoides con numerosas hifas en la base	6-8 µm ligeramente amarillentas, citoplasma con gútulas dispersas, simples, septadas	200-225 × 35-38 µm cilíndricas, redondeadas	25-27.5 × 15-16 µm ampliamente elipsoides, con polos ligeramente truncados	punteadas a dentadas	paja	Sri Lanka	Kimbrough (1970)
<i>Iodophanus durbanensis</i> (Van der Byl) Kimbr., Luck-Allen & Cain	amarillento con superficie furfurácea 1-2 mm diámetro, discoides	3-5 µm amarillento en gútulas ligeramente ramificadas	175-250 × 30-38 µm ampliamente clavadas	31-35 × 10-18 µm elipsoides, hialinas, con perisporio mucilaginoso	punteadas muy débilmente	estiércol no identificado	Sudáfrica	Kimbrough et al. (1969)



Apéndice: Continuación.

Especie	Apotecio	Paráfisis	Ascas	Ascosporas	Ornamentación esporal	Sustrato (excreta)	Distribución (país)	Cita
<i>Iodophanus granulipolaris</i> Kimbr.	amarillo pálido a marrón amarillento 1-1.5 mm diámetro globosos a discoideos	hialinas a amarillo pálido con citoplasma denso, múltiples gútulas, ligeramente ramificadas	225-275 × 25-35 µm cilíndricas, redondeadas, uniseriadas a biseriadas octospóricas	23-27 × 14-16 µm elipsoides, hialinas	verrugosas 0.5 µm de altura o menos en las zonas centrales, en los polos de hasta 2 µm	vaca	Argentina Colombia Estados Unidos de América Venezuela	Kimbrough et al. (1969) Cinto y Dokmetzian (2006)
<i>Iodophanus helotinus</i> Cain	salmón pálido 1 mm diámetro globosos a discoideos	8-10 µm hialinas, citoplasma denso con abundantes gútulas amarillentas	175-250 × 40-45 µm ampliamente clavadas, redondeadas a ligeramente truncadas,	25-30 × 15-17 µm elipsoides con bordes ampliamente redondeados	verrugas esparcidas menores a 1.5 µm de alto	vaca	Canadá Estados Unidos de América México	Kimbrough et al. (1969) Doveri (2004)
<i>Iodophanus hyperboreus</i> T. Schumach	rosa pálido 0.5-1.5 mm diámetro pulvinados a subglobosos, lenticulares a discoideos	10 µm cilíndrico-claviformes, con escaso pigmento rosado	160-215 × 20-25 µm cilíndricas a subcilíndricas	20-21.5 × 10-12.5 µm elipsoides, hialinas, con una gútula	con verrugas de 0.5 × 0.8 µm	material vegetal en descomposición de <i>Carex</i> sp. y <i>Petasites</i> sp.	Dinamarca España Francia Italia Noruega	Medardi (2006)
<i>Iodophanus kimbroughii</i> K.S. Thind & S.C. Kaushal	amarillo pálido turbinados	sin datos	sin datos	10.7-14.2 × 6-7 µm	punteadas	cabra doméstica	India	Thind y Kaushal (1978)
<i>Iodophanus magniverrucosus</i> Aas	marrón amarillento hasta 1.5 mm diámetro discoideos	6.5 µm gútulas amarillentas, simples a ramificadas	190-300 × 16-19 µm cilíndricas	19-25 × 9.5-11 µm elipsoides, hialinas con capa mucilaginosas	verrugas de hasta 5.5 µm de diámetro	vaca	Sudáfrica	Aas (1992)
<i>Iodophanus pinacatensis</i> Mart.-Pineda, Alv.-Cortés, Esqueda, R.Valenz. & Raymundo	anaranjados 500-1000 µm globosos a pulvinados	5-8 µm cilíndricas, ápices capitados pigmento granular anaranjado	150-210 × 25-30 µm cilíndricas a ligeramente clavadas	25-28 × 14-16 µm elipsoidales, hialinas	punteada hacia los polos, escasa ornamentación en la zona central	excretas de liebre	México	Este estudio



Apéndice: Continuación.

Especie	Apotecio	Paráfisis	Ascas	Ascosporas	Ornamentación esporal	Sustrato (excreta)	Distribución (país)	Cita
<i>Iodophanus sarcobius</i> (Boud.) Kimbr.	amarillentos 1-2 mm de diámetro globosos a discoides	10-12 μm hialinas a ligeramente amarillentas citoplasma denso con numerosas gúttulas	300-350 \times 30-40 μm cilíndricas con forma de cúpula	25-30 \times 15-20 μm ampliamente elipsoides	verrugas densas, redondas de 1-2 μm diámetro	excretas de animal no identificado y hojas en descomposición de plátano	Bermuda Francia	Kimbrough et al. (1969) Doveri (2004)
<i>Iodophanus subgranulatus</i> (Berk. & M.A. Curtis) Pfister	amarillo discoide a aplanado	sin datos	200 \times 28-32 μm con forma de cúpula	24-27.5 \times 14-17 μm elipsoides hialinas	con verrugas pequeñas en la región central que se alargan a los polos	excreta de animal no identificado	Cuba	Pfister (1979)
<i>Iodophanus testaceus</i> (Moug.) Korf	amarillento a rojo-amarillento 1-3 mm diámetro globoso a lenticular, convexo con hifas en la base	6-8 μm hialinas con gúttulas ligeramente amarillentas, simples a ligeramente ramificadas	150-240 \times 25-30 μm con forma de cúpula a ligeramente truncadas en el ápice	18-21 \times 11-12 μm ampliamente elipsoides hialinas con citoplasma débilmente amarillento	punteadas en toda la superficie	material celulósico en descomposición	Alemania Dinamarca Estados Unidos de América Francia Inglaterra Japón México Suecia Suiza	Kimbrough et al. (1969) Álvarez-Cortés et al. (2025)
<i>Iodophanus venezuelensis</i> Jeng & J.C. Krug	rosado a rosa pálido 0.5-3 mm de diámetro globoso a subgloboso, discoides a turbinados	6-10 μm hialinas con gúttulas amarillentas, simples	330-390 \times 36-42 μm cilíndricas, redondeadas a ligeramente truncadas	27-30 \times 16-18 μm elipsoides, polos redondeados con dos apéndices terminales gelatinosos	verrugosa, concentrada en los polos (1.4-3 μm) en la zona central menor densidad de verrugas (1.4 μm)	burro y vaca	Venezuela	Jeng y Krug (1977)



Apéndice: Continuación.

Especie	Apotecio	Paráfisis	Ascas	Ascosporas	Ornamentación esporal	Sustrato (excreta)	Distribución (país)	Cita
<i>Iodophanus verrucisporus</i> (P.W. Graff) Kimbr., Luck-Allen & Cain	marrón a amarillento con bordes marrones 0.6-2 mm diámetro lenticular a convexo en la madurez	3-4 µm hialinas con citoplasma denso, numerosas gotas de aceite simples	175-245 × 25-35 µm clavadas, con forma de cúpula a truncadas	22-27 × 14-16.5 µm ampliamente elipsoides con perisporio mucilaginoso	punteadas	en suelo debajo de gallineros de pavo	Filipinas, Puerto Rico	Kimbrough et al. (1969)