

# Hongos silvestres comestibles en los estados de Coahuila y Nuevo León

Edible wild mushrooms in the states of Coahuila and Nuevo León

Rebeca Casique Valdés<sup>1\*</sup>, Susana González Morales<sup>2</sup>, Sergio René Sánchez Peña<sup>3</sup>, Adalberto Benavides Mendoza<sup>1</sup>, Juan Manuel Cepeda Dovala<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah. México. <sup>2</sup>CONAHCYT- UAAAN, Departamento de Horticultura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah. México. <sup>3</sup>Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah. México. <sup>4</sup>Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, CP 25315, Saltillo, Coah. México.

\*Autor de correspondencia: casiquercv@gmail.com

## RESUMEN

Las ectomicorrizas tienen principalmente un papel simbiótico entre los hongos y las plantas, algunas especies de hongos ectomicorrízicos también se utilizan para el consumo humano. Estos hongos comestibles son muy apreciados por sus cualidades culinarias y nutricionales; sin embargo, si no se identifican correctamente, algunas especies pueden ser tóxicas y, por lo tanto, no comestibles. En el presente estudio se aislaron hongos ectomicorrízicos de cuerpos fructíferos y raíces de pino colonizadas, en la zona forestal de Jamé y Monterreal, ubicados en Arteaga Coahuila; Cuauhtémoc y Cañón de Caballos ubicados en Saltillo, Coahuila; y la Taponá, ubicado en Galeana Nuevo León. Se identificaron con técnicas de biología molecular usando cebadores específicos para hongos de la región ITS. Se encontraron 14 especies de hongos ectomicorrízicos comestibles de los géneros *Astreus*, *Amanita*, *Boletus*, *Elaphomyces*, *Helvella*, *Hygrophorus*, *Lactarius*, *Suillus*, *Thelephora*, *Russula* y *Tuber* y tres especies de hongos tóxicos, entre ellos, *Lactarius chrysorrheus*, e *Inocybe sp.* en las localidades de Cuauhtémoc, Jamé y Taponá; además en la localidad de Jamé se encontró el hongo *Tricholoma ustale* reportado como venenoso. En las regiones estudiadas de Coahuila y Nuevo León existe una gran variedad de especies de hongos que pueden ser comestibles o presentar toxicidad para su consumo, ahí radica la importancia de su identificación.

**Palabras clave:** ectomicorrizas, hongos venenosos, macromycetes, pino

## ABSTRACT

Ectomycorrhizae have a symbiotic role between fungi and plants, some species of ectomycorrhizal fungi are also used for human consumption. These edible mushrooms are highly appreciated for their culinary and nutritional qualities, however, if not correctly identified, some species can be toxic and therefore inedible. In the present study, ectomycorrhizal fungi were isolated from fruiting bodies and roots of colonized pine in the forest area of Jamé and Monterreal, located in Arteaga Coahuila; Cuauhtémoc and Cañón de Caballos located in Saltillo, Coahuila; and Taponá, located in Galeana Nuevo León. They were identified with molecular biology techniques using specific primers for fungi in the ITS region. 14 species of edible ectomycorrhizal fungi of the genera *Astreus*, *Amanita*, *Boletus*, *Elaphomyces*, *Helvella*, *Hygrophorus*, *Lactarius*, *Suillus*, *Thelephora*, *Russula* and *Tuber* and three species of toxic fungi including *Lactarius chrysorrheus*, and *Inocybe sp.* Were found in the towns of Cuauhtémoc, Jamé and Taponá; Additionally, in the town of Jamé, the mushroom *Tricholoma ustale* was found which is reported as poisonous. In the studied regions of Coahuila and Nuevo León there is a wide variety of mushroom species that can be edible or present toxicity for consumption, therein lies the importance of their identification.

**Keywords:** ectomycorrhizae, macromycetes, pine, poisonous fungi

## INTRODUCCIÓN

Los hongos son el grupo más diverso de organismos heterótrofos y la segunda comunidad biótica más grande después de los insectos en la tierra (Panda *et al.*, 2019). Sus propiedades nutricionales, medicinales y simbióticas con los árboles del bosque, los hace económica y ecológicamente importantes para la investigación (Meena *et al.*, 2020). A pesar de que algunos causan pudrición blanca o marrón en los árboles, la mayoría de ellos son ectomicorrícicos, mejorando la absorción de nutrientes del suelo (Morales-Amigo, 2021), otros son comestibles debido a su alto contenido en minerales y vitaminas (Hu *et al.*, 2022); se utilizan económicamente en la industria farmacológica (medicinal), producción y cultivo en masa (industria alimentaria), biodegradación y biorremediación (Singh y Singh, 2022) y poseen propiedades medicinales potenciales, como efectos antioxidantes y antimicrobianos (Pérez-Moreno *et al.*, 2021). Los hongos son una excelente fuente de vitaminas (vitaminas del grupo B y vitamina D), fósforo, magnesio, selenio, cobre y potasio (Falandysz y Drewnowska 2015; Lee-Hoon *et al.*, 2020); también son ricos en fibra dietética, quitina y  $\beta$ -glucanos (Lee-Hoon *et al.*, 2020). Su cosecha es una práctica común en México con fines alimenticios, se aprovecha la recolección de algunas especies representando una fuente importante de ingresos para los dueños que aprovechan el recurso (Norma Oficial Mexicana Nom-010-Recnat-1996). Numerosos estudios han demostrado que los hongos son una fuente de compuestos bioactivos, como compuestos fenólicos y flavonoides que ejercen propiedades antioxidantes; estos podrían ser beneficiosos para la salud humana (Petrovic *et al.*, 2022); contienen proteínas (35%), fibra cruda (19%), pero bajas cantidades de grasas y calorías, además de no contener almidón, lo que los vuelve ideales para pacientes que padecen diabetes, presión arterial e hipertensión (Yadav y Negi, 2021). El objetivo del presente estudio fue identificar algunas especies de ectomicorrizas comestibles ubicadas en rodales de los estados de Coahuila y Nuevo León.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de estudio

Se muestrearon sitios forestales en los meses de febrero-marzo de 2017 de la parte noreste de la Sierra Madre Oriental de México, en los estados de Nuevo León

y Coahuila. Las áreas forestales de Jamé, Cuauhtémoc, Caballos y Taponá, son de pino endémico mexicano conocido como pino prieto (*Pinus greggii* var. *greggii*) encontrado en suelos predominantemente rocosos, calizas sedimentarias de origen marino. En la zona forestal de Monterreal en Arteaga Coahuila, abunda *P. ayacahuite*, *Abies vejarii* y *Pseudotsuga menziesii*. Los sitios muestreados fueron Caballos, ubicado en Saltillo Coahuila (25°14'46.3"; 100°54'43.4"), Cuauhtémoc, Saltillo Coah. (25°17'17.7" 100°55'06.2"), Jamé, Arteaga Coah. (25°21'01.8" 100°35'36.2"), Monterreal (25°14'3.34"; 100°26'14.56") Arteaga Coah. y Taponá, Galeana, Nuevo León (24°43'39.9" 100°06'44.3").

### Aislamiento de ADN

Se muestrearon raíces de 20 pinos ubicados en un área de 100 m x 100 m en los sitios Monterreal, Caballos, Cuauhtémoc, Jamé y Taponá Nuevo León con morfología típica de presencia de ectomicorrizas y cuerpos fructíferos. Tanto las raíces como los cuerpos fructíferos se colocaron en una bolsa de plástico y se llevaron al laboratorio de fisiología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Las muestras de raíces se tamizaron y se lavaron con agua corriente durante cinco minutos o hasta eliminar el suelo adherido a la raíz; se enjuagaron con agua destilada estéril, se secaron con papel secante estéril y se almacenaron a -80 °C para el aislamiento del ADN. Un gramo de raíces de los 20 pinos colectados, se mezclaron y, con la ayuda de nitrógeno líquido se molieron y se procedió al aislamiento de ADN usando un kit de extracción (EZ-10 Spin Column, Biobasic Inc., Ontario, Canadá) siguiendo las instrucciones del fabricante.

Para los cuerpos fructíferos, se tomó con la ayuda de un bisturí una parte central del píleo y se molió usando un mortero y pistilo hasta obtener polvo fino con ayuda de nitrógeno líquido. Se extrajo el ADN usando el kit de extracción mencionado en el paso anterior. Las muestras de ADN obtenidas de raíz se enviaron al laboratorio del Instituto de Ecología y Ciencias de la Tierra ubicado en Tartu, Estonia donde trabajan la técnica de Illumina por secuenciación de nueva generación, dicho laboratorio cuenta con los primers específicos para grupos de hongos diseñados por Tedersoo *et al.* (2014) y Tedersoo *et al.* (2016) para pool de muestras como en el caso de raíces muestreadas. El protocolo de PCR, alineamiento de secuencias y bioinformática se siguió de acuerdo con la metodología de Casique-Valdés *et al.* (2020).

**Cuadro 1.** Especies de ectomicorrizas encontradas en sitios de Nuevo León y Coahuila con propiedades comestibles o tóxicas.

Especie	Localidad	Comestible /venenoso	Referencia
<i>Astraeus hygrometricus</i>	Monterreal	Comestible	Wu et al., 2019; Sanmee, 2003
<i>Amanita fulva</i>	Tapona	Comestible	Falandysz y Drewnowska 2015
<i>Boletus barrowsii</i>	Monterreal	Comestible	Li et al., 2021a
<i>Elaphomyces sp.</i>	Tapona	Comestible**	Barescut et al., 2009; Voitek et al., 2011; Castellano et al., 2017
<i>Helvella sp.</i>	Cuauhtémoc	Comestible	Altaf et al., 2020
<i>Hygrophorus sp.</i>	Caballos, Jamé, Tapona	Comestible	Wu et al., 2019
<i>Inocybe sp.</i>	Cuauhtémoc, Jamé, Tapona	Venenoso	Jo et al., 2014
<i>Suillus caerulescens</i>	Monterreal	Comestible	Smith y Thiers, 1964
<i>Russula xerampelina</i>	Monterreal	Comestible	Kuo, 2009; Sanmee, 2003
<i>Russula olivacea</i>	Jamé, Tapona	Comestible	Wu et al., 2019
<i>Russula cf. pectinatoides</i>	Jamé	Comestible	Wu et al., 2019
<i>Lactarius deliciosus</i>	Monterreal	Comestible/ consumo humano	Demirel, 2017
<i>Lactarius chrysorrheus</i>	Cuauhtémoc, Jamé, Tapona	Venenoso	Jo et al., 2014
<i>Russula claroflava</i>	Jamé	Comestible	Jordan, 2015
<i>Russula cf. atroglauca</i>	Monterreal	Comestible	Einhellinger, 1980
<i>Thelephora penicillata</i>	Tapona	Bioacumulador*	Borovička et al., 2023
<i>Tricholoma ustale</i>	Jamé	Venenoso	Sano et al., 2002; Ito et al., 2021
<i>Tuber sp.</i>	Caballos, Cuauhtémoc, Jamé, Tapona	Comestible	Li et al., 2021b

\*No se identifica como comestible, medicinal o venenoso; sin embargo, es un bioacumulador muy potente.

\*\*Pequeños mamíferos dependen de estas especies como fuente de alimento.

La identificación molecular de cuerpos fructíferos se realizó mediante la técnica de PCR utilizando 2 uL de ADN (50 ng/uL) obtenido del kit de extracción en un volumen final de 25 uL utilizando la Taq 2X Master Mix (New England Biolabs) y los cebadores específicos para hongos de la región espaciadora interna transcrita (ITS) ITS-F (5'-CTTGGT-CATTTAGAGGAAGTAA-3') y ITS4 (5'-TCCTC-CGCTTATTGATATGC-3) a una concentración de 20uM. Las condiciones de PCR fueron 10 minutos de desnaturalización a 95°C, 35 ciclos de desnaturalización a 95°C por 30 segundos, alineación a 55°C por

30 segundos, elongación a 72°C por 1 minuto y una elongación final de 72°C por 10 minutos. El producto de PCR se envió a secuenciación por punto final por el método Sanger (MacroGen Inc). Los amplicones obtenidos se determinó alineando la secuencia obtenida con las secuencias publicadas en el GenBank, utilizando el programa BLAST (Altschul *et al.*, 1990)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente documento se reportan algunas especies con valor nutricional para el ser humano,

así como también especies tóxicas de los sitios de Coahuila y Nuevo León (Cuadro 1). De las 14 especies de hongos ectomicorrícicos que se reportan como comestibles, seis de estas se encuentran en la localidad de Monterreal, Arteaga Coahuila (Cuadro 1) (*Astraeus hygrometricus*, *Boletus barrowsii*, *Lactarius deliciosus*, *Russula atroglauca*, *R. xerampelina* y *Suillus caeruleus*). El consumo de *Astraeus hygrometricus*, se ha identificado como regulador de hemostasia, tratamiento de eritemas, antifúngico, antioxidante, antitumoral, antiinflamatorio y hepatoprotector (Biswas *et al.*, 2010, 2011; Wu *et al.*, 2019); al cual se le ha atribuido un contenido del 14.7% de proteína cruda, 12.3% de fibra cruda y 4.4% de grasa (Sanmee, 2003).

Las investigaciones han demostrado que hongos del género *Boletus* son alimentos saludables, bajos en calorías, que contienen lípidos y ácidos grasos esenciales; sin embargo, algunos *Boletus* están involucrados en el desarrollo de alergias alimentarias, respuestas antiinflamatorias en patología del asma (Fisher *et al.*, 2017); otras especies del género *Boletus* se han reportado ser tóxicas y venenosas (Li *et al.*, 2021b).

Debido a su excelente sabor y textura, *Lactarius deliciosus* es popular en China por su actividad como antimicrobiana y anticancerígena (Xu *et al.*, 2019). Esta especie es una fuente de alimento natural importante, no solo por sus propiedades nutricionales básicas sino también en términos de polifenoles; en estudios previos, se ha informado que el hongo tiene actividad citotóxica, antioxidante, antimicrobiana, antihiper glucemiantes, actividad antitumoral, inmunestimulante, anticancerígena, antiinflamatoria, hipocolesterolemia y anticolinesterasa (Akgül *et al.*, 2019). *Russula xerampelina* posee un porcentaje del 22.4% de proteína cruda, 4.5% de grasa y 10.6% de fibra cruda (Sanmee, 2003). A menudo, estas especies de *Russula* tienen un olor característico, que recuerda mucho a los camarones o al pescado (Kuo, 2009).

En el sitio de Taponá, se encontraron especies del género *Amanita*, *Elaphomyces*, *Russula* y *Tuber*. Algunos hongos de la familia *Amanitaceae*, género *Amanita* son comestibles, mientras que muchos otros contienen potentes toxinas orgánicas (Arcia-Grajales 2023). *Amanita fulva* (Schaeff.) Secr. también conocida como grisette rojizo, es una de las varias especies comestibles de su género (Falandysz y Drewnowska 2015). Así mismo, otro hongo aislado en este sitio fue *Elaphomyces* sp., el cual se reporta

benéfico para asociaciones micorrícicas en pino, a pesar de ser una trufa verdadera, no es precisamente comestible (Voitk *et al.*, 2011). Barescut *et al.* (2009) aislaron muestras fecales de roedores que contienen esporas de *Elaphomyces bartlettii* y *E. oreoides*, y sugieren que los pequeños mamíferos y sus depredadores juegan un papel clave en la dispersión de esporas y el aumento de la diversidad local de *Elaphomyces* y que los pequeños mamíferos dependen de este hongo como fuente de alimento.

Para el sitio de Cañón de Caballos, se encontraron los géneros *Hygrophorus* y *Tuber*, para el sitio de Cuauhtémoc se reportan los géneros *Helvella* y *Tuber* y para Jamé *Hygrophorus*, *Russula* y *Tuber*. Se sabe que muchos hongos comestibles tienen importantes propiedades medicinales, incluidos efectos sobre diferentes tipos de cáncer. Kosanic *et al.* (2020) evaluó las propiedades neuroprotectoras, antimicrobianas, antioxidantes y anticancerígenas del extracto de acetona del hongo comestible *Hygrophorus eburneus*, como resultado del estudio, el extracto de *H. eburneus* mostró una potente actividad antioxidante para la eliminación de radicales aniónicos y expresó selectividad celular con notables efectos citotóxicos observados en las células cancerígenas de la línea HCT-116, con un fuerte potencial proapoptótico. Además, en un estudio realizado por Chye *et al.* (2008), encontró que *Hygrophorus* sp. tenía el mayor contenido de grasa (6.57%) de los hongos silvestres que fueron evaluados en su estudio indicando en sus hallazgos, que las setas pueden considerarse un alimento ideal para aquellas personas que tienen control de peso corporal, tomando en cuenta que esta especie contiene 1.24% de proteínas y 22.57% de fibra cruda.

En un estudio realizado por Altaf *et al.* (2020) cuatro especies de hongos silvestres comestibles, entre ellos, *Helvella elástica*, mostró 18% de proteínas la cual se encuentra entre las especies de hongos comestibles silvestres cultivadas naturalmente más utilizadas en el este de Anatolia, Turquía.

Las trufas son hongos muy apreciados y costosos, conocidos por sus sabores únicos e intensos. Las trufas negras (*Tuber melanosporum*) y las trufas blancas (*Tuber magnatum*) se encuentran entre las delicias culinarias más buscadas. Se le ha atribuido un buen contenido de proteína (20-30% de materia seca) con todos los aminoácidos esenciales (Díaz-Godínez y Téllez-Téllez, 2021). Estos organismos forman asociaciones simbióticas con raíces de ár-

boles, principalmente robles y avellanos. Los hongos del género *Tuber* spp. se encuentran en los mercados locales de Yunnan y forman parte de los ingresos extranjeros producidos por la exportación de hongos silvestres, que superan los 100 millones de dólares estadounidenses cada año en China (Pérez-Moreno *et al.*, 2020).

El macromiceto *Thelephora penicillata* encontrado en la localidad de Tapona, no es comestible, pero se considera un bioacumulador. Este es un hongo ectomicorrízico que puede acumular concentraciones extraordinariamente altas de Cd, As, Cu y Zn en sus cuerpos fructíferos. Para comprender mejor su capacidad de acumulación de elementos, se compararon las concentraciones de elementos en *T. penicillata* con 10 especies distintas de hongos ectomicorrízicos que crecen en el mismo sitio (Karlina Pila, República Checa); en promedio, *T. penicillata* acumuló 330, 2130, 26 y 4 veces más Cd, As, Cu y Zn, respectivamente, que otros hongos (Borovička *et al.*, 2023).

Al analizar los hongos ectomicorrízicos por sus propiedades tóxicas o venenosas, la literatura reporta el género *Inocybe* y la especie *Lactarius chrysorrheus* (ubicado en los sitios de Cuauhtémoc, Jamé y Tapona) como venenosos, debido al contenido de muscarina. Los síntomas del síndrome muscarínico incluyen aumento del pulso, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, mareos y respiración acelerada. Los pacientes afectados pueden mostrar hipersecreción, miosis y trastornos gastrointestinales. La bradicardia e incluso el colapso pueden ocurrir en casos severos de intoxicación con este veneno (Jo *et al.*, 2014). Después de la ingestión, la colina que contienen los hongos venenosos se convierte en acetilcolina en el cuerpo. Los síntomas de la toxicidad de la colina incluyen aumento de la presión arterial, disminución del ritmo cardíaco, contracción de la pupila, aumento del flujo sanguíneo y aumento de la actividad del sistema digestivo. Los hongos que contienen colina son *Rhodophyllus rhodopolius*, *Russula emetic* y *Lactarius chrysorrheus* (Jo *et al.*, 2014). *Tricholoma ustale*, un hongo conocido por su toxicidad por el ácido ustálico, se encontró en la localidad de Jamé.

En Japón, la gente come varios tipos de hongos silvestres en el otoño y muchos de ellos se envenenan al comer hongos tóxicos accidentalmente. Cada año, los tres hongos responsables de la mayoría de los casos de intoxicación en Japón son *Lampteromyces japonicus*, *Rhodophyllus rhodopolius* y *Tricholoma ustale*. *T. ustale* (Kakishimeji en japonés) es común en las regiones templadas del mundo y la ingestión

humana de este hongo provoca una intoxicación gastrointestinal acompañada de vómitos y diarrea (Sano *et al.*, 2002).

## CONCLUSIÓN

Se encontraron algunas especies con potencial económico para su consumo en la región forestal de Coahuila y Nuevo León, entre ellos, los géneros *Astreus*, *Amanita*, *Boletus*, *Elaphomyces*, *Helvella*, *Hygrophorus*, *Lactarius*, *Russula*, *Suillus* y *Tuber*, y los hongos venenosos *Tricholoma ustale*, *Lactarius chrysorrheus* e *Inocybe* sp.

En las regiones de Coahuila y Nuevo León estudiadas hay una gran variedad de especies de hongos que pueden tener usos comestibles o presentar toxicidad al ser consumidos, ahí radica la importancia de su identificación molecular.

## LITERATURA CITADA

- ALTAF U., Lalotra P. y Y. P. Sharma. 2020. Nutritional and mineral composition of four wild edible mushrooms from Jammu and Kashmir, India. *Indian Phytopathology*. 73: 313-320 doi:10.1007/s42360-020-00230-1
- ALTSCHUL S.F., Gish W., Miller W., Myers E.W. y D.J. Lipman. 1990 "Basic local alignment search tool." *Journal of Molecular Biology*. 215: 403-410
- AKGÜL H., Sevindik M., Bal C., Baba H. y Z. Selamoğlu. 2019. Medical properties of edible mushroom *Lactarius Deliciosus*. 98. pp. En: Gıyasettin K., Celaleddin O., Hasan H., Ilgaz A., Sinan A., Gönül E., Sinan A. y E. Akgül E. (Eds.) 2nd International Eurasian Mycology Congress (Emc'19). e-ISBN: 978-605-184-186-1
- ARCIA-GRAJALES J.H. 2023. Pueblos indígenas y políticas públicas sobre sustancias psicoactivas. *Disparidades-Revista de Antropología*, 78(1): e005-e005. DOI: <https://doi.org/10.3989/dra.2023.005>
- BARESCUT J., Steiner M. y U. Fielitz. 2009. Deer truffles—the dominant source of radiocaesium contamination of wild boar. *Radioprotection*. 44(5): 585-588.
- BOROVÍČKA J., Sácký J., Kaňa A., Walenta M., Ackerman L., Braeuer, S. y P. Kotrba. 2023. Cadmium in the hyperaccumulating mushroom *Thelephora penicillata*: Intracellular speciation and isotopic composition. *Science of The Total Environment*. 855: 159002.
- CASIQUE-VALDÉS R., Galindo-García F., Tedersoo L., Anslan S., Cornejo Oviedo E.H. y S. Sanchez Peña. 2020. Profiling the community structure of ectomycorrhizal fungi at endemic pine (*Pinus greggii*) stands of northeastern Mexico. *Southern Forests: a Journal of Forest*

- Science*, 82(3): 292-302.
- CASTELLANO M. A. y R. B. Stephens. 2017. *Elaphomyces* species (Elaphomycetaceae, Eurotiales) from Bartlett Experimental Forest, New Hampshire, USA. *IMA Fungus* 8: 49–63 <https://doi.org/10.5598/imafungus.2017.08.01.04>
- CHYE F. Y., Wong J. Y. y J. Lee. 2008. Nutritional quality and antioxidant activity of selected edible wild mushrooms. *Food Science and Technology International*, 14(4): 375-384.
- DEMIREL K., Yusuf U., Keleş A., Akçay, M. E. y A. C. Ismail. 2017. Macrofungi of Karagöl–Sahara National Park Şavşat-Artvin/Turkey. *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*. 10(2): 32-40.
- DÍAZ-GODÍNEZ G. y M. Téllez-Téllez. 2021. Mushrooms as edible foods. *Fungi in sustainable food production*, 143-164.
- EINHELLINGER A. 1980. *Russula atroglauca* spec. nov. und *Galerina dimorphocystis* Smith et Singer, zwei bemerkenswerte Blätterpilze aus dem Murnauer Moor. *Hoppea Denkschrift der Regensburgischen Naturforschenden Gesellschaft*. 39:101-106
- FALANDYSZ J. y M. Drewnowska. 2015. Distribution of mercury in *Amanita fulva* (Schaeff.) Secr. mushrooms: Accumulation, loss in cooking and dietary intake. *Eco-toxicology and Environmental Safety*. 115: 49-54
- HU J. J., Zhao G. P., Tuo Y. L., Qi Z. X., Yue L., Zhang B. y Y. Li. 2022. Ecological Factors Influencing the Occurrence of Macrofungi from Eastern Mountainous Areas to the Central Plains of Jilin Province, China. *Journal of Fungi*. 8(8): 871.
- ITO T., Nagai H., Aoki W., Yamada A., Kawagishi H., Fukaya M. y H. Konishi. 2021. Quantification of ustalic acid, a chemotaxonomic marker, in *Tricholoma ustale* using liquid chromatography–mass spectrometry. *Journal of natural medicines*. 75: 688-691.
- JORDAN, P. 2015. Field guide to edible mushrooms of Britain and Europe. *Bloomsbury Publishing*. pp 95-97
- JO W. S., Hossain M.A. y S. C. Park. 2014. Toxicological Profiles of Poisonous, Edible, and Medicinal Mushrooms. *Mycobiology*. 42(3): 215–220. doi:10.5941/myco.2014.42.3.215
- KOSANIC M. M., Šeklic D. S., Jovanovic M. M., Petrovic N. N. y S. D. Markovic. 2020. *Hygrophorus eburneus*, edible mushroom, a promising natural bioactive agent. *EXCLI journal*, 19: 442.
- KUO M. 2009. North American Shrimp Russulas: “*Russula xerampelina*.” En: [http://www.mushroomexpert.com/russula\\_xerampelina.html](http://www.mushroomexpert.com/russula_xerampelina.html) (Fecha de consulta: 17 junio 2023)
- LEE-HOON H., Noroul A. y T. Thuan-Chew. 2020. Edible Mushroom: Nutritional Properties, Potential Nutraceutical Values, and Its Utilisation in Food Product Development. 10.5772/intechopen.91827. DOI: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.91827>
- LI J., Wu H., Wang L., Huang Y. y L. Wang. 2021a. Key taste components in two wild edible *Boletus* mushrooms using widely targeted metabolomics. *Biochemical Systematics and Ecology*. 96:104268.
- LI H., Tian Y., Menolli N., Ye L., Karunarathna S. C., Perez-Moreno, J. y P.E. Mortimer, P. 2021b. Reviewing the world’s edible mushroom species: A new evidence-based classification system. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20(2): 1982–2014. doi:10.1111/1541-4337.12708
- MEENA B., Sivakumar V. y S. Praneetha. 2020. Prospects of biodiversity and distribution of mushroom fungi in India. *GSC Biological and Pharmaceutical Sciences*. 13(01): 078-085.
- MORALES-AMIGO M. 2021. Rol ecosistémico, social e importancia de la conservación de la biodiversidad de los hongos en Chile y en el bosque esclerófilo. Universidad De Chile Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Pregrado Carrera de Geografía.: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/186682/rol-ecosistema-social-e-importancia-de-la-conservacion-de-la-biodiversidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-RECNAT-1996. En: <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3316/1/NOM-010-SEMARNAT-1996.pdf>
- PANDA M.K., Thatoi H.N., Sahu S.C. y K. Tayung. 2019. Wild Edible Mushrooms of Northern Odisha, India: Data on Distribution and Utilization by Ethnic Communities. *Research Journal of Life Science. Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Science*. 5(2): 248-268.
- PÉREZ-MORENO J., Guerin-Laguette A., Rinaldi A. C., Yu F., Verbeken A., Hernández-Santiago F. y M. Martínez-Reyes, 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(5), 471-490.
- PETROVIC J., Kostic M., Stojkovic D. y J. Glamoc’lija. 2022. Applications of Mushrooms in the Food Industry. Edible Fungi: Chemical Composition Nutrition and Health Effects. Dejan Stojković and Barros eds. *Royal Society of Chemistry*. pp. 359.
- SANO Y., Sayama K., Arimoto Y., Inakuma T., Kobayashi K., Koshino H. y H. Kawagishi. 2002. Ustalic acid as a toxin and related compounds from the mushroom *Tricholoma ustale*. *Chemical Communications*. 13: 1384–1385. doi:10.1039/b202607d

- SANMEE R. 2003. Nutritive value of popular wild edible mushrooms from northern Thailand. *Food Chemistry*. 82(4), 527–532. doi:10.1016/s0308-8146(02)00595-2
- SMITH A. H. y H.D. Thiers. 1964. Contributions Toward a Monograph of North American Species. Lubrecht & Cramer. En: [https://www.fs.usda.gov/rm/pubs\\_exp\\_for/priest\\_river/exp\\_for\\_priest\\_river\\_1964\\_smith.pdf](https://www.fs.usda.gov/rm/pubs_exp_for/priest_river/exp_for_priest_river_1964_smith.pdf) (Fecha de consulta: 12 julio 2023)
- SINGH B. y V.K. Singh. 2022. Macrofungial (Mushroom) Diversity of Uttar Pradesh, India. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*. 4(8): 208-217.
- TEDERSOO L., Bahram M., Pölme S., Kõljalg U., Yorou N.S., Wijesundera R. y K. Abarenkov. 2014. Global diversity and geography of soil fungi. *Science*, 346(6213): 1256688, DOI: 10.1126/science.1256688.
- TEDERSOO L. y B. Lindahl. 2016. Fungal identification biases in microbiome projects. *Environmental Microbiology Reports*, 8:1–20.
- VOITK A., Hayward J. y T. Horton. 2011. False truffles of newfoundland and labrador. *Fungi*. 4(5):12-15. Obtenido de: <http://www.fungimag.com/winter-2012-articles/RevNewfoundlandColorLR.pdf> (Fecha de consulta: 17 Julio 2023)
- WU F., Zhou L.W., Yang Z. L., Bau T., Li T.H. y Y.C. Dai. 2019. Resource diversity of Chinese macrofungi: edible, medicinal and poisonous species. *Fungal Diversity*. doi:10.1007/s13225-019-00432-7
- XU Z., Fu L., Feng S., Yuan M., Huang Y., Liao, J. y C. Ding. 2019. Chemical composition, antioxidant and antihyperglycemic activities of the wild *Lactarius deliciosus* from China. *Molecules*. 24(7): 1357.
- YADAV D. y P.S. Negi. 2021. Bioactive components of mushrooms: Processing effects and health benefits. *Food Research International*, 148:110599.