

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

Favolus rugulosus del Neotrópico: primera bioprospección para su valoración en la industria alimenticia

Brenda Veloso, Michelle Campi, Yanine Maubet, Enzo Cristaldo, Claudia Mancuello, Francisco Ferreira

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.6505>

Enviado en: 2023-07-28

Postado en: 2023-07-31 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

***Favolus rugulosus* del Neotrópico: primera bioprospección para su valoración en la industria alimenticia.**

***Favolus rugulosus* from the Neotropics: first bioprospecting for its evaluation in the food industry.**

Brenda Veloso-Paredes¹, brevelpa@gmail.com, Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0001-6093-6597>

Michelle Campi-Gaona¹, geraldinecampi@gmail.com, Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0001-8809-0159>

Yanine Maubet-Cano¹, ymaubet@gmail.com, Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0002-0322-6238>

Claudia Mancuello-Chaparro¹, clau.man87@gmail.com, Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0002-2960-3820>

Enzo Cristaldo-Centurión¹, eleo.criscent@gmail.com, Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0002-2221-3395>

Francisco Ferreira¹, franciscoferreira@facen.una.py, Orcid ID:

<http://orcid.org/0000-0002-2793-6824>

Received: XX/XX/2023 • Accepted: XX/XX/202X • Published: XX/XX/202X

Resumen

[Objetivo] El objetivo del trabajo fue evaluar la producción indoor de *Favolus rugulosus* en distintos sustratos y realizar los análisis de composición proximal de los basidiomas cultivados. **[Metodología]** La especie en estudio fue identificada por análisis morfológicos y filogenéticos basados en el marcador ITS. Se evaluó la capacidad de domesticación de la especie mediante el cultivo en distintos sustratos de fácil acceso, se cuantificó el contenido de compuestos fenólicos totales, antioxidantes y se realizó el análisis proximal de los basidiomas obtenidos. **[Resultados]** La mezcla eucalipto-paja resultó ser el mejor sustrato para la producción de basidiomas, por producir rindes más altos en un tiempo intermedio (45 días); la mayor concentración de compuestos fenólicos (35.6 ± 2.6 mg GAE g⁻¹) y antioxidantes (13.6 ± 1.3 mg AAE g⁻¹) se obtuvo en la fracción de acetato de etilo; en cuanto la composición proximal, *F. rugulosus* contiene 20 % proteínas, 15,4 % carbohidratos, 25,2 % fibra alimentaria y 5,7 % de grasas. **[Conclusiones]** Los análisis de composición química y nutricional del basidioma cultivado revelan que *F. rugulosus* es una fuente rica en proteínas, carbohidratos, fibra alimentaria y ácidos grasos esenciales.

Palabras clave: ácidos grasos esenciales; bioactivo; composición proximal; domesticación, neotrópico.

Abstract

[Objective] Our main objective was to evaluate *Favolus rugulosus* indoor production in different substrates and to analyze the proximal composition of cultivated basidiomata. **[Methodology]** The studied species was identified by morphological and phylogenetic analyses based on ITS markers. Domestication capability was evaluated in different easy-access substrates. Total phenolic content and antioxidant activities were quantified, and proximal content was analyzed on cultivated

basidiomata. **[Results]** Eucalypts sawdust-straw mixture produced basidiomata in higher yields in an intermediate amount of time (45 days). The highest concentration of phenolic compounds (35.6 ± 2.6 mg GAE g^{-1}) and antioxidants (13.6 ± 1.3 mg AAE g^{-1}) were obtained in the ethyl acetate fraction. Regarding proximal composition, *F. rugulosus* is composed of 20 % proteins, 15,4 % carbohydrates, 25,2 % dietary fiber and 5,7 % fat. **[Conclusions]** Nutritional composition analyses on cultivated basidiomata revealed *F. rugulosus* to be high in protein, carbohydrates, dietary fiber and essential fatty acids.

Keywords: bioactive; essential fatty acids; domestication; neotropic; proximal composition.

Introducción

Los hongos se han utilizado como nutraceutico, medicamento y fuente de alimento a lo largo de la evolución del hombre (Bakratsas *et al.*, 2021). En la industria alimenticia, los hongos son reconocidos por sus diversas cualidades, ya sea como alimentos (setas) o como mediadores en los procesos biotecnológicos para la obtención de alimentos (Karim, 2020). Con respecto al aspecto nutricional, los hongos comestibles contienen un alto contenido de fibra alimentaria y proteínas, además de ser bajos en grasas (Campi *et al.*, 2023). El creciente interés sobre el consumo de alimentos seguros y saludables ha impulsado la búsqueda de fuentes bioactivas naturales que ofrezcan beneficios para la salud, además de sus valores nutritivos (Das *et al.*, 2021). Las setas son valoradas como *delicatesen* por sus propiedades organolépticas asociadas al sabor “*UMAMP*”, un sabor intenso y agradable codiciado en el área gourmet y característico del Reino Fungi (Sun *et al.*, 2020). Los hongos también son considerados alimentos funcionales por producir compuestos bioactivos y terapéuticos beneficiosos para la salud (Kim y Kim, 1999; Zhou y Gao, 2002; Dimopoulou *et al.*, 2022). El aprovechamiento de setas precisa de una producción continua y la adecuada estandarización de procesos para el cultivo extensivo. En el 2021 tamaño del mercado mundial de hongos se valoró en USD 50 300 millones y se espera una tasa de crecimiento anual del 9,7% entre 2022 y 2030 (Mushroom Market Size & Share, SF). Entre las especies más cultivadas en Latino América se citan al *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach y varias especies de género *Pleurotus*, seguida de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (Martínez-Carrera, 2000).

El género *Favolus* comprende especies con distribución neotropical y pantropical (Tianara *et al.*, 2020; Palacio *et al.*, 2021). Las especies *Favolus tenuiculus* P. Beauv, *F. alveolaris* (Bosc) Fr., y *F. brasiliensis* (Fr.) Fr., han sido citadas como comestibles en México (Ruán-Soto *et al.*, 2006; Jiménez *et al.*, 2013; del Moral Cervantes, 2015) y en Brasil, se han citado las especies *F. brunneolus* Berk & Curt, *F. brasiliensis*, *F. tessellatus* Mont., *F. yanomami* Palacio & Menolli, *F. radiatifibrillosus* Palacio & R. M. Silveira y *F. rugulosus* Palacio & R. M. Silveira como comestibles y se ha registrado el uso alimenticio de estas especies por la tribu Yanomami (Prance, 1984; Palacio *et al.*, 2021). Para el Paraguay se ha citado la especie *Favolus brasiliensis* (citado como *F. tenuiculus*), para los Departamentos Central y Paraguari (Campi *et al.*, 2018; Campi *et al.*, 2021; Palacio *et al.* 2021). Las diferencias morfológicas de las especies de *Favolus* citadas como comestibles son sutiles y muchas veces resultan insuficientes para la determinación taxonómica, por lo tanto la integración de herramientas como los análisis morfológicos, filogenéticos y ecológicos son indispensables para la correcta identificación de especies de este género.

Favolus rugulosus está catalogado como comestible y recientemente se ha evaluado la factibilidad de domesticación y cultivo en distintos sustratos (Sanchez-Ocampo *et al.*, 2022). El objetivo de este trabajo fue la domesticación y evaluación de producción en tres combinaciones de sustratos disponibles en el mercado y el primer análisis proximal nutricional, químico y biológico del basidioma, previa identificación taxonómica morfológica y molecular para garantizar su identidad.

Materiales y métodos

Colecta y aislado de cepa

Se colectaron basidiomas frescos de *F. rugulosus* del Campus Universitario de la Universidad Nacional de Asunción, ubicado en la ciudad de San Lorenzo, Departamento Central (25°33'58.1"S y 57°51'93.8"W). La muestra analizada fue depositada en el Herbario de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la Universidad Nacional de Asunción con código de entrada a herbario FACEN 005252. Del contexto del basidioma fresco se aisló un fragmento en agar malta para la obtención de la cepa siguiendo los lineamientos de Mata y Salmones (2021). La cepa axénica fue depositada en el cepario de la FACEN UNA (código FC59).

Identificación

Análisis morfológicos

La identificación taxonómica se realizó bajo los lineamientos de Largent *et al.*, (1977) y Palacio *et al.*, (2021). Se realizaron cortes a mano alzada bajo esteroscopio (BOECO), se hidrató el tejido con KOH (Merck) (3 %), las tinciones se realizaron con floxina o rojo congo y las mediciones de esporas se realizaron en Melzer según lineamientos de Palacio *et al.*, (2021) con un microscopio BOECO BM-800 con cámara incorporada.

Análisis moleculares

La extracción de ADN se realizó a partir del basidioma seco según el protocolo de Doyle, (1991) con modificaciones de Góes-Neto *et al.*, (2005). La región ITS (ITS1, 5.8S y ITS2) fue amplificada con los cebadores ITS1F/ITS4B (White *et al.*, 1990; Gardes y Bruns, 1993; Hopple y Vilgalys, 1999), con los parámetros propuestos por Gómez-Montoya *et al.*, (2017). Los productos de amplificación fueron purificados y secuenciados en Macrogen.

Para la estimación de la estrategia de partición y el modelo de evolución de nucleótidos de mejor ajuste, se utilizó la herramienta ModelFinder (Kalyaanamoorthy *et al.*, 2017) implementado en el software IQ-Tree (Nguyen *et al.*, 2015) para el conjunto de datos de 16 bloques (nc28S rDNA; ITS1; 5.8S; ITS2). Los modelos fueron restringidos a aquellos implementados en MrBayes 3.2 (Ronquist *et al.*, 2012). Se aplicaron análisis filogenéticos de inferencia bayesiana (BI) y máxima verosimilitud (ML) al conjunto de datos concatenados utilizando el esquema de partición y los modelos evolutivos definidos por ModelFinder. La Inferencia Bayesiana se realizó según Costa-Rezende *et al.*, (2020). Las búsquedas de máxima verosimilitud se realizaron con IQ-TREE. El análisis MrBayes 3.1.2 se realizó en el portal científico CIPRES (Miller *et al.* 2012; <http://www.phylo.org/>).

Características de cultivo en placa

Se describieron las características macro y micro-morfológicas del cultivo en placa mediante microscopía, se utilizó KOH (Merck) 3 % como medio de hidratación y rojo congo como reactivo de tinción. Se evaluó la velocidad de crecimiento mediante cultivo de inóculos de 5 mm de diámetro en medio de cultivo sólido como: PDA (Potato Dextrose Agar, Merck), Malta (Merck) y Sabouraud (Merck) por cuadruplicado. El crecimiento micelial se midió en milímetros por día (mm día^{-1}) con un escalímetro de Vernier, para cada medio de cultivo estudiado; la densidad del micelio se determinó según las claves de identificación de la densidad del micelio en medios de cultivo de Mata y Salmones, (2021).

Producción *indoor* de basidiomas

Se evaluó la producción de basidiomas en distintos sustratos: aserrín de eucalipto (E), paja Gatton panic (P) y la combinación de ambas (EP) en proporción 1:1. Se ajustó el pH con carbonato de

calcio al 1 %, se hidrató con agua destilada al 50 % del peso total y recibió un tratamiento térmico de 121 °C por 20 min. Las pruebas se realizaron por cuadruplicado. Las condiciones de fructificación se mantuvieron dentro de los parámetros: humedad 80 %, temperatura entre 30 a 38 °C y ciclos de luz de 12 horas para simular el día y la noche. Los cálculos de rendimiento y eficiencia biológica se determinaron mediante las formulas $R = [(\text{Peso fresco de basidiomas}/\text{Peso fresco de sustrato}) \times 100]$ la eficiencia biológica $EB \% = [(\text{Peso fresco de basidiomas}/\text{Peso de sustrato seco}) \times 100]$, establecidas por Ruegger, *et al.*, (2001).

Preparación de extractos

Las extracciones con disolventes por gradiente de polaridad se realizaron con la técnica de Heleno *et al.*, (2011) con modificaciones. Se pesaron diez gramos de basidioma cultivado, previamente liofilizado y molido, se maceró en (3x150 mL) metanol:agua 80:20 y se sonicó (Digital Ultrasonic Cleaner) durante 2 horas, luego se filtró con un filtro de fibra de vidrio de 1mm. La solución final filtrada se evaporó a 60 °C a presión reducida (RC Ingenery-RE 200A) para eliminar el metanol. La fase acuosa se sometió a una extracción líquido-líquido con éter de petróleo (3x100 mL), n-hexano (3x100 mL), cloroformo (3x100 mL) y acetato de etilo (3x100 mL). Las fases orgánicas y el resto acuoso se evaporaron a 40 °C hasta sequedad, se volvieron a disolver en metanol para los ensayos.

Cuantificación de fenoles totales

La concentración de compuestos fenólicos totales en los extractos se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich®) siguiendo lineamientos de Campi *et al.*, (2023) utilizando ácido gálico (Sigma-Aldrich®) como patrón. El contenido total de compuestos fenólicos se calculó como mg g⁻¹ equivalentes de ácido gálico (GAE). Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

Determinación de actividad antioxidante por captación de radicales DPPH

La concentración de compuestos antioxidantes y la actividad se midieron según Campi *et al.*, (2023) en un espectrofotómetro (GENESYS 140 Vis de Thermo Scientific), las pruebas se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron como la media del análisis realizado por triplicado en miligramos de ácido ascórbico equivalente por g de extracto crudo (mg AAE g⁻¹) ± desviación estándar (DE). El porcentaje de actividad (A) se calculó como:

$$A = 100 (\text{AbsDPPH} - \text{AbsSol}) / \text{AbsDPPH}$$

Donde AbsDPPH y AbsSol son las absorbancias de DPPH en solución y DPPH con extracto respectivamente, medidas a 517 nm.

Perfil nutricional

El contenido de humedad (Estufa para secado, San Jor Modelo SL30SDR), cenizas (Mufla, Haereaus M110) y grasas (extractor soxhlet y Randall, Boeco) se analizó siguiendo los estándares de la norma mexicana (NMX-F-089-S, 1978; NMX-F-083, 1986; NMX-F-066-S, 1978) con modificaciones para determinación de grasas, utilizando con hexano (Supelco) como solvente de extracción. El contenido de proteína (N x 4.38) (Breene, 1990; Chang y Miles, 2004) (digestor y destilador de Kjeldhal Velp Modelo DK42) (digestor y destilador de Kjeldhal Velp Modelo DK42) y fibra alimentaria (Baño María, Nexus; Mufla, Haereaus M110; Digestor, Velp Modelo DK42; Estufa, Thermo Serie Heratherm; Balanza analítica Radweg AS220; Enzimas, Sigma-Aldrich®) se analizó siguiendo estándares de la AOAC 2000 (Association of Official Analytical Chemists; N° 960.52; N° 985.29) respectivamente. El contenido de carbohidratos se calculó siguiendo los lineamientos de Fernandes *et al.*, (2012) con modificaciones usando ácido sulfúrico (Merck) 98%, ácido perclórico (Cicarelli) 50 % v/v, reactivo antrona (9,10 dihidro, 9 oxoantraceno) (Fluka

Analytical) y glucosa (Merck) como estándar de referencia; el contenido de carbohidratos totales se calculó como mg g⁻¹ de equivalente de glucosa. El valor energético se calculó siguiendo estándares del Reglamento Técnico Mercosur 46/03.

Perfil de ácidos grasos

El perfil de ácido grasos y porcentaje de abundancia se determinó según estándares de la AOAC 1969, N° 969.33 en un cromatógrafo de gases (Shimadzu Modelo 2010 Plus).

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como la media aritmética ± desviación estándar, cada muestra se realizó por triplicado en experimentos independientes. Se utilizó la prueba t-Student para todos los ensayos con una $p < 0,05$. El análisis estadístico se realizó con el programa PAST (Hammer, 2001).

Resultados y discusión

Identificación Taxonómica

Análisis morfológicos

Favolus rugulosus se distingue morfológicamente por la superficie del píleo pubescente con pelos cortos (hasta 100 µm) y finos; basidiosporas; pileipellis plagiotricodermal caracterizada por la disposición radial de las hifas basales e hifas terminales proyectadas en fascículos. Las características morfológicas de las muestras analizadas coinciden con las descritas por Palacio *et al.*, (2021) para la especie.

Análisis filogenético

La topología de los análisis de inferencia bayesiana (BI) y máxima verosimilitud (ML) resultaron similares. Se presenta la topología del análisis de ML junto con los valores de soporte encontrados para ambos análisis. El género *Favolus* fue recuperado como un clado monofilético (77 / 1). La nueva secuencia de *Favolus* (EN PROCESO) formó un clado (95/-) con la secuencia del espécimen holotipo de *F. rugulosus* MP191 (figura 1), lo cual confirma la identificación taxonómica para la especie *Favolus rugulosus*.

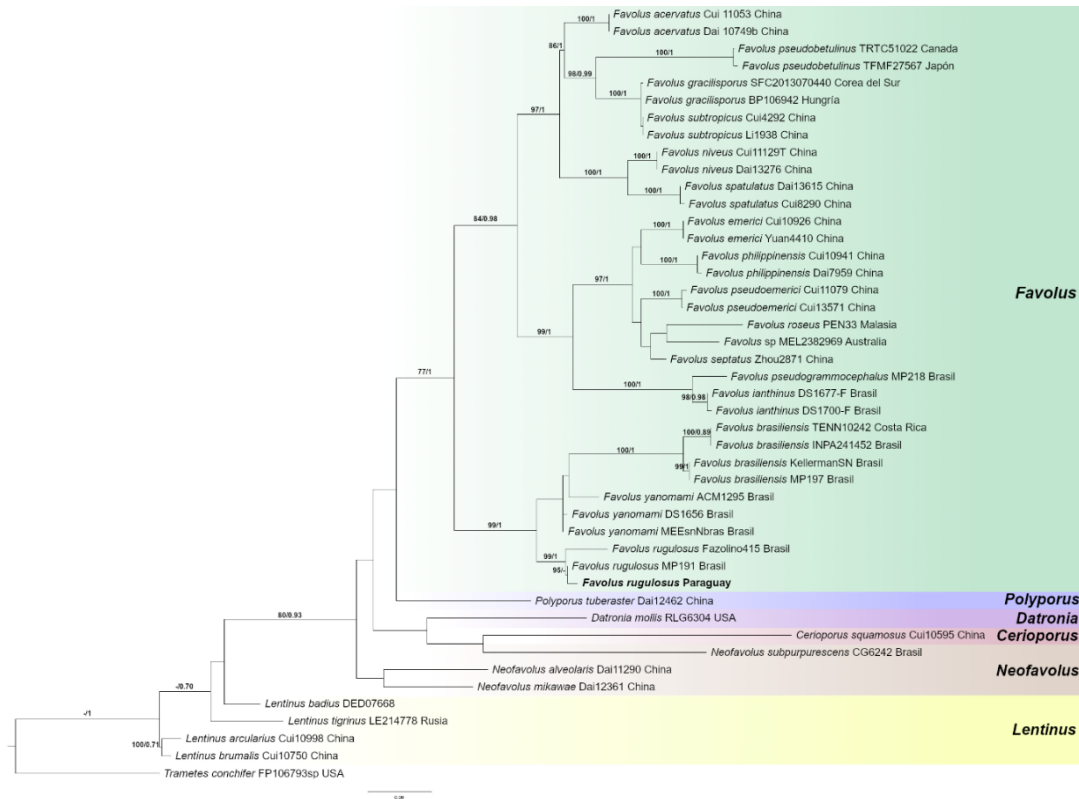


Figura 1: Árbol de consenso de máxima verosimilitud basado en secuencias de ITS. Los valores de soporte de BI y ML mayores a 70 y 0.7 respectivamente se muestran encima de las ramas. Nota: fuente propia de la investigación.

Características de cultivo.

Micelio con crecimiento radial en medio sólido, denso, algodonoso y blanquecino cuando joven, tornándose coriáceo y castaño en el centro cuando maduro. Hifas aéreas de dos tipos: (i) septadas sin fibulas, hialinas, sólidas, pared delgada, congófilas, 1.7-3.2 μm diám.; (ii) fibuladas de 3.2-5.3 μm diám., ambas sin ramificaciones ni clamidiosporas. Hifas sumergidas de dos tipos, (i) septadas, 2.1-4.8 μm diám y (ii) fibuladas de 2-4 μm diám.

En cuanto a la velocidad de crecimiento micelial en medio sólido fue mayor en Agar Malta (25.1 mm día^{-1}), seguido de PDA (24.5 mm día^{-1}) y Sabouraud (22.4 mm día^{-1}). La velocidad de crecimiento reportadas por Sanchez-Ocampo *et al.*, (2022) para agar PDA incubados a 23 °C fue tres veces menor a las observadas para agar Malta y PDA en este estudio. Por otra parte, para la especie *Favolus brasiliensis* se obtuvo una velocidad mayor a 30°C (Omarini *et al.*, 2009), sugiriendo que la temperatura de incubación es un factor determinante para la velocidad de crecimiento.

Producción indoor de basidiomas

El sustrato que presentó la mayor velocidad de colonización fue el de paja (P), seguido de eucalipto/paja (EP) y finalmente eucalipto (E) (Tabla 1). Esto podría deberse a que las enzimas requieren más tiempo para degradar sustratos más complejos como la madera (Jaramillo, 2014).

La aparición de los primeros primordios se dio entre los 15-20 días después de la perforación de las bolsas (Figura 2). El sustrato de mayor rendimiento (R) y eficiencia biológica (EB) respectivamente fue EP (26.3 % y 52.5 %), seguido de E (1.6 % y 3.2 %) y finalmente P (1.0 % y 2.0 %). Con respecto al cultivo de *Favolus rugulosus*, Sanchez-Ocampo *et al.*, (2022) reportaron 30.3% de EB

en un sustrato de madera mixta suplementada; sin embargo para el cálculo de la EB tomaron en cuenta sólo la primera oleada. Por otra parte, Omarini *et al.*, (2009) obtuvieron 82.3 % de EB para la especie *F. brasiliensis*, la cual fue mayor a la obtenida para *F. rugulosus* en este trabajo (52.5 %). Esta diferencia podría deberse a la suplementación del sustrato y/o las condiciones de fructificación implementadas.

Tabla 1: Comparación del rendimiento (%), eficiencia biológica (%) y tiempo de colonización (días) de *Favolus rugulosus* en las distintas proporciones de sustratos empleados.

Sustratos	Rendimiento	Eficiencia biológica	Cantidad de oleadas	Tiempo de colonización (días)
P	1.0 ± 1.3 ^a	2.0 ± 2.6 ^a	1	30
E	1.6 ± 0.6 ^a	3.2 ± 1.2 ^a	3	90
EP	26.3 ± 7.8 ^b	52.5 ± 15.7 ^b	7	45

1 oleada, 3 oleadas, 7 oleadas. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$). Nota: fuente propia de la investigación.

En cuanto a la cantidad de oleadas de fructificación, la mayor fue de 7 para EP, seguido de 3 para E y 1 para P. El intervalo de fructificación a 28 °C entre oleadas en este estudio fue de 7 días aproximadamente, por otro lado Sanchez-Ocampo *et al.*, (2022) observaron intervalos de tiempo de hasta 20 días entre oleadas en sustratos distintos a 23 °C. Esto sugiere que la temperatura influye en los intervalos de fructificación acortándolos a 28 °C.

En los sustratos ensayados se observó un cambio en la textura y coloración antes de la fructificación, esta característica también fue observada previamente en *Favolus rugulosus* y en otras especies como *F. brasiliensis*, *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler y *Ganoderma australe* Fr Pat., (1889).

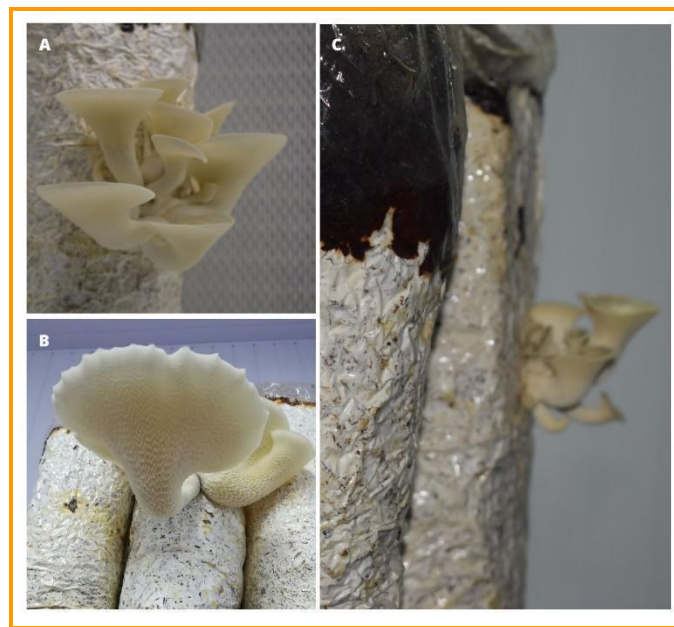


Figura 2: A) y B) Fases de crecimiento correspondientes al cultivo de *Favolus rugulosus*. C) Textura coriácea en superficie de cultivo.

Nota: fuente propia de la investigación.

El sustrato colonizado desarrolló una textura coriácea, se reportan observaciones similares por Sanchez *et al.*, (2022) para la misma especie, por otro lado estas características también se reportan en otras especies y géneros como *F. brasiliensis* y *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler en donde Omarini *et al.*, (2009) mencionan que probablemente esta textura actúa como barrera protectora contra la pérdida de humedad y ataque contra insectos.

Perfil químico

Las concentraciones más altas de compuestos fenólicos totales, antioxidantes y actividad antioxidante se observaron en la fracción de Acetato de etilo (Tabla 2).

Esta relación directa entre el incremento de la polaridad de la fracción y el incremento de la concentración de fenoles y actividad antioxidante ya fue observada y reportada para extractos de basidiomicetos (Zheng *et al.*, 2011); la selección del solvente de extracción influye en la selectividad de compuestos de interés (Campi *et al.*, 2023).

Tabla 2: Valores de fenoles totales, concentración de compuestos antioxidantes y actividad antioxidante de las fracciones del basidioma de *Favolus rugulosus*.

Fracción	Fenoles totales (mg GAE g ⁻¹)	Compuestos Antioxidantes (mg AAE g ⁻¹)	Actividad Antioxidante (%)
Éter de Petróleo	2.5 ± 0.4 ^a	2.5 ± 0.0 ^a	2.0 ± 0.0 ^a
Hexano	9.0 ± 0.7 ^b	0.8 ± 0.1 ^a	1.0 ± 0.1 ^a
Cloroformo	11.7 ± 1.9 ^b	7.8 ± 0.5 ^a	4.5 ± 0.5 ^a
Acetato de Etilo	35.6 ± 2.6 ^c	13.6 ± 1.3 ^b	7.0 ± 1.3 ^b

GAE: Equivalentes de Ácido Gálico. AAE: Equivalentes de Ácido Ascórbico. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$).

Nota: fuente propia de la investigación.

No se encontraron referencias sobre el contenido fenólico ni la actividad antioxidante de especies del género *Favolus*; sin embargo, para especies de *Polyporus*, un género cercano, se han reportado contenidos fenólicos de 2.5–47.3 mg GAE g⁻¹ (Orhan y Üstun, 2011), mientras que para el extracto etanólico de *Lentinus lindquistii* (Singer) B.E. Lechner & Albertó, una especie de otro género cercano (Figura 1), se han reportado 15 mg GAE g⁻¹ de contenido fenólico y 9.5 mg AAE g⁻¹ de compuestos antioxidantes (Campi *et al.*, 2019). Respecto a la actividad antioxidante no hemos encontrado registros bibliográficos para especies del género *Favolus*. Sin embargo para especies del género *Polyporus* se reportó actividad antioxidante de hasta 76 % para polisacáridos de *P. umbellatus* (Pers.) Fr. y 91 % para extracto metanólico de *P. squamosus* (Huds.) Fr. (Elmastas *et al.*, 2007; He *et al.*, 2016), sin embargo, para *L. lindquistii* 6.6 % de actividad en su extracto etanólico (Campi *et al.*, 2019).

Composición proximal

El género *Favolus* está catalogado como comestible (Palacio *et al.*, 2021); sin embargo no hemos encontrado evidencias bibliográficas referentes al valor nutricional de especies cultivadas de este género. Nuestros resultados del análisis proximal demuestran que *F. rugulosus*, es un alimento con alto contenido de proteínas (20.0 %), fibra alimentaria (25.2 %) y bajo en grasas (5.7 %) (Tabla 3), valores consistentes con lo reportado para los hongos comestibles silvestres y cultivados (Rampinelli *et al.*, 2010).

Los hongos cultivados son de importancia nutricional ya que contienen entre 19 a 35 % de proteínas ricas en aminoácidos esenciales como la lisina y leucina (Chang y Buswell, 1996; Wani *et al.* 2010). *Favolus rugulosus* contiene 20.0 % de proteínas, valor similar a los reportados por Silva

Neto *et al.*, (2021) para basidiomas silvestres de *F. brasiliensis* (27.0 %). En cuanto a la fibra alimentaria, el consumo habitual estimula el desarrollo de la flora intestinal, mejora el tránsito digestivo y reduce niveles de glucosa y colesterol en sangre (Dhingra *et al.*, 2011), por ende los alimentos ricos en fibra alimentaria son recomendados en la dieta humana. *Favolus rugulosus* contiene 25.2 % de fibra alimentaria coincidente con el valor diario de referencia (25 g) establecido por el reglamento del Mercosur (2003). Especies cultivadas de *Pleurotus* demuestran un rango entre 1.7 a 22.4 % de fibra cruda (Nieto y Chegwin, 2010; Rampinelli *et al.*, 2010; Cano-Estrada y Romero, 2016). En la mayoría de los casos, las referencias bibliográficas sobre el valor proximal de los hongos informan sobre el contenido de fibra cruda, sin embargo este método analítico utilizado es inapropiado para el reporte del contenido de fibras para alimentos de consumo humano, ya que subestima el contenido de fibra alimentaria (García *et al.*, 2008; Campi *et al.*, 2023). Con respecto al contenido lipídico en hongos, las concentraciones oscilan entre 0.1 a 16.3 % y están representados por ácidos grasos esenciales, esteroides y triterpenos de valor nutracéutico (Nieto y Chegwin, 2008; Sande *et al.*, 2019). *Favolus rugulosus* contiene 5.7% de lípidos, valor superior (1.3 %) a los obtenidos por Silva Neto *et al.*, (2021) para basidiomas silvestres de *F. brasiliensis*. Referente a los carbohidratos presentes en los hongos, uno de los tres nutrientes principales de los alimentos, *F. rugulosus* contiene 14.5% de esta biomolécula. Finalmente, la calidad de un alimento está relacionada con la cantidad de nutrientes que componen el aporte energético (Burgess y Glasauer, 2006). *Favolus rugulosus* es un alimento con 222.7 kcal/100g, energía que proviene principalmente de las proteínas y carbohidratos.

Tabla 3: Composición proximal en base seca de basidiomas cultivados de *Favolus rugulosus* obtenidos del sustrato de mayor rendimiento y eficiencia biológica (EP).

Hongo cultivado seco	Composición
Humedad	91.1±0.4
Proteína	20.0±0.0
Grasas Totales	5.7±0.5
Fibra Alimentaria	25.2±0.0
Hidratos de Carbono	14.5±0.1
Cenizas	1.9±0.7
Valor Energético	189.3 kcal

Nota: fuente propia de la investigación.

Perfil de ácidos grasos

Con respecto al perfil lipídico de *Favolus rugulosus*, el análisis revela la presencia ácidos grasos saturados (SFA) de 14 a 19 unidades de carbono, ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). El 16.4 % de la composición lipídica de *F. rugulosus* corresponde a los ácidos grasos esenciales docosahexanoico (ω -3), linoleico (ω -6) y oleico (ω -9) (Tabla 4). El ácido graso oleico (ω -9) reduce los niveles de colesterol en sangre (Puiggros *et al.*, 2002); el ácido linoleico (ω -6) es fundamental para el desarrollo del sistema visual y nervioso (Matencio *et al.*, 2012; Sande *et al.*, 2019) y el ácido docosahexanoico (ω -3) es indispensable para el desarrollo y mantenimiento del cerebro, por ello su consumo es recomendado en embarazadas (von Schacky, 2021). Los ácidos palmítico (16:0), oleico (18:1) y linoleico (18:2) son los encontrados con frecuencia en especies las comestibles *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach, *Pluteus atricapillus* (Batsch) Fayod, *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler, *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer y *Ramaria aurea* (Schaeff.) Quél. (Pedneault *et al.*, 2006; Kalač, 2012; Pereira *et al.*, 2012). Respecto al ω -3, su presencia es poco frecuente en hongos, en el 2013 Nakalembe y Kabasa reportan por primera vez la existencia de ácido docosahexanoico (DHA) en las especies *Termitomyces globulus* R. Heim & Gooss.-Font. y *T. microcarpus* (Berk. & Broome) R. Heim; además también se reporta la existencia de este ácido graso para *Fomes fomentarius* (L.) Fr., y *Tricholoma terreum* (Schaeff.) P. Kumm.

(Yilmaz *et al.*, 2013; Abugri *et al.*, 2016). Los hongos son fuente de ácidos grasos esenciales y su presencia en conjunto con ácidos grasos no esenciales podría indicar que son apropiados para uso como nutracéuticos y farmacéuticos (Sande *et al.*, 2019; Adedokun *et al.*, 2022; Azeem *et al.*, 2023).

Tabla 4: *Perfil de ácidos grasos y porcentaje de abundancia expresados como ésteres metílicos en extracto de hexano obtenidos de basidiomas cultivados de Favolus rugulosus identificados en GC-MS.*

% Abundancia	Ester metílico	Contenido mg/100g
42	Ácido palmítico, ester metílico	(C16:0) 51.9
16.2	Ácido esteárico, ester metílico	(C18:0) 20.0
15.9	Ácido elaídico, ester metílico	(18:1 <i>trans</i> -9) 19.7
13.6	Ácido oleico, ester metílico (ω -9)	(18:1 -9) 16.9
2.7	Ácido linoleico, ester metílico (ω -6)	(18:2 -6) 3.4
2.6	Ácido láurico, ester metílico	(C12:0) 3.2
1.9	18-nonadecanoato de metilo	(C19:0) 2.3
1.6	Ácido trans-13-octadecenoico, ester metílico	(C18:1) 2.0
1.4	15-metoxihexadecanoato de metilo	(C16:1) 1.7
0.7	Ácido pentadecanóico, ester metílico	(C15:0) 0.8
0.6	Ácido margárico, ester metílico	(C17:0) 0.8
0.5	Ácido mirístico, ester metílico	(C14:0) 0.6
0.2	7,12-octadecadienoato de metilo	(C18:2) 0.3
0.1	Ácido docosahexanoico, ester metílico (ω -3)	(C22:6 -3) 0.2

Nota: fuente propia de la investigación.

Conclusión

Los resultados de este estudio indican el potencial nutricional de *Favolus rugulosus* de producción indoor. Con respecto al cultivo, la mezcla de aserrín de eucalipto y paja resultó ser el sustrato óptimo ante paja 100 % y eucalipto al 100 % por presentar mayor rendimiento, eficiencia biológica y cantidad de oleadas. En relación al análisis proximal, *F. rugulosus* cultivado demostró un alto contenido de proteínas, fibra alimentaria y bajo contenido de grasas, además de poseer ácidos grasos esenciales, entre ellos la presencia de ácido docosahexanoico (DHA), fundamentales en nuestra fisiología y nutrición. La región posee hongos comestibles no convencionales nativos con potencial de producción indoor e interés nutricional y nutracéutico que requieren de investigación para brindar nuevas alternativas a la industria de alimentos, por lo que es importante continuar el estudio de la especie introduciendo bioprocesos altamente controlados para optimizar el tiempo y rendimiento de producción de hongos. Se sugiere ampliar el estudio de perfil de aminoácidos y toxicológicos para la extender el conocimiento de las especies de hongos comestibles.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la Universidad Nacional de Asunción por brindarnos los recursos necesarios para la ejecución de los análisis requeridos para contribuir con los avances en conocimientos sobre la Funga autóctona del Paraguay. A Fungi Paraguay, un espacio en las redes sociales que busca incentivar el estudio del reino Fungi en Paraguay y

sociabilizar la información científica con el público en general. Este trabajo se realizó en el marco del proyecto PINV 18-31 “Bioremediación de efluentes de la industria textil mediante la aplicación de enzimas lignocelulolíticas por hongos causantes de pudrición blanca nativos del Paraguay” financiado por el Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT).

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener algún conflicto de interés.

Declaración de la contribución de los autores

Todos los autores afirmamos que se leyó y aprobó la versión final de este artículo. El porcentaje total de contribución para la conceptualización, preparación y corrección de este artículo fue el siguiente: B.V.P. 30 %, M.C.G. 25 %, Y.M.C. 15 %, E.C.C. 10 %, C.M.C.10% , F.F 10%.

Declaración de disponibilidad de los datos

Los datos que respaldan los resultados de este estudio serán puestos a disposición por el autor correspondiente [B.V.P.], previa solicitud razonable.

Referencias

- AOAC 960.52. (1969). Elemental Analysis / Nitrogen, Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC). 17th, Edition USA. 1998; 2000.
- AOAC 969.33. (1969). AOAC Official Method. Fatty acids in oils and fats. Preparation of methyl Esters Boron Trifluoride Method. (AOAC). 17th, Edition USA. 2000.
- AOAC 985.29. Total Dietary Fiber in Foods (1985). Enzymatic-Gravimetric Method. AOAC-AACC Method. Codex-Adapted-AOAC Method. 17th, Edition USA, 2000.
- Azeem, U.; & Shri, R. (2023). Fatty Acids Composition of Basidiocarps of Some Wood Associated Medicinal Mushrooms (Agaricomycetes) from India. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 25(3), 87-97. Doi: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2022047269>
- Abugri, D.; McElhenney, W. H.; & Willian, K. R. (2016). Fatty acid profiling in selected cultivated edible and wild medicinal mushrooms in Southern United States. *J. Exp. Food Chem*, 2(01), 1-7. Doi: <http://dx.doi.org/10.4172/jefc.1000108>
- Adedokun, O. M.; Odiketa, J. K.; Afieroho, O. E.; & Afieroho, M. C. (2022). Importance of Mushrooms for Food Security in Africa. In *Food Security for African Smallholder Farmers* (pp. 343-360). Singapore: Springer Nature Singapore. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-16-6771-8_20
- Bakratsas, G.; Polydera, A.; Katapodis, P.; & Stamatis, H. (2021). Recent trends in submerged cultivation of mushrooms and their application as a source of nutraceuticals and food additives. *Future Foods*, 4, 100086. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100086>
- Barros, L.; Baptista, P.; Correia, D. M.; Casal, S.; Oliveira, B.; & Ferreira, I. C. (2007). Fatty acid and sugar compositions, and nutritional value of five wild edible mushrooms from Northeast Portugal. *Food Chemistry*, 105(1), 140-145. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.052>
- Breene, W. M. (1990). Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. *Journal of food protection*, 53(10), 883-895. Doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028x-53.10.883>
- Burgess, A.; & Glasauer, P. Guía de nutrición de la familia. (2006). <https://www.fao.org/3/y5740s/y5740s.pdf>
- Campi, M.; Flecha, A.; & De Madrinac, B. (2018). *Hongos del Campus Universitario U.N.A.* Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNA. San Lorenzo, Paraguay.

- Campi, M.; Mancuello, C.; Ferreira, F.; Maubet, Y.; Cristaldo, E.; & Benítez, D. (2019). Preliminary evaluation of phenolic compounds, antioxidant activity and bioactive compounds in some species of basidiomycetes fungi from Paraguay. *Steviana*, 11(1), 26-41. <https://revistascientificas.una.py/index.php/stevia/article/view/1033/1029>
- Campi, M.; Mancuello, C.; Ferreira, F.; Maubet, Y.; Cristaldo, E.; & Robledo, G. (2021). Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Four Native Species of the Ganodermataceae Family (Agaricomycetes) from Paraguay. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 23(8). Doi: <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2021039298>
- Campi, M.; Maubet, Y.; Cristaldo, E.; Mancuello, C.; & Robledo, G. (2021). Funga del Parque Nacional Ybycuí: listado preliminar de especies de macrohongos y nuevas citas para Paraguay. *Steviana*, 13(2), 75-96. Doi: https://doi.org/10.56152/StevianaFacenV13N2A5_2021
- 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. *Brazilian Journal of Food Technology*, 26, e2022126. Doi: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.12622>
- Cano-Estrada, A., & Romero-Bautista, L. (2016). Valor económico, nutricional y medicinal de hongos comestibles silvestres. *Revista chilena de nutrición*, 43(1), 75-80. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100011>
- Chang, S. T.; & Miles, P. G. (2004). *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact*. CRC press. <https://sayedmaulana.files.wordpress.com/2011/02/mushrooms.pdf>
- Chang, S. T.; & Buswell, J. A. (1996). Mushroom nutraceuticals. *World Journal of Microbiology and biotechnology*, 12, 473-476. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00419460>
- Costa-Rezende, D. H.; Robledo, G. L.; Drechsler-Santos, E. R.; Glen, M.; Gates, G.; de Madrignac Bonzi, B. R.; Popoff O. F.; Crespo E.; & Góes-Neto, A. (2020). Taxonomy and phylogeny of polypores with ganodermatoid basidiospores (Ganodermataceae). *Mycological Progress*, 19, 725-741. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11557-020-01589-1>
- Das, A. K.; Nanda, P. K.; Dandapat, P.; Bandyopadhyay, S.; Gullón, P.; Sivaraman, G. K.; McClements, D. J.; Gullón, B.; & Lorenzo, J. M. (2021). Edible mushrooms as functional ingredients for development of healthier and more sustainable muscle foods: A flexitarian approach. *Molecules*, 26(9), 2463. Doi: <https://doi.org/10.3390/molecules26092463>
- del Moral Cervantes, P. (2015). *Productividad y estrategias de aprovechamiento de hongos comestibles en cafetales del centro de Veracruz* (Tesis de Maestría). Universidad Veracruzana: Instituto de Investigaciones Forestales. <https://www.uv.mx/mcef/files/2018/04/Productividad-y-estrategias-de-aprovechamiento-de-hongos-comestibles-en-cafetales-de-Veracruz.pdf>
- Dhingra, D.; Michael, M.; Rajput, H.; & Patil, R. T. (2012). Dietary fibre in foods: a review. *Journal of food science and technology*, 49, 255-266. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0365-5>
- Dimopoulou, M.; Kolonas, A.; Mourtakos, S.; Androustos, O.; & Gortzi, O. (2022). Nutritional Composition and Biological Properties of Sixteen Edible Mushroom Species. *Applied Sciences*, 12(16), 8074. Doi: <https://doi.org/10.3390/app12168074>
- Doyle, J. (1991). DNA protocols for plants. *Molecular techniques in taxonomy*, 283-293. Doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-83962-7_18
- Elmastas, M.; Isildak, O.; Turkecul, I.; & Temur, N. (2007). Determination of antioxidant activity and antioxidant compounds in wild edible mushrooms. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 337-345. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.07.003>
- Fernandes, B.; Dragone, G.; Abreu, A. P.; Geada, P.; Teixeira, J.; & Vicente, A. (2012). Starch determination in *Chlorella vulgaris*—a comparison between acid and enzymatic methods. *Journal of applied phycology*, 24, 1203-1208. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9761-5>

- Gao, Y.; & Zhou, S. (2002). The immunomodulating effects of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst.(Ling Zhi, reishi mushroom)(Aphyllophoromycetidae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 4(1). Doi: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v4.i1.10>
- García Ochoa, O. E.; Infante, R. B.; & Rivera, C. J. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. In *Anales Venezolanos de Nutrición* 21(1), 25-30. Fundación Bengoa. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522008000100005
- Gardes, M.; & Bruns, T. D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for basidiomycetes-application to the identification of mycorrhizae and rusts. *Molecular ecology*, 2(2), 113-118. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1993.tb00005.x>
- Góes-Neto, A.; Loguercio-Leite, C.; & Guerrero, R. T. (2005). DNA extraction from frozen fieldcollected and dehydrated herbarium fungal basidiomata: performance of SDS and CTAB-based methods. *Biotemas*, 18(2), 19-32. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/21410/19377>
- Gómez-Montoya, N.; Drechsler-Santos, E. R.; Ferreira-Lopes, V.; Tomšovský, M.; Urcelay, C.; & Robledo, G. L. (2017). New insights on *Trametopsis* Tomšovský (Polyporales Gäum) based on phylogenetic evidences and morphological analyses of neotropical species. *Phytotaxa*, 311(2), 155-167. Doi: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.311.2.3>
- Hammer, Ø.; Harper, D. A. T.; & Ryan, P. D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analysis.–Paleontologia Electronica 4/1: 1–9.
- He, P. F.; Zhang, A. Q.; Wang, X. L.; Qu, L.; Li, G. L.; Li, Y. P.; & Sun, P. L. (2016). Structure elucidation and antioxidant activity of a novel polysaccharide from *Polyporus umbellatus* sclerotia. *International journal of biological macromolecules*, 82, 411-417. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.10.032>
- Heleno, S. A.; Barros, L.; Sousa, M. J.; Martins, A.; Santos-Buelga, C.; & Ferreira, I. C. (2011). Targeted metabolites analysis in wild *Boletus* species. *LWT-Food Science and Technology*, 44(6), 1343-1348. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.01.017>
- Hopple Jr, J. S.; & Vilgalys, R. (1999). Phylogenetic relationships in the mushroom genus *Coprinus* and dark-spored allies based on sequence data from the nuclear gene coding for the large ribosomal subunit RNA: divergent domains, outgroups, and monophyly. *Molecular phylogenetics and evolution*, 13(1), 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1006/mpev.1999.0634>
- Jaramillo Mejia, S. (2014). Estandarización y desarrollo de tecnologías de bajo costo para la producción de hongos comestibles del genero *Pleurotus* (Basidiomycota). (Tesis doctoral no publicada). Universidad Nacional de General San Martín, Argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/79201?show=full>
- Jiménez-González, M.; Romero-Bautista, L.; Villavicencio-Nieto, M. A.; & Pérez-Escandón, B. E. (2013). Los hongos comestibles de la región de Molango de Escamilla, Hidalgo, México. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=hidalgo>
- Kalač, P. (2013). A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(2), 209-218. Doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5960>
- Kalyaanamoorthy, S.; Minh, B. Q.; Wong, T. K.; Von Haeseler, A.; & Jermini, L. S. (2017). ModelFinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature methods*, 14(6), 587-589. Doi: <https://doi.org/10.1038/nmeth.4285>
- Karim, A.; Gerliani, N.; & Aider, M. (2020). *Kluyveromyces marxianus*: An emerging yeast cell factory for applications in food and biotechnology. *International Journal of Food Microbiology*, 333, 108818. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108818>
- Kim, H. W.; & Kim, B. K. (1999). Biomedicinal triterpenoids of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst.(Aphyllophoromycetidae). *International journal of medicinal mushrooms*, 1(2). Doi: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.v1.i2.20>
- Largent, D. L.; Johnson, D.; & Watling, R. (1978). How to identify mushrooms to genus III: microscopic features. Eureka, Calif.: Mad River Press.

- Martínez-Carrera, D. (2000). Mushroom biotechnology in tropical America. *International Journal of Mushroom Sciences*, 3(1), 9-20.
- Mata, G.; & Salmenes, D (eds). (2021). Técnicas de aislamiento, cultivo y conservación de cepas de hongos en el laboratorio. Instituto de Ecología, A.C., Xalapa. México. https://www.inecol.mx/inecol/images/pdf/libro_cepas.pdf
- Matencio Hilla, E.; Abellán Ballesta, P.; & Romero Braquehais, F. (2012). Funcionalidad y recomendaciones nutricionales de ácidos grasos esenciales y sus derivados en la alimentación del lactante a partir de los 6 meses de edad. *Enfermería Global*, 11(25), 367-380. Doi: <https://doi.org/10.4321/s1695-61412012000100022>
- MERCOSUR/GMC/RES. N° 46/03. Reglamento Técnico sobre el rotulado nutricional de alimentos envasados. 2003. http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_46-03.pdf
- Miller, M. A.; Pfeiffer, W.; & Schwartz, T. (2012). The CIPRES science gateway: enabling high-impact science for phylogenetics researchers with limited resources. In *Proceedings of the 1st Conference of the Extreme Science and Engineering Discovery Environment: Bridging from the extreme to the campus and beyond* (pp. 1-8). Doi: <https://doi.org/10.1145/2335755.2335836>
- Mushroom Market Size & Share | Global Industry Trends Report, 2025*. (n.d.). www.grandviewresearch.com. SF. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mushroom-market>
- Nakalembe, I.; & Kabasa, J. D. (2013). Fatty and amino acids composition of selected wild edible mushrooms of Bunyoro sub-region, Uganda. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 13(1), 7225-7241. DOI: [10.18697/ajfand.56.11945](https://doi.org/10.18697/ajfand.56.11945)
- Nguyen, L. T.; Schmidt, H. A.; Von Haeseler, A.; & Minh, B. Q. (2015). IQ-TREE: a fast and effective stochastic algorithm for estimating maximum-likelihood phylogenies. *Molecular biology and evolution*, 32(1), 268-274. Doi: <https://doi.org/10.1093/molbev/msu300>
- Nieto, I. J., & Chegwin, C. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 12(1), 169-178. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/15631/16392>
- Nieto, I. J.; & Chegwin, C. A. Triterpenoids and fatty acids identified in the edible mushroom *Pleurotus sajor-caju*. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 53(2), 1515-1517. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072008000200015>
- NMX - F - 083. Determinación de humedad en productos alimenticios. Foods. Moisture in food products determination. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. 1986. <https://studylib.es/doc/5465578/nmx-f-083-1986.-alimentos.-determinaci%C3%B3n-de-humedad-en>
- NMX-F-066-S. Determinación de cenizas en alimentos. Foodstuff determination of ashes. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas. 1978. <https://xdoc.mx/documents/nmx-f-066-s-1978-determinacion-de-cenizas-en-alimentos-5f9b9221d6381#>
- NMX-F-089-S. Determinación del extracto etéreo (método de Soxhlet) en alimentos. Foodstuff-determination of ether extract (Soxhlet). Normas Mexicanas Dirección General de Normas. 1978. <https://comecarne.org/wp-content/uploads/2013/07/NMX-F-545-1992.pdf>
- Omarini, A.; Lechner, B. E.; & Albertó, E. (2009). *Polyporus tenuiculus*: a new naturally occurring mushroom that can be industrially cultivated on agricultural waste. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 36(5), 635-642. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10295-009-0530-2>

- Orhan, I.; & Üstün, O. (2011). Determination of total phenol content, antioxidant activity and acetylcholinesterase inhibition in selected mushrooms from Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(3), 386-390. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.11.005>
- Palacio, M.; Drechsler Dos Santos, E. R.; Menolli Jr, N.; & da Silveira, R. M. B. (2021). An overview of *Favolus* from the Neotropics, including four new species. *Mycologia*, 113(4), 759-775. Doi: <https://doi.org/10.1080/00275514.2021.1878797>
- Pedneault, K.; Angers, P.; Gosselin, A.; & Tweddell, R. J. (2006). Fatty acid composition of lipids from mushrooms belonging to the family Boletaceae. *Mycological research*, 110(10), 1179-1183. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2006.05.006>
- Pereira, E.; Barros, L.; Martins, A.; & Ferreira, I. C. (2012). Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chemistry*, 130(2), 394-403. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.057>
- Portal | CIPRES. (n.d.). www.phylo.org. <http://www.phylo.org/>
- Prance, G. T. (1984). The use of edible fungi by Amazonian Indians. *Advances in Economic Botany*, 1, 127-139. <http://www.jstor.org/stable/43931372>
- Puiggros, C.; Chacon, P.; Armadans, L. I.; Clapes, J.; & Planas, M. (2002). Effects of oleic-rich and omega-3-rich diets on serum lipid pattern and lipid oxidation in mildly hypercholesterolemic patients. *Clinical Nutrition*, 21(1), 79-87. Doi: <https://doi.org/10.1054/clnu.2001.0511>
- Rampinelli, J. R.; Silveira, M. L. L.; Gern, R. M. M.; Furlan, A. S.; Ninow, J. L.; & Wisbeck, E. (2010). Valor nutricional de *Pleurotus djamor* cultivado em palha de bananeira. *Alimentos e Nutrição*, 21(2), 197-202. https://www.researchgate.net/profile/Wisbeck-Elisabeth/publication/49600231_VALOR_NUTRACIONAL_DE_PLEUROTUS_DJAMOR_CULTIVADO_EM_PALHA_DE_BANANEIRA/links/00463526fb59843f71000000/VALOR-NUTRACIONAL-DE-PLEUROTUS-DJAMOR-CULTIVADO-EM-PALHA-DE-BANANEIRA.pdf
- Robledo, G. L. (2018). Cambiando el paradigma de las especies fúngicas ampliamente distribuidas: Con especificidad, distribución antrópica o especiación críptica?. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/176443>
- Ronquist, F.; Teslenko, M.; van der Mark, P.; Ayres, D. L.; Darling, A.; Höhna, S.; Larget, B.; Liu, L.; Suchard, M.; & Huelsenbeck, J. P. (2012). MrBayes 3.2: efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model space. *Systematic biology*, 61(3), 539-542. Doi: <https://doi.org/10.1093/sysbio/sys029>
- Ruán-Soto, F.; Garibay-Orijel, R.; & Cifuentes, J. (2006). Process and dynamics of traditional selling wild edible mushrooms in tropical Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2(1), 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-2-3>
- Ruegger, M. J. S.; Tornisiello, S. M. T.; Bononi, V. L. R.; & Capelari, M. (2001). Cultivo do cogumelo comestível *Oudemansiella canarii* (Jungh.) Höhn. em substratos lignocelulósicos. *Brazilian Journal of Microbiology*, 32, 211-214. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822001000300009>
- Sanchez-Ocampo, S.; Palacio, M.; Rios-Sarmiento, C.; & Gómez-Montoya, N. (2022). *Favolus rugulosus* en Colombia: producción de micelio y basidiomas en diferentes condiciones nutricionales. *Lilloa*, 427-444. Doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/2022.59.S/2022.10.01>
- Sande, D.; de Oliveira, G. P.; e Moura, M. A. F.; de Almeida Martins, B.; Lima, M. T. N. S.; & Takahashi, J. A. (2019). Edible mushrooms as a ubiquitous source of essential fatty acids. *Food Research International*, 125, 108524. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108524>

- Silva-Neto, C. de M. e.; Pinto, D. de S.; Santos, L. A. C.; Calaça, F. J. S.; & Almeida, S. D. S. (2021). Food production potential of *Favolus brasiliensis* (Basidiomycota: Polyporaceae), an indigenous food. *Food Science and Technology*, 41, 183-188. Doi: <https://doi.org/10.1590/fst.12620>
- Sun, L., Zhang, Z., Xin, G., Sun, B., Bao, X., Wei, Y., Zhao, X. & Xu, H. (2010). Zhang. X. *Time-Resolved Single-Step Protease Activity Quantification Using Nanoplasmonic Resonator Sensors*. *ACS Nano*, 4, 978-984 Doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.018>
- Tianara, A.; Susan, D.; & Sjamsuridzal, W. (2020). New recorded species of polypore for Indonesia found in Universitas Indonesia Depok Campus. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 457, 1-19. Doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/457/1/012010>
- von Schacky, C. (2021). Importance of EPA and DHA blood levels in brain structure and function. *Nutrients*, 13(4), 1074. Doi: <https://doi.org/10.3390/nu13041074>
- Wani, B. A.; Bodha, R. H.; & Wani, A. H. (2010). Nutritional and medicinal importance of mushrooms. *Journal of Medicinal plants research*, 4(24), 2598-2604. Doi: <https://doi.org/10.5897/jmpr09.565>
- White, T. J.; Bruns, T.; Lee, S. J. W. T.; & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 18(1), 315-322. <https://msafungi.org/wp-content/uploads/2019/03/February-2013-Inoculum.pdf>
- Yilmaz, N.; Türkekul, I.; Bulut, S.; & Sahin, F. (2013). Fatty acid composition in ten mushroom species collected from Middle Black Sea Region of Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 25(3), 1216. https://www.researchgate.net/profile/OemerBayrak/publication/248399814_Fatty_Acid_Composition_in_Ten_Mushroom_Species_Collected_from_Middle_Black_Sea_Region_of_Turkey/links/0f31753c79e0acdcd3000000/Fatty-Acid-Composition-in-Ten-Mushroom-Species-Collected-from-Middle-Black-Sea-Region-of-Turkey.pdf
- Zheng, W.; Zhang, M.; Zhao, Y.; Miao, K.; Pan, S.; Cao, F.; & Dai, Y. (2011). Analysis of antioxidant metabolites by solvent extraction from sclerotia of *Inonotus obliquus* (Chaga). *Phytochemical Analysis*, 22(2), 95-102. Doi: <https://doi.org/10.1002/pca.1225>

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.