

Explorando la funga asociada a pinos en Paraguay: hongos ectomicorrícicos de valor culinario

Exploring the funga associated with pine trees in Paraguay: ectomycorrhizal fungi with culinary value

Fabián Florentin¹, Yanine Maubet^{1,2}, Enzo Cristaldo^{1,2} and Michelle Campi^{1,2}

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de Recursos Vegetales – Área Micología San Lorenzo, Central, CP 2169, Paraguay.

² Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

E-mail: florentinfabian8@gmail.com

Received: 26 November 2023

Accepted for publication: 29 November 2023

Published: 8 December 2023

Editor: Carlos Rojas

Resumen: Los hongos ectomicorrícicos asociados a plantaciones de pino constituyen una fuente económica para los pobladores de varios países en América y en el mundo. En los últimos años, en Paraguay se ha incentivado el consumo de hongos comestibles silvestres. Con el objetivo de valorar la diversidad fúngica en las plantaciones de pino en áreas urbanas y rurales en Paraguay, se examinaron las muestras del Herbario de la FACEN para la caracterización morfológica de las mismas. Se determinaron cinco especies de valor culinario: *Lactarius deliciosus*, *Pisolithus arhizus*, *Russula recondita*, *Suillus granulatus* y *Suillus salmonicolor*, de las cuales, las tres últimas son nuevas citas para el Paraguay. Se proporcionan descripciones macro y microscópicas del esporoma en fresco como deshidratado, además de fotografías de los caracteres morfológicos distintivos de cada especie y una discusión en torno a su taxonomía.

Abstract: Ectomycorrhizal fungi associated with pine plantations represent an economic source for the inhabitants of several countries in America and the world. In recent years, in Paraguay the consumption of wild edible mushrooms has grown considerably. The main goal of this work was to assess the fungal diversity in pine plantations in urban and rural areas in Paraguay. Samples from the FACEN Herbarium were examined for morphological characterization. Five species of culinary value were determined: *Pisolithus arhizus*, *Suillus granulatus*, *Suillus salmonicolor*, *Lactarius deliciosus*, and *Russula recondita*, and the last three are new records for Paraguay. Macro and microscopic descriptions of the fresh and dehydrated sporomes are provided, in addition to photographs of the distinctive morphological characters of each species and a discussion of their taxonomy.

Palabras clave: ectomicorrizas, hongos comestibles, gimnospermas.

Keywords: ectomycorrhizae, edible mushrooms, gymnosperms.

Este trabajo está bajo la licencia internacional Commons Attribution 4.0

Introducción

Los hongos han sido considerados como fuente de alimento y medicamento en varias culturas alrededor del mundo y en la actualidad se los considera superalimentos debido a sus propiedades nutricionales, ya que son ricos en proteínas, fibra alimentaria, vitaminas y ácidos grasos esenciales (Campi et al. 2023). Entre los hongos comestibles destacan los hongos ectomicorrícicos (HEM), los cuales son considerados un valioso recurso forestal no maderero debido a que son aprovechados económicamente en algunas comunidades rurales alrededor de mundo (Deschamps 2002; Pérez Moreno et al. 2021).

La distribución geográfica de los HEM está más definida en relación con las especies saprófitas por haber coevolucionado con sus respectivos árboles huésped (Palfner et al. 2022). Los HEM fueron introducidos en el siglo pasado mediante el cultivo de árboles alóctonos en la región (e.g., *Pinus* spp. *Eucalyptus* spp, *Quercus* spp.), con los cuales forman asociaciones micorrícicas (Langdon et al. 2010). Palfner et al. 2022). En Paraguay las primeras plantaciones de pino fueron establecidas por el Instituto Nacional Agropecuario (IAN) que introdujo 18 especies de *Pinus*, de las que se adaptaron dos: *Pinus elliottii* Engelm, y *Pinus taeda* L. (López J. 1974; Noguera M. 2003). Si bien estas dos especies se han adaptado a las condiciones climáticas del país, no han logrado una expansión natural y sólo quedan remanentes de áreas con *Pinus*. No es el caso de Argentina, Brasil, Chile y Uruguay, donde se tienen grandes extensiones de plantaciones de *Pinus* con regeneración natural y por ende hongos micorrícicos (Nuñez et al. 2014).

En Sudamérica en países como Argentina, Brasil, Chile y Uruguay se comercializan en el mercado interno hongos frescos y productos artesanales derivados a base de hongos ectomicorrícicos (Pérez-Moreno et al. 2021). Algunos de los más comercializados son el *Lactarius deliciosus* (L.: Fr.) Gray, *Boletus loyo* (Phillippi) y *Suillus granulatus* (L.) (Niveiro et al. 2009; Peña-Cañón y Enao-Mejía 2014; Guin-Po 2021). Estas especies son colectadas y comercializadas por comunidades rurales y locales, favoreciendo la comercialización de hongos frescos y productos elaborados, ya sean congelados, deshidratados, conservas, etc. (Pérez-Moreno et al. 2021), a través de estas acciones los pobladores diversifican sus ventas y obtienen ingresos adicionales (Melgarejo-Estrada et al. 2018).

Estas experiencias de recolecta regionales, sumadas el uso y gestión sostenible de los HEM, abren una oportunidad económica a sectores socialmente marginados, promoviendo la participación activa de las mujeres campesinas y los grupos originarios en Paraguay. En este marco, el objetivo del trabajo fue identificar las especies micorrícicas comestibles del país con el fin de valorar un recurso endógeno importante; difundir información y ampliar el uso de hongos comestibles ectomicorrícicos y en esencia, promover la importancia de la biodiversidad existente dentro de la Funga en el Paraguay.

Materiales y métodos

Las muestras estudiadas fueron enviadas y colectadas para su análisis en el Laboratorio de Recursos Vegetales, área Micología, de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. Los datos macroscópicos de tamaño, forma y color se refieren a material fresco y seco. Para el estudio microscópico de estructuras se analizaron en preparaciones de KOH al 5% (Largent et al. 1977). Las muestras se observaron a través de un microscopio óptico con objetivos de 40X y 100X

con aceite de inmersión. Las estructuras vegetativas se tiñeron con rojo Congo (1%) y floxina (1%); además, se utilizó reactivo de Melzer y Azul de Cresilo, estos últimos para las reacciones de amiloidia y metacromática, respectivamente. Se midieron 30 basidiósporas de cada basidioma. El valor de Q representa el rango del cociente de largo/ancho para todas las basidiósporas medidas, Q_x indica la media de los valores de Q. Los materiales estudiados fueron depositados en el Herbario de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la Universidad Nacional de Asunción.

Resultados y discusión

Lactarius deliciosus (L.: Fr.) Gray

Píleo de 30–100 mm. de diámetro convexo, plano-convexo a infundibuliforme, con el centro depreso, superficie viscosa, de color anaranjado claro a rojo anaranjado, tornándose algo castaño claro a marrón blanquecino al secarse, cutícula no separable de la carne (Figura 1a-b). Margen entero, fuertemente incurvado a plano, superficie con anillos concéntricos más oscuros hacia el centro. Láminas adnatas a decurrentes, apretadas, anaranjadas, tornándose más oscuras junto al píleo cuando maduro. Estípites de 33–100 × 11–20 mm, central o excéntrico, cilíndrico, recto o curvo, hueco, con una pruina blanca sobre el fondo anaranjado. Anillo ausente. Contexto carnoso a carnoso a esponjoso, blanquecino cuando joven, tornándose anaranjado oscuro a verde grisáceo en la madurez. Látex anaranjado.

Basidiosporas [60/3/1] de 8–10 × 6–9 μm (media 9 × 7 μm), $Q = 1.22\text{--}1.25$, $Q_x = 1.20$, globosas a subglobosas, hialinas, de pared delgada, sin poro germinativo, ornamentadas, con verrugas amiloides (Figura 1c). Basidios 49–160 × 10–26 μm , claviformes, tetrasporados. Pleurocistidios ausentes. Queilocistidios 37–56 × 8–14 μm , ampuliformes a claviformes (Figura 1d). Pileipellis en un cutis formado por hifas gelificadas. Fíbulas ausentes.

Distribución: En Argentina en la provincia de Buenos Aires y Misiones (Singer 1956, Wright y Albertó 2002, Niveiro *et al.* 2009), en la región Andinopatagónica (Barroetaveña 2006) y en el Sur central de Chile y Brasil (Palfner *et al.* 2022). Esta especie representa el primer registro para el Paraguay.

Material examinado: Paraguay, Departamento Itapúa, Ciudad Cambyreta, 27°20'53.4"S, 55°48'57.4"W. 14 Junio 2022. Leg. M. Campi 851 (FACEN 005481).

Notas: *Lactarius deliciosus* se caracteriza por una coloración anaranjada muy notoria, que se torna verde en la madurez o la manipulación; además produce un látex, inicialmente anaranjado que, con el corte o manipulación, también se torna verduzco (Niveiro *et al.* 2009). Una especie morfológicamente similar es *Lactarius quieticolor*, que se diferencia por el látex inicialmente anaranjado rojizo, que se torna rojo con el tiempo (Reil 1992, Nuythink y Verbeken 2005). La recolección y consumo de *L. deliciosus* es de origen antiguo y tradicional siendo en la actualidad muy popular en todas las regiones donde existen árboles exóticos de pinos, muy extendidas debido a las reforestaciones (Aceituno Mata 2010). Es catalogado como buen comestible, a pesar de su textura granulosa, se aconseja cocinarlos a la plancha, de esa manera se busca reducir el sabor resinoso (Moreno *et al.* 1986). En Chile se los conoce como “callampa rosada” y en Uruguay como “hongo de los pinos”, muy apreciados por su valor culinario, siendo una de las pocas especies que se comercializa en conservas (Deschamps 2002).

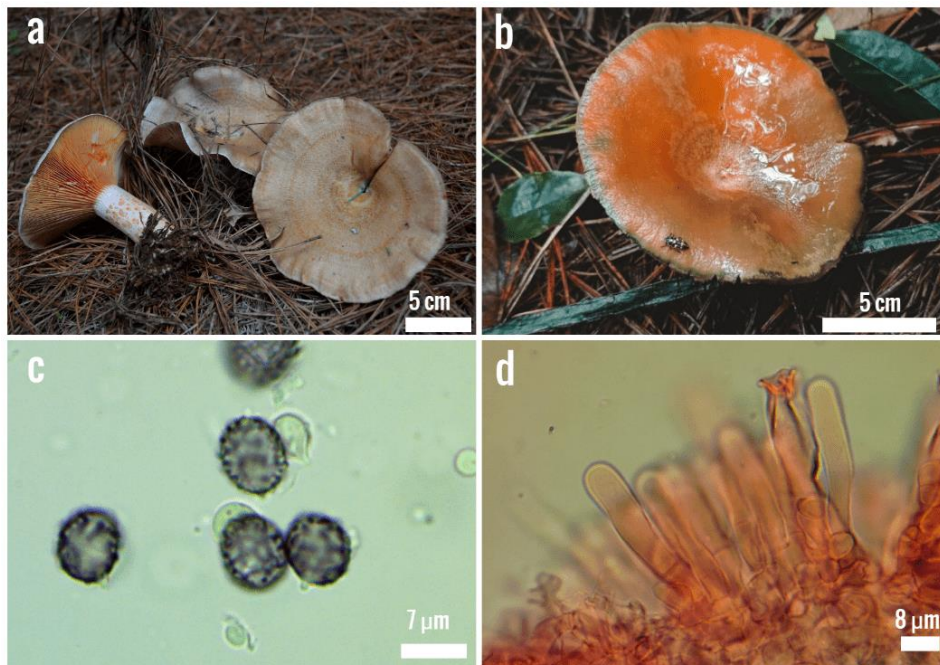


Fig. 1. Características morfológicas de *Lactarius deliciosus* (FACEN 005481). a-b – basidioma fresco; c – basidiosporas ornamentadas, amiloides en melzer; d – queilocistidios ampuliformes a claviformes.

Pisolithus arhizus (Scop.) Rauschert.

Basidioma maduro globoso a subgloboso de 52 – 100 mm de diámetro epigeo, de forma variable, claviforme a piriforme, contrayéndose para formar un estípite corto e irregular de 1–2 cm de largo (Figura 2a). En la parte inferior el cordón micelial se torna verde olivo a amarillo claro, con incrustaciones del sustrato adheridas fuertemente. Peridio de ± 1 mm de espesor, delgado, liso y duro, de aspecto sólido y pesado, de color pardo amarillento, se desgarrá exponiendo puntos oliváceos a negros localizados. Hifas del peridio de 5.3–5.6 μm de diámetro, hialinas, de paredes finas y lisas, con septos y fíbulas. Gleba resistente, compacta y multilocular, dividida en estratos o mosaicos compuestos por pseudoperidiolos irregulares y angulosos de 4×2 mm (Figura 2b). El color varía con el grado de maduración; en la parte basal son de color amarillo, en la parte media son de color marrón claro con algunas rayas amarillas, y en la parte superior, color marrón oscuro de textura polvorienta; esta variación de colores sugiere que la maduración inicia desde el ápice en dirección a la base; en la madurez se convierte en una estructura seca y muy polvorienta de consistencia dura. Hifas de la gleba septadas con fíbulas.

Basidiosporas [60/2/1] de 7–9 \times 6–8 μm (media 8 \times 8,1 μm), $Q = 1.04\text{--}1.02$, $Q_x = 1.02$, esféricas (Figura 2c). Hifas septadas, con fíbulas de 5.3–5.6 μm tanto en peridio como en gleba, hialinas en KOH.

Distribución actual: En Brasil para los Estados de Espírito Santo (Vinha 1988), São Paulo (Bononi et al. 1981), Rio Grande do Sul (Guerrero y Homrich 1999). En Paraguay para el Departamento Central (Campi et al. 2015).

Material examinado: Paraguay, Departamento Central, San Lorenzo, Campus Universidad Nacional de Asunción. 25°20'08.6"S, 57°31'13.4"W. 05 Junio 2023. Leg. B. Veloso 033 (FACEN 005480).

Notas: *Pisolithus arhizus* se caracteriza por sus peculiares pseudoperidiolos que le dan a la gleba un aspecto mármoleo al madurar (Sarasini 2005). Este hongo puede establecer simbiosis con más de 20 géneros de gimnospermas y angiospermas distribuidas en todo el mundo, incluyendo especies forestales de las familias Casuarinaceae, Dipterocarpaceae, Pinaceae y Myrtaceae (Márquez-Fernández *et al.* 2013). *Pisolithus arhizus* se considera comestible cuando se encuentra inmadura (García *et al.* 2006) y además se utiliza en reforestación para sistemas degradados (Roldan *et al.* 1996).

Russula recondita Melera & Ostellari

Píleo de 30–90 mm de diámetro, plano - convexo, infundibuliforme en la madurez, glabro y seco de color blanquecino cuando joven, castaño claro cuando maduro (Figura 3a). Margen incurvado a plano. Laminas adnatas a sinuadas, intervenadas; blancas a crémeas con tonos salmón cuando joven, más crémeo a marrón cuando seco (Figura 3b). Estípite de 30–50 × 10–20 mm, robusto, esponjoso cuando joven, longitudinalmente estriado cuando maduro, hueco, de color blanquecino. Anillo ausente. Contexto blanquecino a crémeo, quebradizo.

Basidiosporas [60/2/1] de 6–9 × 5–7 µm (media 8 × 6 µm), Q = 1.1–1.30, Q_x = 1.24, elipsoides a subglobosas, hialinas, ornamentadas, no congofilas, amiloides (Figura 3 c-d). Basidios 33–50 × 8–13 µm, tetrasporados, estrechamente claviformes; basidiola cilíndrica a estrechamente clavada. Trama lamelar compuesta por esferoscistos, con hifas de contenido ligeramente aceitoso. Pleurocistidios de 37–70 × 6–11 µm, clavados a fusiformes con paredes delgadas. Queilocistidios no observados. Pileipellis de 106–157 µm, compuesta por hifas cilíndricas gelatinizadas de 10–43 × 2–4 µm, de paredes delgadas, a veces ramificadas, laxas; delimitada por esferoscistos. Pileocistidios 14–85 × 3–9 µm, subulados a setiformes, estrechándose hacia el ápice abundantes en el centro del píleo, más dispersos hacia el margen, Fíbulas ausentes.

Distribución: Europa, América del Norte y Asia (Lee *et al.* 2017, Melera *et al.* 2017). En Argentina, ciudad de Corrientes (Ramírez *et al.* 2021). Esta especie representa el primer registro para el Paraguay.

Material examinado: Paraguay, Departamento Central, Ciudad San Lorenzo, Campus Universidad Nacional de Asunción, 25°33'93.8"S, 57°52'06.8"W. 18 septiembre 2018. Leg. Y. Maubet 097 (FACEN 005478). Paraguay, Departamento Central, Ciudad San Lorenzo, Campus Universidad Nacional de Asunción, 25°33'93.8"S, 57°52'06.8"W. 28 Junio 2022. Leg. F. Florentin 012 (FACEN 005479).

Notas: *Russula pectinatoides* Peck se ha citado para Asia, Europa, Norteamérica y Sudamérica (Wright y Albertó 2002, Adamčík *et al.* 2013, Li *et al.* 2015), sin embargo, constituye un complejo de especies de la cual se han descrito otros taxones como *Russula praetervisa* y *R. recondita* (Sarnari 1998, Melera *et al.* 2017, Adamčík *et al.* 2013, Ramírez *et al.* 2021). Posteriormente, el complejo de *R. pectinatoides* fue analizado, reafirmando que *Russula recondita* corresponde a una nueva especie (Melera *et al.* 2017). Mas adelante, utilizando análisis moleculares, *R. recondita* fue descrita en plantaciones de *Pinus* exóticos de Corrientes, Argentina (Ramírez *et al.* 2021). El ejemplar de Paraguay se cita como *R.*

recóndita, sin embargo, esta identificación debe ser confirmada por análisis moleculares, ya que *Russula recondita* y *R. pectinatoides* son morfológicamente muy parecidas y poseen el mismo hospedero (Melera et al. 2017, Ramírez et al. 2021). En comparación con otros ejemplares, *R. recóndita* posee un sabor algo suave, inicialmente poco perceptible, que luego cambia a un sabor más intenso parecido al caucho (Melera et al. 2017).

Suillus granulatus (L.) Roussel.

Píleo de 20–60 mm de diámetro, convexo a plano, de superficie húmeda, viscosa, liso, de color marrón amarillento a marrón rojizo, de margen entero y curvo (Figura 4a,c). Cutícula suave y viscosa, separándose fácilmente del píleo. Himenóforo poroide, tubos cortos de hasta 5 mm, adnatos, blanquecino cuando joven, amarillento cuando maduro; poros angulares sobre la superficie himenial, de 1 – 2 mm (Figura 4b), de color amarillento. Estípite de 15–45 × 5–13 mm, central, ligeramente excéntrico, blanquecino cuando joven, amarillo en la madurez, solido, cilíndrico, con granulaciones apicales, de color rojizo a castaño, micelio blanco en la base. Anillo ausente. Contexto carnoso y amarillento.

Basidiosporas [60/2/1] de 7–9 × 3–4 µm (media 8–3 µm), Q = 2.59–2.91; Q_x = 2.70, ovoides a fusiformes, con ápice pequeño y gutula central, lisa, de color marrón amarillento, inamiloide (Figura 4d). Basidios de 18–30 × 5–7 µm, claviformes, tetrasporados. Pleurocistidios de 16–30 × 4–5 µm, fusiformes con gutulas parduscas. Pileipellis formada por hifas gelificadas, cilíndricas y enredadas. Sin fíbulas.

Distribución: En Brasil en el estado de Santa Catarina (Giachini et al. 2000); en Argentina en las provincias de Entre Ríos, Tucumán, Corrientes, Misiones y Buenos Aires (Niveiro et al. 2009, Deschamps 2002). En Paraguay, para el Departamento Central (Campi et al. 2015), se amplía su distribución para los departamentos Alto Paraná y Guaira.

Material examinado: Paraguay, Departamento Alto Paraná, Ciudad Colonia Yguazu, 25°27'41.29"S, 55°0'14.79"W, 24 abril 2021. Leg. M. Campi 798 (FACEN 005476). Paraguay, Departamento Central, San Lorenzo, Campus Universidad Nacional de Asunción, 25°20'07.0"S, 57°31'08.6"W. 13 agosto 2021. Leg. E. Cristaldo 076 (FACEN 005300). Paraguay, Departamento Guaira, Ciudad Villarrica, 25°42'56"S, 56°18'12"W. 29 junio 2019. Leg. M. Campi 305 (FACEN 005477).

Notas: *Suillus granulatus* se caracteriza por la exudación de gotitas blanquecinas de látex en especímenes jóvenes sobre el himenio, que luego caen al estípite dejando granulaciones características, además esta especie crece formando asociaciones micorrícicas con varias especies de *Pinus* sp., siendo habitual en pinares jóvenes y reforestados (Blanco et al. 2012). La distribución es casi global, relacionándose con el área de las especies hospederas (Niveiro et al. 2009). *Suillus granulatus* es comestible cuando se encuentra en estadios jóvenes, quitando previamente la cutícula del píleo, además posee una carne blanda y algo glutinosa, que se torna más blanda y esponjosa con el tiempo. Se consume preferiblemente deshidratado bien cocido cuando fresco (Barroetaveña 2016). En Sudamérica su consumo es algo habitual, rara vez comercializado en el litoral atlántico de Argentina y Uruguay (Niveiro et al. 2009).



Fig. 2. Características morfológicas de *Pisolithus arhizus* (FACEN 005480). a – basidioma fresco; b – corte transversal del basidioma exponiendo los peridioles; c – basidiosporas ornamentadas.

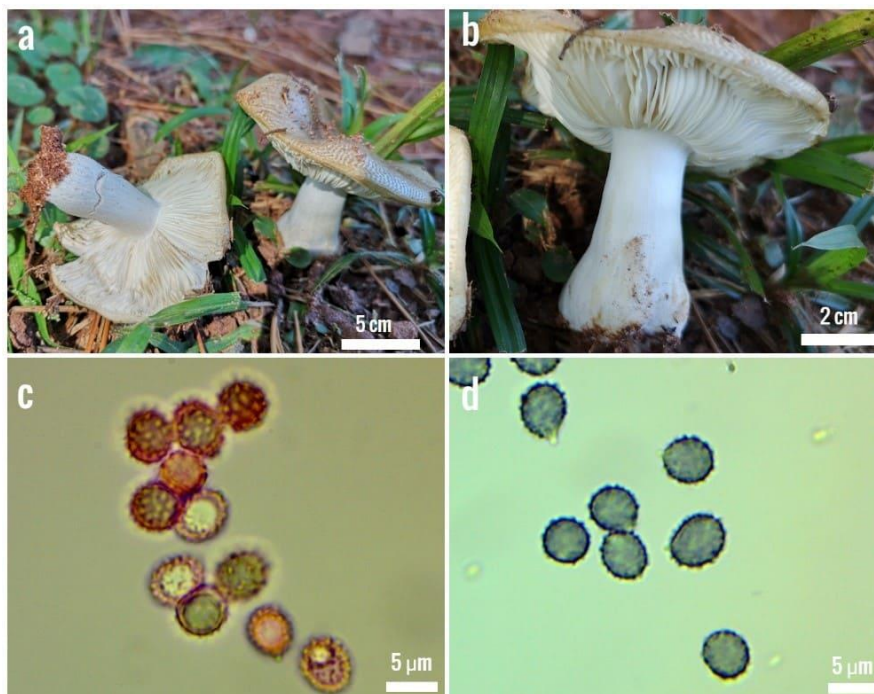


Fig. 3. Características morfológicas de *Russula recondita* (FACEN 005479). a – basidioma fresco; b – detalle de las láminas; c-d – basidiosporas ornamentadas en rojo congo y melzer.

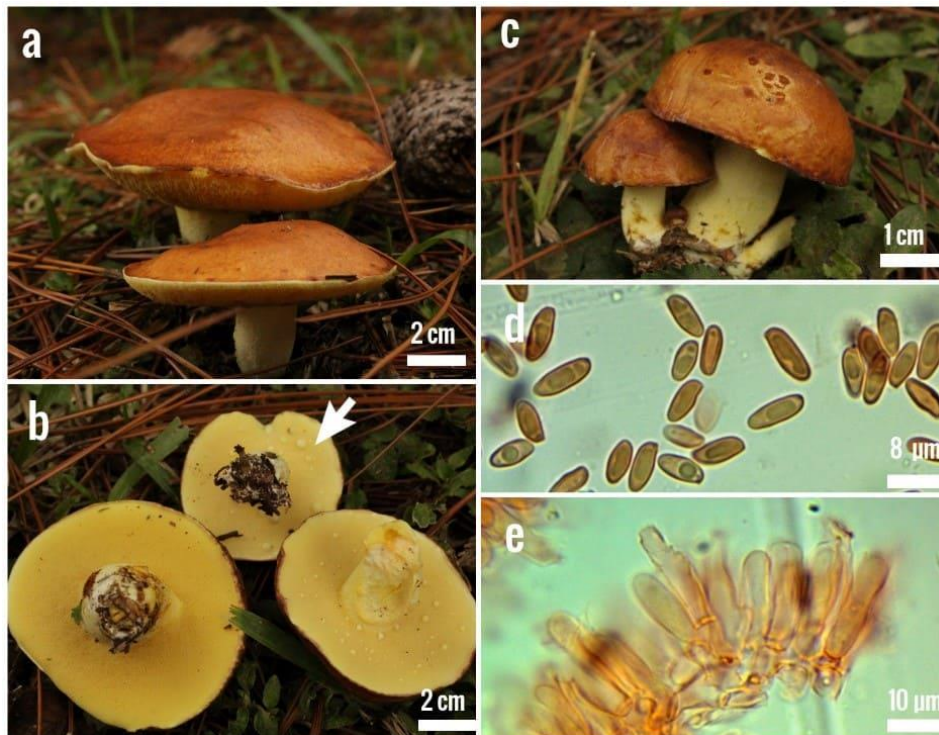


Fig. 4. Características morfológicas de *Suillus granulatus* (FACEN 005476). a-c – basidioma fresco; b – detalle del himenio con gúttulas de latex blanquecino; d – basidiosporas en rojo congo (FACEN 005300); e – pleurocistidios en rojo congo (FACEN 005300).

Suillus salmonicolor (Frost) Halling.

Píleo de 25–65 mm de diámetro, ampliamente cónico, tornándose plano en el margen, glutinoso, con escamas finamente deprimidas, moderado a fuertemente viscoso cuando esta mojado, color ocre amarillo (Figura 5a). Margen entero, incurvado, ondulado, apendiculado a veces con excedente. Himenoforo poroide, tubos adnatos, ligeramente decurrentes, color amarillo ocre. Estípite de 35–55 × 8–15 mm de ancho, ligeramente ahusado y tomentoso en la base, color amarillo en el ápice, tornándose salmón pálido hacia la base. Velo pegajoso, viscido, blanco y algodónoso. Anillo descendente, adherido, viscoso, de color gris blanquecino (Figura 5b). Contexto suave, color salmón pálido, que se oscurece al manipularse. Olor afrutado de sabor dulce.

Basidiosporas [90/3/1] de 8–9 × 2–3 μm (media 8–3 μm), $Q = 2.75 - 2.81$; $Q_x = 2.79$, fusiformes, de color canela pálido en Melzer (Figura 5c). Basidios de 18–22 × 5–7 μm, cilíndricos a clavados, tetrasporados. Basidiolos claviformes y cilíndricos (Figura 5d). Pleurocistidios de 11–55 × 5–8 μm, fasciculados o raramente solitarios, subcilíndricos a claviformes, de pared delgada, con contenido de color marrón amarillento, algo granular. Pileipellis en un ixotricoderma de hifas de 3 × 6 μm de diam, hialinas en KOH, con células terminales cilíndricas. Estipipellis con hifas paralelas, subgelatinosas en algunas áreas, hialinas en KOH, con pruinas del estípite formadas por fascículos de caulocistidios. Hifas del anillo entrelazadas, algunas paralelas. Fíbulas ausentes.

Distribución actual: Este de Canadá hasta el Sur de Florida en América del Norte, en Belice, Republica Dominicana (Ortiz-Santana et al. 2007) y en Guatemala (Flores y Bran 2018). Esta especie representa el primer registro para el Paraguay.

Material examinado: Paraguay, Departamento Alto Paraná, Ciudad Hernandarias, Refugio Biológico Tati Yupi, 25°21'59.5"S, 54°34'47.2"W. 10 Abril 2015. Leg. M. Campi 055 (FACEN 004281).

Notas: *Suillus salmonicolor* se diferencia de otras especies del género por la presencia de un velo colgante glutinoso, anillo persistente y viscido y de glándulas de color marrón rojizo a oscuro en el estípite (Halling 1983). Estas características coinciden con el material estudiado, por lo que se concluye que el ejemplar de Paraguay es *S. salmonicolor*. Sin embargo, se describen queilocistidios cilíndricos para muestras de Centroamérica (Ortiz-Santana et al. 2007), que no se observaron en el ejemplar de Paraguay. Para su consumo se recomienda quitar la cutícula viscosa del píleo, el velo parcial y la capa de los tubos antes de su preparación a modo de evitar posibles molestias gastrointestinales (Bessette y Fischer 1992, Bessette y Neill 2001).

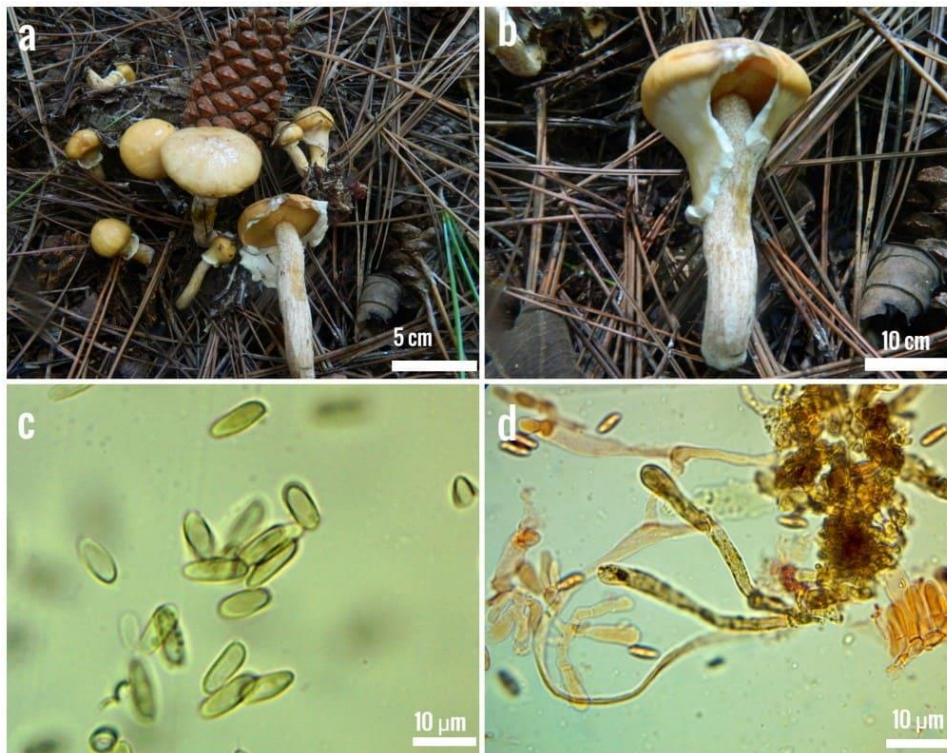


Fig. 5. Características morfológicas de *Suillus salmonicolor* (FACEN 004281). a – basidioma fresco; b – detalle del anillo; c – basidiosporas en melzer; d – basidiolas en rojo congo.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción, por el apoyo y la asistencia en las instalaciones utilizadas para realizar este trabajo. También se agradece a Brenda Veloso por los comentarios y el apoyo brindado. Así mismo se agradece a Emanuel Grassi por proporcionar amablemente las fotografías del *Lactarius deliciosus*.

Referencias

- Adamčík S, Carteret X, Buyck B. 2013. Type studies on some *Russula* species described by C.H. Peck. *Cryptogam Mycol.* 34(4): 367-391.
- Aceituno Mata L. 2010. Estudio Etnobotánico y Agroecológico de la Sierra Norte de Madrid [tesis doctoral]. 598 p. Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Barroetaveña C. 2006. Hongos asociados a las plantaciones forestales de la región Andino Patagónica. Manual 6. CIEFAP: Esquel. 64 p.
- Barroetaveña C, Toledo C, Rajchenberg M. 2016. Hongos comestibles silvestres de plantaciones forestales y praderas de la región Andino Patagónica. Manual 17. CIEFAP: Esquel. 43 p.
- Becerra A, Zak M. 2011. La simbiosis ectomicorrícica en América del Sur: morfología, Colonización y Diversidad. *Biología del Suelo* 25: 19–41.
- Bessette A, Neill W. 2001. *Mushrooms of Cape Cod and the National Seashore*. Syracuse University Press: Syracuse. 188 p.
- Bessette A, Fischer D. 1992. *Edible Wild Mushrooms of North America: a Field-to-Kitchen Guide*. University of Texas Press: Austin. 264 p.
- Boa E. 2004. Wild edible fungi: a global overview of their use and importance to people. *Non-Wood Forest Products*, no. 17. FAO: Roma. 147 p.
- Bononi V, Trufem S, Grandi R. 1981. Fungos macrocópicos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo. Brasil, depositado no Herbario do Instituto de Botânica. *Rickia* 9: 37-53.
- Blanco D, Fajardo J, Verde A, Rodríguez C. 2012. Etnomicología de los hongos del género *Suillus*, una visión global. *Bol Soc Micol Madrid.* 36: 175-186.
- Campi M, Maubet Y, Britos L. 2015. Mycorrhizal fungi associated with plantations of *Pinus taeda* L. from the National University of Asunción, Paraguay. *Mycosphere* 6(4): 486-492.

- Campi M, Mancuello C, Maubet Y, Cristaldo E, Veloso B, Ferreira F, Thornton L, Robledo G. 2023. Biochemical, nutritional, and toxicological properties of the edible species *Phlebopus beniensis* with ethnomycological notes from Paraguay. *Braz J Food Technol.* 26: e2022126.
- Deschamps J. 2002. Hongos silvestres comestibles del Mercosur con valor gastronómico. Documento de Trabajo N° 86. Buenos Aires: Universidad de Belgrano. 25 p.
- Flores R. Bran, M. 2018. Diversity of mycorrhizal fungi in *Pinus caribaea* forest in Poptun, Guatemala. *Revista Científica* 27(2): 33-47.
- Frost C. 1874. Catalogue of boleti of New England, with descriptions of new specie. *Bull Buffalo Soc Nat Sci.* 2: 100-105.
- García J, Pérez-Moreno J, Aldrete A, Cetina-Alcalá V, Vaquera-Huerta H. 2006. Caracterización del hongo silvestre ectomicorrízico *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker et Couch en cultivo y en simbiosis con eucalipto y pino. *Agrociencia* 40: 665-676.
- Giachini A, Oliveira L, Castellano M, Trappe J. 2000. Ectomycorrhizal fungi in *Eucalyptus* and *Pinus* plantations in Southern Brazil. *Mycologia* 92: 1166-1177.
- Guerrero R, Homrich M. 1999. Fungos Macroscópicos Comuns no Rio Grande do Sul – Guia para Identificação. 2a ed. Porto Alegre: Editorial UFRGS. 128 p.
- Guin-Po C. 2021. Influencia de medios de cultivo y niveles de pH en el crecimiento in vitro de 6 cepas de 3 especies del género *Suillus*. *CIFOR* 27(3):17-33.
- Halling E. 1983. Boletes described by Charles C. Frost. *Mycologia*: 70-92.
- Langdon B, Pauchard A, Aguayo M. 2010. *Pinus contorta* invasion in the Chilean Patagonia: local patterns in a global context. *Biol Invasions*.12: 3961-3971
- Largent L, Johnson D, Watling R. 1977. How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features. Eureka, California: Mad River Press. 148 p.
- Lee H, Park M, Jung P, Eimes J, Seok S, Lim Y. 2017. Re-evaluation of the taxonomy and diversity of *Russula* section *Foetentinae* (Russulales, Basidiomycota) in Korea. *Mycoscience* 58(5): 351-360.

- Li G, Zhao D, Li S, Wen H. 2015. *Russula chiui* and *R. pseudopectinatoides*, two new species from southwestern China supported by morphological and molecular evidence. *Mycol Prog.* 14: 1-14.
- Lilleskov E, Parrent J. 2007. Can we develop general predictive models of mycorrhizal fungal community-environment relationship? *New Phytol.* 174: 250-256.
- Looney B, Ryberg M, Hampe F, Sanchez-García M, Matheny P. 2016. Into and out of the tropics: global diversification patterns in a hyperdiverse clade of ectomycorrhizal fungi. *Mol Ecol.* 25: 630-647.
- López J. 1974. *Temas Forestales del Paraguay*. Editorial del Ministerio de Agricultura y Ganadería, Asunción-Paraguay, Departamento de Divulgación e Impresiones. 38-45p.
- Márquez-Fernández O, Herrera E, Castellanos-Onorio O, Estrada-Torres A, Trigos A. 2013. Identificación de un Derivado de Lanosterol procedente del Hongo cultivado *Pisolithus arhizus* (Scop.) Rauschert. *Rev Chapingo Ser Cienc For Ambient.* 19(2): 218-224.
- Melera, S, Ostellari C, Roemer N, Avis P, Tonolla M, Barja F, Narduzzi-Wicht B. 2016. Analysis of morphological, ecological and molecular characters of *Russula pectinatoides* Peck and *Russula praetervisa* Sarnari, with a description of the new taxon *Russula recóndita*, Melera & Ostellari. *Mycol Prog.* 16: 117-134.
- Melgarejo-Estrada E, Ruan-Soto F, Ibarra-Merida M. 2018. Conocimiento popular acerca de la K'llampa de pino (*Suillus granulatus* L. Roussel) en la localidad de Alalay, Mizque (Cochabamba, Bolivia): un ejemplo de dialogo de saberes. *Etnobiología* 16(2):76-86.
- Moreno G, Manjon L, Zugaza A. 1986. *La guía de Incafo de los Hongos de la Península Ibérica*. Tomos I y II. Madrid: INCAFO. 1276 pp.
- Niveiro N, Popoff O, Albertó E. 2009. Hongos Comestibles Silvestres: especies exóticas de *Suillus* (Boletales, Basidiomycota) y *Lactarius* (Russulales, Basidiomycota) asociadas a cultivos de *Pinus elliottii* del nordeste argentino. *Bonplandia* 18: 65-71.
- Noguera M. 2003. Estudio del crecimiento de *Pinus taeda* L. y *Pinus elliottii* Engelm, en la localidad de Pirapó, Departamento Itapúa [Tesis de grado] 9-10 p. Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Silvicultura y Ordenación Forestal, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay
- Nouhra E, Hernandez M, Pastor N. 2012. The species of *Scleroderma* from Argentina, including a new species from the Nothofagus forest. *Mycologia* 104(2): 488-495.

- Nouhra E, Palfner G, Kuhar F, Pastor N, Smith M. 2019. Ectomycorrhizal fungi in South America: their diversity in past, present and future research. In: Pagano MC, Lugo MA, editors. Mycorrhizal Fungi in South America. Suiza: Springer, p 73-95.
- Nuñez M, Pauchard A, Langdon B, Jimenez A, Cavieres L, Peña E. 2014. Pináceas invasoras en el sur de Sudamérica: Patrones, mecanismos e impactos potenciales. In: Jaksic F, Castro S, editors. Invasiones Biológicas en Chile: Causas Globales e Impactos Locales. Santiago: Ediciones UC. p. 283-308.
- Nuythink J, Verveken A. 2005. Morphology and taxonomy of the European species in *Lactarius* sect. *Deliciosi* (Russulales). Mycotaxon 92: 125-168.
- Ortiz-Santana B, Lodge D, Baroni T, Both E. 2007. Boletes from Belize and the Dominican Republic. Fungal Divers. 27: 247-416.
- Palfner, G. 2011. First record of *Russula pectinatoides* Peck (Basidiomycota, Russulaceae) from Chile. Gayana - Botanica 68: 333-337.
- Palfner G, Salazar V, Estrada E, Lechner B, Martínez J, Bralic I, Katny A. 2022. Edible Ectomycorrhizal Mushrooms in South America. In: Lugo MA, Pagano MC, editors. Mycorrhizal Fungi in South America. Cham: Springer. p. 321-337.
- Pérez-Moreno J, Guerin-Laguette A, Rinaldi C, Yu F, Verbeken A, Hernández-Santiago F, Martínez-Reyes M. 2021. Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change? Plants People Planet 3: 471-490.
- Peña-Cañón E, Henao-Mejía, L. 2014. Conocimiento y uso tradicional de hongos silvestres de las comunidades campesinas asociadas a bosques de roble (*Quercus humboldtii*) en la zona de influencia de la Laguna de Fúquene, Andes Nororientales. Etnobiología 12: 28-40
- Ramírez N, Zacarias L, Salvador-Montoya C, Tasselli M, Popoff O, Niveiro N. 2021. *Russula* (Russulales, Agaricomycetes) associated with *Pinus* spp. plantations from northeastern Argentina. Rodriguésia 73: e02372020.
- Reil P. 1992. Die rotmilchende Reizker. Sudwestdeutsche Pilzrundschau. 28: 2-8.
- Roldan A, Querejeta I, Albaladejo J, Castillo V. 1996. Growth response of *Pinus halepensis* to inoculation with *Pisolithus arhizus* in a terraced rangeland amended with urban refuse. Plant Soil. 179: 35-43

Sarasini M. 2005. Gasteromiceti epigei. Brescia: Associazione Micologica Bresadola. 406 p.

Singer, R. 1956. The *Armillaria mellea* group. *Lloydia* 19(3): 173-187

Singer R, Morello J. 1960. Ectotrophic Forest tree mycorrhizae and forest communities. *Ecology* 41: 549-551.

Vinha P. 1988. Fungos macroscópicos do estado do Espírito Santo depositados no herbário central da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. *Hoehnea* 15: 57-64.

Wright J, Albertó E. 2002. Hongos. Guía de la región Pampeana. I. Hongos con laminillas. Buenos Aires: LOLA. 279 p.