Fundación Miguel Lillo
Tucumán
Argentina

Aprovechamiento de los hongos comestibles en México: una tradición que trasciende al futuro

Edible mushrooms management in Mexico: a tradition that transcends into the future

Ruan-Soto, Felipe[1*]; José E. Sánchez[2]; Luz Noyola-Méndez[2]; Amaranta Ramírez-Terrazo[3]; Roberto Garibay-Orijel[3]; Joaquín Cifuentes[4]

[1] Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Libramiento Norte Poniente No. 1150, Colonia Lajas Maciel, C.P. 29039. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.
[2] El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula. Carretera Antiguo Aeropuerto Km. 2.5, Centro, C.P.30700, Tapachula, Chiapas, México.
[3] Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México, México.
[4] Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510. Ciudad de México, México.
[*] Autor corresponsal: <ruansoto@yahoo.com.mx>

Resumen

México cuenta con un patrimonio micocultural que se expresa en una tradición histórica de consumo de hongos comestibles como parte de una estrategia diversificada de aprovechamiento integral de los recursos. Este artículo presenta un panorama general acerca del aprovechamiento de los hongos comestibles en México, tanto de aquellos silvestres como de los cultivados, desde sus raíces históricas hasta el presente. Si bien no existen evidencias que demuestren desde cuándo comenzó esta actividad, algunos vestigios señalan que el consumo de hongos silvestres era cotidiano desde la época prehispánica y que continuó durante el periodo colonial y del México independiente. Por otro lado, el conocimiento sobre el cultivo de hongos en México es mucho más reciente. Hoy en día, se han contabilizado 425 hongos silvestres consumidos en México. El aprovechamiento de estas especies no es homogéneo en todo el país, sobre todo existe una marcada diferencia entre las especies usadas en zonas templadas y las que son propias de zonas tropicales. Por otro lado, la producción de hongos comestibles cultivados ha empezado a diversificarse en años recientes en México. La comercialización de hongos

➤ Ref. bibliográfica: Ruan-Soto, F.; Sánchez, J. E.; Noyola-Méndez, L.; Ramírez-Terrazo, A.; Garibay-Orijel, R.; Cifuentes, J. 2025. Aprovechamiento de los hongos comestibles en México: una tradición que trasciende al futuro. *Lilloa 62* – Suplemento N° 1: "Hongos comestibles en Latinoamérica": 181-202. doi: https://doi.org/10.30550/j.lil/1822
➤ Recibido: 10 de octubre 2024 – Aceptado: 13 de marzo 2025 – Publicado: 30 de mayo 2025.
➤ URL de la revista: http://lilloa.lillo.org.ar
➤ Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución – No Comercial – Sin Obra Derivada 4.0 Internacional.

silvestres es considerada como una actividad económica que permite a la gente del campo de diversas regiones de México obtener beneficios monetarios a diferentes escalas. En el caso de los hongos cultivados, al salir de la unidad de producción, los hongos cosechados son distribuidos de diferentes maneras, ya sea por venta directa en el módulo del productor, llevados al mercado local, canalizados en centrales de abastos o bien en las cadenas de supermercados del país. El aprovechamiento de hongos comestibles silvestres en México es una actividad que, si bien se realiza desde tiempos ancestrales y en una buena parte del país, en términos regulatorios se puede catalogar de informal.

Palabras clave: Cultivo; etnomicología; macromicetos.

Abstract

Mexico has a mycocultural heritage that is expressed in a historical tradition of consumption of edible mushrooms as part of a diversified strategy of comprehensive use of resources. This chapter presents an overview of the use of edible mushrooms in Mexico, both wild and cultivated, from its historical roots to the present. Although there is no evidence to show when this activity began, some vestiges indicate that the consumption of wild mushrooms was daily since pre-Hispanic times and that it continued during the colonial period and independent Mexico. On the other hand, knowledge about mushroom cultivation in Mexico is much more recent. Today, 425 wild mushrooms consumed in Mexico have been counted. The use of these species is not homogeneous throughout the country, especially there is a marked difference between the species used in temperate zones and those that are typical of tropical zones. On the other hand, the production of cultivated edible mushrooms has begun to diversify in recent years in Mexico. The commercialization of wild mushrooms is considered an economic activity that allows rural people from different regions of Mexico to obtain monetary benefits at different scales. In the case of cultivated mushrooms, when leaving the production unit, the harvested mushrooms are distributed in different ways, either by direct sale in the producer's module, taken to the local market, channeled through supply centers or the supermarket chains of the country. The use of wild edible mushrooms in Mexico is an activity that, although it has been carried out since ancient times and in a good part of the country, in regulatory terms it can be classified as informal.

Keywords: Cultivation; ethnomycology; macromycetes.

INTRODUCCIÓN

Por su ubicación geográfica, su historia geológica y su intrincada orografía, México es un país considerado como megadiverso (Ramamoorthy *et al*., 1993). En el caso particular de los hongos, este país cuenta con una riqueza digna de asombro. Se estima que pueden existir entre 90000 y 110000 especies de hongos (Aguirre-Acosta *et al*., 2014), aunque algunos autores especulan que esta cifra puede ascender hasta 200000 especies (Guzmán, 1998). Hablando de hongos macroscópicos, se calcula que existen entre 9000 y 20000 especies. Por lo general, en los bosques templados de pinos (*Pinus* spp.) y robles (*Quercus* spp.) se encuentra una mayor diversidad de macromicetos, muchos de ellos asociados a estas especies vegetales (Müeller *et al*., 2007). Adicionalmente, México también cuenta con una gran diversidad cultural que se expresa en más de 60 grupos originarios, 291 lenguas vivas agrupadas en 11 familias lingüísticas (De Ávila, 2008), así como diferentes tradiciones, usos y costumbres, formas de gobierno, música, gastronomía y, sobre todo, diferentes formas de entender y percibir el mundo. Ante esta riqueza biocultural, es de esperarse que, a lo largo del tiempo, los pueblos que han habitado este territorio hayan incluido a los hongos como parte de una estrategia diversificada de aprovechamiento integral de los recursos, particularmente aquellos relacionados con la alimentación. En este proceso se ha ido conformando un conjunto considerable de especies comestibles, algunas de distribución amplia y otras más bien endémicas. Asimismo, en tiempos recientes este abanico de recursos se ha visto extendido por dos factores: gracias a la incorporación de nuevas especies en la dieta producto de la globalización y el contacto con otras tradiciones culturales, y el desarrollo de prácticas biotecnológicas que han permitido el cultivo de algunas especies de hongos para su aprovechamiento durante todo el año, independientemente de sus patrones naturales de aparición.

Este artículo presenta un panorama general acerca del aprovechamiento de los hongos comestibles en México, tanto de aquellos silvestres como de los cultivados, desde sus raíces históricas hasta el presente, mostrando algunas de sus fortalezas y limitaciones y, sobre todo, de sus perspectivas de desarrollo. Esto a partir de una revisión bibliográfica y la propia experiencia de los autores en dichas temáticas.

EL USO ALIMENTICIO TRADICIONAL DE LOS HONGOS EN MÉXICO, ACTIVIDAD CON HONDAS RAÍCES

Hablar del uso de los hongos comestibles en México es remontarse a una tradición que se funde en sus orígenes. Muy probablemente la actividad de recolectar hongos silvestres para su consumo comenzó con el propio poblamiento de la extensa región que hoy conocemos como México, particularmente en los bosques templados de la Sierra Madre Occidental y Oriental, así como en las selvas húmedas, sitios donde existe una mayor riqueza de especies fúngicas (Aguirre-Acosta *et al*., 2014).

Si bien no existen evidencias que demuestren de manera precisa cuándo comenzó esta actividad, en la región mesoamericana de México algunos vestigios como el Códice Florentino señalan que esta práctica se realizaba de manera cotidiana desde la época prehispánica. Este códice, desarrollado por Fray Bernardino de Sahagún a mediados del siglo XVI, muestra a través de textos y pinturas diversos aspectos de la vida diaria de los habitantes de la recién conquistada Tenochtitlan, capital del imperio Mexica (Instituto Nacional de Antropología e Historia, INAH, 2022). Entre narraciones al respecto de fiestas, historia, costumbres, flora y fauna, existe un apartado donde se describen diversos hongos comestibles como el *tzontecomananácatl*, descrito como un hongo redondo y grande; el *xelhuaznanácatl*, descrito como cilíndrico, dividido y hediondo; así como el *chimalnanácatl*, *menanácatl*, *zacananácatl* y el *cuauhnanácatl*, de los cuales describen de manera precisa sus formas, consistencias, el hábitat donde se podían encontrar, instrucciones de cómo prepararlos y detalles de su sabor. Cabe destacar que, en este documento, dichas especies eran consideradas como alimentos sanos (Duboboy, 1968). De manera indirecta, a través de análisis lingüísticos, es posible estimar que en el área maya especies como *Pleurotus djamor* y *Amanita jacksonii* son reconocidas, nombradas, y muy probablemente consumidas desde hace al menos 3 000 años (Ruan-Soto, 2018).

Durante la época colonial, también existen algunos registros sobre el aprovechamiento de hongos comestibles en la Nueva España. En *La Historia de la Plantas de la Nueva España*, Francisco Hernández, Médico e Historiador del Rey Felipe II, escribe durante la segunda mitad del siglo XVI acerca de algunas especies de hongos comestibles como el *iztacnaname*, *tlapalnancane* y el *chimalnanacame*. Esta tradición del consumo de hongos silvestres continuó por los siguientes años hasta nuestros días. Antes de que la etnomicología se erigiera a mediados del siglo XX como la disciplina encargada de describir y analizar la importancia cultural de los hongos, el poeta (y micólogo aficionado) José Juan Tablada, dejo una obra inconclusa que describe nombres, formas y aspectos culinarios de decenas de hongos comestibles, acompañados de magnificas acuarelas que ilustran esta obra realizada entre los años 20 y 30 del siglo XX (Tablada, 1994).

Como puede verse, el conocimiento de diversos hongos comestibles silvestres y el hábito por su consumo es de origen ancestral; sin embargo, el conocimiento sobre su cultivo es más reciente. Según Martínez-Carrera *et al.* (2002), el primer hongo cultivado en el país fue el "champiñón", *Agaricus bisporus*, alrededor del año 1930. Los primeros intentos por cultivar este organismo fueron de tipo experimental, aunque años más tarde permitieron consolidar una empresa (Hongos de México) que hasta la fecha mantiene un liderazgo en el país. En la actualidad esta empresa obtiene una producción superior a las 20 toneladas diarias. Desde 1947 se produjeron ya los primeros enlatados de este hongo y para 1949 se tuvo en el país el primer laboratorio de producción de inóculo de champiñón. Actualmente, hay en el país unas 14 empresas privadas productoras de champiñón, sobre todo en el centro, pero también hacia el norte del país, con lo que se logra una producción anual superior a las 60000 toneladas.

Después del éxito alcanzado con *Agaricus bisporus*, en 1974 se iniciaron los intentos por cultivar "setas" —nombre con el que es conocido en México a *Pleurotus ostreatus*— también de manera experimental, logrando posteriormente consolidar diferentes empresas con capacidad variable, algunas de ellas que producen actualmente hasta 100 toneladas mensuales de este hongo (Sánchez *et al*., 2007). El desarrollo productivo y comercial de la seta en el país ha sido diferente al del champiñón: la facilidad de su cultivo, su versatilidad para crecer sobre una amplia gama de sustratos, su sabor placentero, las pocas exigencias de inversión en modo autoconsumo y a pequeña escala, y el apoyo técnico de diferentes instituciones académicas y universidades del país, ha propiciado que, con el paso de los años, se hayan establecido pequeñas unidades de producción, de corte rural, en la mayor parte del territorio. Esto ha hecho que existan dispersas en la orografía nacional una infinidad de pequeñas y micro unidades de producción. Se estima que actualmente 5% de la producción nacional de hongos comestibles es de setas, aunque se debe recalcar que es difícil cuantificar la producción de este hongo dada la falta de estadísticas.

El tercer hongo en ser cultivado de manera comercial, importante y distintivo de México, es el "cuitlacoche", *Mycosarcoma maydis*. Si bien no existe evidencia que permita saber desde cuándo se empezó a consumir este hongo, hoy en día es una de las especies mayormente apreciadas y consumidas en buena parte del país. Este hongo es el causante de una enfermedad cancerosa de la mazorca y de la planta de maíz, conocida como carbón común. No es extraño que el desarrollo de la tecnología de cultivo con fines alimenticios se haya generado en laboratorios de fitopatología, precisamente al tratar de conocer la biología del hongo con fines de controlar la enfermedad que produce en el maíz. Castañeda de León y Leal Lara (2012) señalan que por colaboraciones entre el Centro de Investigaciones y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN Irapuato), el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Universidad de Illinois se logró desarrollar en los años 1990 la técnica para

la producción comercial de cuitlacoche, lo que dio un impulso importante a la producción nacional de este hongo. Debe decirse también que dado el arraigo que el cuitlacoche tiene en la cultura mexicana, antes del desarrollo de dicha tecnología ya había un conocimiento artesanal de propagación de la enfermedad en cultivos de maíz. Este hongo se producía de manera empírica, pero comercial, alcanzando una producción de alrededor de 500 toneladas anuales. Para el año 2014, ya se menciona una producción mexicana de cuitlacoche de 1 000 toneladas anuales, de las cuales el 30 % era cultivado y el 70 % silvestre. En cuanto a ventas, el 30 % fue enlatado (Castañeda de León *et al*., 2016). Para 2020, en la parte central del país que corresponde a la región entre Toluca, Ixtlahuaca y la ciudad de México se registraba una producción diaria de alrededor de 15 toneladas que, agregadas a un estimado de la producción de otras regiones productoras en los estados de Morelos y Tlaxcala, hacen un estimado a *grosso modo* para la producción mexicana de cuitlacoche de 6 000 toneladas anuales (Castañeda, "com. pers.", 2022).

LOS HONGOS EN LA ALIMENTACIÓN ACTUAL DE MÉXICO

Especies consumidas

En México, hasta el año de 2014 se tenían registradas 371 especies de hongos silvestres que se consumen de manera cotidiana y tradicional a lo largo y ancho del territorio nacional (Garibay-Orijel y Ruan-Soto, 2014). Hoy en día, se han contabilizado 425 especies consumidas en México. Es posible que esta cifra vaya aumentando al paso de los años por distintos factores: 1) existen amplias regiones del país en las que no se han desarrollado estudios etnomicológicos y en las que se desconoce si la gente consume hongos silvestres de manera tradicional y, si lo hace, cuáles especies aprovechan; en un país megadiverso como México, no es extraño pensar que estas regiones alberguen especies que no hayan sido caracterizados previamente y que nuevos estudios etnomicológicos aporten nuevos registros; 2) el avance de los conocimientos y técnicas taxonómicas que han permitido caracterizar de mejor manera la identidad específica de los hongos recolectados; y 3) la rápida socialización de conocimientos que permite el internet y las redes sociales acerca de especies comestibles y que posibilita la adquisición de nuevas tradiciones alimentarias importadas.

Los géneros más representativos por el número de especies consumidas que contienen son *Ramaria*, *Amanita*, *Boletus* y *Russula*. La mayoría de estas especies son ectomicorrizógenas (65%), sin embargo, existe un buen número de especies (31%) que son saprobias y susceptibles de ser cultivadas. Es interesante el consumo de cuatro especies parásitas, sobre todo de *Mycosarcoma maydis*, considerada un verdadero manjar entre la población, en especial en el altiplano central de México. El consumo de estas especies no es homogéneo en todo el país, ya que existe una marcada diferencia

entre aquellas que se consumen en zonas templadas y las que son propias de zonas tropicales. Entre la población habitante de tierras templadas los hongos de mayor importancia cultural son los contenidos dentro de los complejos de especies de *Amanita caesarea s.l.* y *Cantharellus cibarius s.l.*, además de *Lactarius indigo*, *Mycosarcoma maydis* e *Hypomyces lactifluorum* (Fig. 1). Por el contrario, en zonas tropicales, las especies comestibles de mayor importancia cultural son *Schizophyllum commune* (*y Schizophyllum. radiatum*), *Favolus tenuiculus* y distintas especies de los géneros *Auricularia* y *Pleurotus* (Fig. 1). Esta diferencia es producto de la distribución natural de las especies.

Fig. 1. Especies de hongos comestibles silvestres de mayor importancia cultural en México. A) *Mycosarcoma maydis.* B) *Amanita caesarea s.l.* C) *Lactarius indigo.* D) *Schizophyllum commune.* E) *Pleurotus* sp. F) *Auricularia* sp. Fotografías de Felipe Ruan Soto.

Fig. 1. The most culturally significant wild edible mushroom species in México. A) *Mycosarcoma maydis.* B) *Amanita caesarea s.l.* C) *Lactarius indigo.* D) *Schizophyllum commune.* E) *Pleurotus* sp. F) *Auricularia* sp. Photos by Felipe Ruan Soto.

En los bosques templados de coníferas y robles es frecuente la observación de especies ectomicorrizógenas de gran tamaño y consistencia carnosa. Por el contrario, en las selvas tropicales, son más frecuentes y abundantes especies saprobias de consistencia tenaz y coriácea, que a la vez son menos putrescibles en condiciones de alta temperatura y humedad, por lo que son un recurso mejor aprovechado.

Por otro lado, con relación a las especies cultivadas, en años recientes la producción de hongos comestibles ha empezado a diversificarse en México. En el caso de *Agaricus bisporus* se presentan variedades artificiales (no biológicas, sino estadios diferentes del esporoma) como estrategia comercial, con las cuales se observan tres presentaciones para basidiomas de esta especie: los cosechados antes de esporular, en estadio de botón blanco, mejor conocido como champiñón; botones de variedad oscura, denominados "cremini"; y basidiomas de variedad oscura cosechados cuando el sombrero está completamente extendido, que es denominado "portobelo". Para el caso del género *Pleurotus*, además de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*, se observan cultivos de las especies *Pleurotus djamor* y *Pleurotus eryngii*. Además, se cultiva en proporciones menores *Lentinula edodes* (conocido comercialmente como "shiitake", por su nombre japonés) (Fig. 2).

Fig. 2. Algunos macromicetos cultivados en México. A) *Agaricus bisporus* variedad oscura (portobelo). B) *Pleurotus ostreatus* (seta). C) *Lentinula edodes* (shiitake). D) *Cyclocybe aegerita*. Fotografías de Luz Noyola Méndez.

Fig. 2. Some of the mushrooms cultivated in Mexico. A) *Agaricus bisporus* dark varietal (portobello). B) *Pleurotus ostreatus* (oyster mushroom). C) *Lentinula edodes* (shiitake). D) *Cyclocybe aegerita*. Photos by Luz Noyola Méndez.

Otras especies que se han cultivado en el ámbito académico, pero de las cuales no se reportan experiencias comerciales, son *Auricularia* spp. *Volvariella* spp., *Neolentinus lepideus* y *Cyclocybe aegerita*, entre otras (Sánchez y Mata, 2012).

Mecanismos y generalidades de la recolección de hongos silvestres y la producción de hongos cultivados

En México, la actividad de recolección de hongos silvestres es una actividad que se realiza en bosques y selvas durante la temporada de lluvias que puede abarcar desde finales de primavera (principios de junio), el verano y casi todo el otoño (finales de noviembre) en las regiones de mayor precipitación. Por lo general, los hongos son recolectados en bosques comunales a los que toda la población puede acceder; en ocasiones, esta actividad también se realiza en predios privados, ya que este recurso es percibido como de libre acceso. En algunas regiones del país y para el caso de algunas especies en particular, como *Mycosarcoma maydis* o *Lepista nuda*, estas son recolectadas en los campos de cultivo por sus dueños (Montoya *et al*., 2019; Ruan-Soto, 2018).

En el altiplano central existen comunidades con un alto número de personas especializadas en la recolecta de hongos comestibles que se autodenominan "hongueros". Dichas personas realizan excursiones *ex professo* para la recolección de este recurso a través de rutas claramente establecidas y sitios donde ubican perfectamente la presencia de las especies que buscan. Estas caminatas en ocasiones pueden durar muchas horas y se realizan independientemente de las condiciones climáticas o lo abrupto del terreno. El objetivo es encontrar la mayor cantidad de hongos posibles de las especies que se buscan. Para ello se utilizan cubetas o baldes, morrales o bolsas plásticas, o canastas donde se van depositando los ejemplares encontrados. Así mismo, es común que en estos recorridos participen diferentes integrantes de las familias, incluso los niños más grandes que soporten el trayecto y con ello adquieren experiencia (Mariaca *et al*., 2001).

En otras regiones del país donde no existen hongueros, la recolecta se realiza mientras los campesinos desarrollan otras actividades cotidianas en los bosques, como el pastoreo de animales y la recolecta de leña, principal combustible en zonas rurales. Asimismo, en las regiones tropicales la obtención de los hongos es una actividad más bien fortuita, es decir, por lo general la gente no recorre las selvas en busca de hongos, sino que los recolecta cuando se da la oportunidad de encontrar un sitio en el que se observa una cantidad de ejemplares suficiente y en buen estado que permita su aprovechamiento. A este tipo de recolecta se le ha denominado oportunista (Ruan-Soto *et al*., 2021).

Sea cual fuere la estrategia de recolecta, los campesinos poseen un amplio bagaje de conocimientos tradicionales respecto de aspectos ecológicos (dónde aparecen, qué sustrato tienen, asociado con qué tipo de vegetación, bajo cuales condiciones ambientales fructifican), fenológicos (en qué meses del año se pueden encontrar, cuáles especies salen primero y cuáles después) y morfológicos (colores, formas, estructuras), que les permiten no solo saber de manera precisa dónde y cuándo se pueden encontrar, sino que además identificarlas eficientemente evitando así alguna posible intoxicación accidental (Ramírez-Terrazo *et al.*, 2021). Es de reconocer el papel que tienen las mujeres en estas actividades, ya que muchas veces son ellas las que cargan con una gran parte de las actividades relacionadas con la recolecta de este recurso, contribuyendo decisivamente en la vigilancia de la alimentación familiar de calidad (Garibay-Orijel *et al*., 2012) (Fig. 3). La recolecta de hongos comestibles silvestres puede tener dos objetivos que no necesariamente son excluyentes. Los ejemplares pueden ser destinados al autoconsumo hacia el interior de la unidad doméstica o destinados para la venta.

Fig. 3. Mujeres participando de la recolecta de hongos comestibles silvestres en México. A) Recolectoras de hongos en un bosque templado en Chiapas, México. Fotografía de Marisa Ordaz Velázquez. B) Preparando *Favolus tenuiculus* en las selvas de Chiapas, México. Fotografía de Felipe Ruan Soto.

Fig. 3. Women collecting wild edible mushrooms in Mexico. A) Mushroom pickers in a temperate forest in Chiapas, Mexico. Photo by Marisa Ordaz Velázquez. B) Cooking *Favolus tenuiculus* in the rainforest of Chiapas, México. Photo by Felipe Ruan Soto.

En lo que respecta a la producción de hongos, *Agaricus bisporus* se cultiva por el método tradicional de dos fases, utilizando paja de cereales, pollinaza, gallinaza y otros ingredientes en cantidades menores (Samp, 2007). *Pleurotus ostreatus* ha tenido en el país mucha aceptación con fines de cultivo en el medio rural, ya sea por productores con iniciativa propia, o por la intervención de programas de promoción estatales, municipales, de universidades y escuelas y de varias organizaciones de la sociedad civil, que lo han etiquetado como una buena estrategia para el desarrollo rural. Así es como se han iniciado grupos de cultivadores en los estados de Morelos, Puebla, Veracruz y Guerrero, solo por citar algunos casos. Por ejemplo, en Chiapas, estado limítrofe con el vecino país de Guatemala, entre 1996 y 2016 un programa del gobierno estatal (de la Secretaría de Pueblos Indios) promovió muy activamente el cultivo de setas mediante el suministro de semilla preparada en un laboratorio propio y el apoyo de un grupo de especialistas para la asistencia técnica *in situ* (Sánchez, 2017). En la actualidad este hongo se cultiva en residuos lignocelulósicos como la paja de cereales, aserrín, rastrojos, entre otros (Sánchez *et al.*, 2007), aunque se continúa buscando integrar residuos regionales a sistemas que reduzcan la contaminación y abaraten procesos, por ejemplo, el bagazo seco y fermentado del maguey tequilero, o combinaciones de cereales con otros residuos como yuca, hierbas silvestres, cáscaras, hojas y tallos, entre otras (Piña-Guzmán *et al.*, 2016). El proceso comercial más común involucra un tratamiento con vapor para la pasteurización del sustrato, aunque a nivel rural, en algunos estados se utiliza la desinfección con agua alcalina (Contreras *et al*., 2004).

El cuitlacoche es producido en algunas áreas de los estados de México, Guanajuato, Puebla, Morelos, Hidalgo y Tlaxcala, en donde existen tanto empresas como productores individuales. De la Rosa (2017) indica que los productores interesados compran las parcelas que son destinadas a la producción de maíz y que pueden alcanzar un rendimiento promedio de 6 a 8 toneladas por hectárea de cuitlacoche. Castañeda de León y Leal Lara (2012) indican que con la manera más común de inducir la infección de la planta de maíz se usa un equipo que incluye jeringas hipodérmicas, mochilas y pistola de inoculación, infectando con una solución de esporidias, aunque también pueden utilizarse teliosporas. Para ello existen empresas que producen el inóculo y asesoran en el cultivo con fines comerciales. La tecnología implica la selección de cepas virulentas de *Mycosarcoma maydis* y variedades susceptibles de maíz con agallas de calidad (Villanueva *et al.*, 2007).

Comercialización de hongos comestibles en México

La comercialización de hongos silvestres es considerada como una actividad económica que permite a la gente del campo de diversas regiones de México obtener beneficios monetarios a diferentes escalas. Para algunos campesinos significa la entrada de ingresos complementarios por un recurso que pueden obtener directamente de los bosques y con los cuales pueden acceder a otros satisfactores necesarios en su vida diaria. Para otros recolectores especializados la comercialización de hongos puede llegar a constituir el principal ingreso en la época de lluvias.

Hasta la fecha, se tienen contabilizadas 195 especies de hongos comercializadas a distintos niveles en el territorio nacional. La mayoría de estas especies (76%) se venden solamente de manera local y el 18% alcanzan un mercadeo a nivel regional. Especies como *Amanita basii*, *Boletus edulis* s.l., *Cantharellus cibarius* s.l., *Lactarius indigo* s.l., *Morchella esculenta* y *Mycosarcoma maydis* alcanzan una comercialización a gran escala e incluso algunas de ellas se exportan en grandes volúmenes a mercado internacionales, sobre todo a Estados Unidos, Canadá, Europa y el Sureste de Asia (Sánchez-Vázquez *et al*., 2019). Llama particularmente la atención el caso de *Tricholoma mesoamericanum* (conocido antes como *Tricholoma magnivelare*), conocido como *matsutake* americano, que se ha exportado al mercado japonés desde finales de la década de 1980 y que alcanzó niveles de aprovechamiento de alrededor de 55 toneladas al año (Martínez-Carrera *et al*., 2002). Asimismo, también son interesantes los casos de *Sparassis crispa*, *Entoloma abortivum* y *Neolentinus lepideus* que, aunque son de venta regional o incluso muy localizada, alcanzan valores monetarios muy altos en los mercados (por ejemplo, alrededor de siete dólares americanos por esporoma de *Neolentinus lepideus*).

Es frecuente que las especies de hongos comercializadas sean ofrecidas en fresco, por kilo o por medidas tradicionales (cubetas, manojos, pieza), por los recolectores directamente a los compradores, a la puerta de sus casas o en los mercados locales (Fig. 4). Por lo general, en el país no existe una organización social de los grupos de recolectores eficiente, que permita el aprovechamiento y comercialización de las especies de mayor valor económico para obtener ganancias económicas sustanciales. Para que los hongos accedan al mercado nacional o internacional es necesaria la participación de intermediarios y mayoristas que son los que regularmente obtienen las mayores ganancias (Mariaca *et al.*, 2001; Sánchez-Vázquez *et al*., 2019).

En el caso de los hongos cultivados, al salir de la unidad de producción los hongos cosechados son distribuidos de diferentes maneras, ya sea por venta directa en el módulo del productor, llevados al mercado local, canalizados a centrales de abastos o bien entregados en las cadenas de supermercados del país. La comercialización de los hongos se da en fresco, a granel, empacados en charolas y recipientes plásticos o también enlatados (Fig. 4). En el caso del cuitlacoche, es preferido el producto fresco en la

mazorca al que se vende ya desgranado y empaquetado en charolas plásticas, ya que se considera de mejor sabor y más genuino (Fig. 4).

En la actualidad, una parte de la producción mexicana de champiñón es exportada, principalmente a Estados Unidos. Li (2016) indica que el 6 % de las importaciones americanas de champiñón fresco provienen de México, quien de ese hecho mantiene el segundo lugar como exportador de champiñón fresco hacia ese país, solo después de Canadá. El cuitlacoche recientemente se ha empezado a exportar a Estados Unidos, a Canadá, a Japón y a países europeos (INTAGRI, 2017).

Fig. 4. Comercialización de hongos silvestres y cultivados en México. A) Comercialización de hongos silvestres y cultivados en charolas un mercado de Chiapas, México. Fotografía de Marisa Ordaz Velázquez. B) Comercialización de *Amanita hayalyuy*. Fotografía de Marisa Ordaz Velázquez. C) Oferta de *Amanita hayalyuy* en montoncitos (medidas tradicionales). Fotografía de Marisa Ordaz Velázquez. D) Comercialización de *Mycosarcoma maydis* en las propias mazorcas de *Zea mays*. Fotografía de Felipe Ruan Soto. E) Comercialización de hongos cultivados en un súper mercado en Chiapas, México. Fotografía de Luz Noyola Méndez. F) Comercialización de *Mycosarcoma maydis* enlatado. Fotografía de Luz Noyola Méndez.

Fig. 4. Sale of wild and cultivated mushrooms in Mexico. A) Wild and edible mushrooms sold in trays in a market in Chiapas, Mexico. Photo by Marisa Ordaz Velázquez. B) Sale of *Amanita hayalyuy*. Photo by Marisa Ordaz Velázquez. C) *Amanita hayalyuy* displayed in "montoncitos" (traditional measurement). Photo by Marisa Ordaz Velázquez. D) Sale of *Mycosarcoma maydis* in *Zea mays* corn cobs. Photo by Felipe Ruan Soto. E) Sale of cultivated mushrooms in a supermarket in Chiapas, México. Photo by Luz Noyola Méndez. F) Sale of canned *Mycosarcoma maydis.* Photo by Luz Noyola Méndez.

Aspectos legislativos y regulatorios al respecto del aprovechamiento de hongos comestibles en México

El aprovechamiento de hongos comestibles silvestres en México es una actividad que, si bien se realiza desde tiempos ancestrales y en una buena parte del país, en términos regulatorios esta actividad se puede catalogar de informal (Benítez-Badillo *et al.*, 2013).

En lo que se refiere al aprovechamiento de los hongos comestibles, este recurso es reconocido como un Producto Forestal No Maderable (PFNM), es decir, un recurso biológico que es comercializado y que se deriva del manejo que se hace de bosques y selvas, y que no compromete la integridad del ecosistema (Red de Productos Forestales No Maderables [RPFNM], 2022). En este sentido, su extracción está regulada por distintas leyes como la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Vida Silvestre (LGVS), la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS), la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS), así como de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-010-SEMARNAT-1996 y NOM-059- SEMARNAT-2010. Si bien estas regulaciones consideran a los hongos como objetos de su injerencia, su aplicación es generalizada y a la vez inespecífica. La LGDFS señala que para el aprovechamiento de los hongos como PFNM únicamente se requiere de un aviso escrito ante la autoridad competente (Zamora- Martínez *et al*., 2009).

En este sentido, la Norma Oficial Mexicana NOM-010-RECNAT-1996 establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hongos. En principio define a los hongos como un PFNM que, para ser aprovechado, el dueño o poseedor del predio, deberá presentar por escrito una notificación anual con una serie de requisitos que abarcan título de posesión del predio, superficie, especies y cantidad estimada en toneladas por aprovechar, descripción de los criterios para la determinación de la madurez de cosecha y las técnicas de aprovechamiento. Esta norma indica, además los tiempos en que pueden ser aprovechadas ciertas especies de mayor comercialización, el grado de desarrollo que deben tener para ser recolectados, así como la forma en que debe ser extraído el esporoma.

Por otro lado, en términos de estadísticas oficiales de producción agroalimentaria, los hongos silvestres no son contemplados de manera específica en las bases de datos, ya que sus volúmenes de producción se mezclan con los de producción de frutas y hortalizas. Esta falta de información estadística, aunada a la relativa inespecificidad de las normas regulatorias, es un factor que dificulta el desarrollo de políticas públicas para un mejor desarrollo del aprovechamiento de hongos comestibles (Benítez-Badillo *et al.*, 2013).

Perspectivas y casos de éxito en el aprovechamiento de hongos comestibles en México

En la actualidad, la globalización, la creciente urbanización, el cambio climático, la reducción de los bosques y otros fenómenos socioecológicos han propiciado una fuerte presión de la humanidad y de los esquemas económicos extractivistas sobre los ecosistemas y los bienes asociados (Chapela, 2012). Frente a estas problemáticas los mecanismos de gestión y conservación de los bosques encaran retos importantes relacionados con la generación de acciones que permitan mitigar la pobreza a partir del aprovechamiento integral de los recursos y la diversificación de las actividades productivas. En este contexto, los hongos silvestres comestibles brindan una alternativa económica al medio rural, con un gran potencial como recurso turístico que representan un destacado patrimonio agroalimentario (Jiménez-Ruiz *et al*., 2017, Thomé-Ortiz *et al*., 2020). Por ello, el micoturismo ha surgido como una innovación para el aprovechamiento y comercialización de hongos silvestres. Esta práctica es vista como una actividad recreativa que se centra en el conocimiento, recolección y consumo de los hongos en su hábitat natural (Thomé-Ortiz *et al*., 2020). Las principales iniciativas micoturísticas en México han utilizado como ejes rectores la recolección de hongos tratando de minimizar el disturbio a los hábitats naturales y el mejoramiento del bienestar de las comunidades rurales (Pérez-Moreno *et al*., 2021).

Desde hace aproximadamente tres décadas, uno de los aspectos que ha caracterizado a la escuela etnomicológica mexicana es su cercanía y compromiso con las personas de las comunidades (Estrada-Martínez *et al*., 2020). Este interés colectivo ha contribuido en el desarrollo de experiencias comunitarias encaminadas a fortalecer y diversificar las formas de aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles. Gran parte de las iniciativas propuestas se han dado gracias al establecimiento de vínculos de colaboración entre las comunidades y la academia que mediante foros, exposiciones, cursos-talleres para la transferencia de tecnologías e investigaciones han generado espacios para la expresión y análisis de las problemáticas relacionadas con el aprovechamiento de los hongos silvestres, que han permitido la construcción de propuestas para su eventual solución (Estrada-Martínez *et al*., 2020; Pérez-Moreno *et al*., 2021).

Uno de los casos sobre la incorporación de los hongos como estrategia de organización y desarrollo comunitario es el realizado en San Antonio Cuajimoloyas, ubicado en la Sierra Norte de Oaxaca, en el sur de México. En este sitio se realiza la "Feria regional de hongos silvestres y otros productos no maderables", evento anual que representa un esfuerzo colectivo que incorpora a los hongos como el eje central para la construcción de un espacio de intercambio comercial de los principales productos de la región. Entre otras actividades se realizan recorridos en busca de hongos silvestres, concursos sobre la canasta más diversa, exposiciones de hongos en fresco,

conferencias, gastronomía con hongos, venta de hongos y productos hechos a base de este recurso, así como actividades culturales propias de la región. En este contexto, las mujeres recolectoras de hongos de Cuajimoloyas han sido una pieza clave, sus acciones organizativas les han permitido la creación de una gama de productos con valor agregado de la región, entre ellos hongos deshidratados y conservas de hongos que comercializan en diferentes espacios. Durante las últimas ediciones se han incorporado académicos especialistas que han contribuido en la organización y ejecución del evento, además de apoyar en la determinación científica de los hongos durante los recorridos y en la mesa de exposiciones, y de dictar parte de las conferencias solicitadas por el comité local.

Otras estrategias comunitarias exitosas que han innovado en el aprovechamiento y comercialización de hongos silvestres comestibles son las ejecutadas en el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Estado de México en el centro del país, por parte de las Hongueras *Pjiekakjoo* y Ecoturismo Tlahuica, grupos indígenas que han desarrollado proyectos comunitarios integrales centrados en el conocimiento tradicional sobre los hongos y el cuidado de los bosques, reforzando la identidad cultural de este grupo originario. Como parte de las actividades desarrolladas durante la temporada de lluvias, se ofertan al público recorridos micoturísticos y exposiciones de hongos. Además, durante el resto del año participan en diferentes eventos en los cuales comercializan y promueven el consumo de hongos deshidratados y conservas (Estrada-Martínez *et al*., 2020).

Aunado a estas iniciativas comunitarias, existen múltiples experiencias de trabajos colaborativos desarrolladas a lo largo del territorio mexicano. Entre ellas destacan el esfuerzo realizado por el grupo encabezado por el Dr. Jesús Pérez Moreno, investigador del Campus Montecillos del Colegio de Postgraduados, quienes han transferido tecnología para inducir innovaciones para el desarrollo del micoturismo como actividad productiva en diversas partes de México (Pérez-Moreno *et al*., 2021). Asimismo, en la región otomí del estado de Querétaro al centro-oriente de México, a partir de una investigación doctoral se detonaron prácticas de micoturismo etnomicológico y ferias culturales del hongo (Robles-García, 2021). Otra de las figuras clave que han contribuido en la construcción de estrategias que permitan incidir en la generación de acciones en pro del aprovechamiento integral de los hongos silvestres es el Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México (GIDEM), que desde finales del siglo XX se ha interesado en construir espacios de intercambio de saberes entre la comunidad científica y las comunidades locales, impulsando exposiciones de hongos, foros de hongueros, cursos y talleres, acciones en pro de la prevención de intoxicaciones por consumo de hongos, así como propuestas de micoturismo planteadas como una estrategia práctica de acompañamiento que permita la capacitación y el desarrollo de las habilidades de especialistas locales.

Por otro lado, las perspectivas en el desarrollo de la producción de hongos son prometedoras, gracias entre otros factores, a la composición química de los productos ofrecidos, la creciente tendencia mundial de consumir alimentos saludables, funcionales, con bajo contenido de grasa, ya que el valor nutritivo de los hongos cumple con dichas expectativas (Sánchez *et al.*, 2018).

En México, De Obeso-Fernández Del Valle y Quintus Scheckhuber (2021) reportaron un listado de veinte géneros diferentes de hongos y las aplicaciones que tienen, donde resaltan la nutrición, biotecnología, farmacéutica, bioprocesamiento y uso lúdico. Muchas de las aplicaciones biotecnológicas tienen sustento en las enzimas que producen estos organismos, ya que poseen importantes capacidades ligninolíticas, celulolíticas y hemicelulolíticas, entre otras. Estas enzimas están implicadas en diferentes procesos ecológicos, como el biocontrol de organismos patógenos y la degradación de residuos y de compuestos recalcitrantes y contaminantes emergentes (Camacho y Sánchez, 2016; De Obeso-Fernández Del Valle y Quintus Scheckhuber, 2021).

A nivel laboratorio, se han desarrollado estudios muy interesantes para tratar de elucidar la capacidad antioxidante de los hongos comestibles y su efecto en la longevidad. Sánchez *et al.* (2015) y Trujillo *et al.* (2021) utilizando como modelo biológico la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* concluyeron que al consumir diariamente *Pleurotus ostreatus* en la dieta, se incrementa la longevidad de las moscas en 16%. Por otra parte, estudios desarrollados con ovinos para conocer la capacidad antihelmíntica de varios hongos comestibles han permitido concluir que estos hongos, y en especial los del género *Pleurotus*, tienen un gran potencial para ser utilizados en estrategias de biocontrol de enfermedades diarreicas de ovinos causadas por el nematodo *Haemonchus contortus*. Parte de la efectividad de esta capacidad antihelmíntica se debe a diversos compuestos contenidos en las setas, como fenoles, ácidos grasos, terpenos como el β-sitosterol, entre otros compuestos (Pineda-Alegría *et al*., 2017, 2020, 2021). De estas investigaciones se tiene ya cuatro patentes en trámite (MX/a/2018/00894, MX/a/2020/008620, MX/a/2021/002741 y MX/a/2022/004620). La actividad nematicida ha sido probada utilizando los basidiomas, sus extractos o el sustrato degradado del cultivo, con diferentes grados de eficiencia en la mortalidad de huevos, larvas L3 o adultos del nematodo para fines de biocontrol.

CONCLUSIÓN

Como puede verse a lo largo de este artículo la recolección y cultivo de hongos comestibles es una actividad que contribuye a aumentar la cartera de alimentos disponibles con elementos de gran valor nutrimental, así como a la generación de ganancias económicas por su comercialización. En México, estas prácticas suelen apoyarse en un cumulo de conocimientos

micológico tradicionales que permiten un aprovechamiento sustentable y seguro del recurso fúngico. Sin embargo, hoy en día muchas de estas prácticas se han ido perdiendo por diversos motivos: el paulatino alejamiento de los campesinos de los bosques y las selvas para acceder a un modo de vida moderno y ligado a las urbes, la pérdida y/o desplazamiento de los conocimientos tradicionales a los que la gente joven considera obsoletos y parte de un pasado que busca negarse a toda costa, el desplazamiento de los alimentos tradicionales por alimentos procesados e inclusive fenómenos de intoxicaciones por consumo de hongos silvestres tóxicos. Todos estos factores ocasionan que el consumo de hongos comestibles no se desarrolle como debiera y con el potencial necesario. Es menester de todas y todos los involucrados el tratar de romper estas tendencias y promover la conservación del patrimonio micocultural.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

Aguirre-Acosta, E., Ulloa, M., Aguilar, S., Cifuentes, J. y Valenzuela, R. (2014). Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S76-S81. http://doi.org/10.7550/rmb.33649

Benítez-Badillo, G., Alvarado-Castillo, M. y Nava-Tablada, E. (2013). Análisis del marco regulatorio en el aprovechamiento de los hongos silvestres comestibles en México Revista Chapingo. *Serie ciencias forestales y del ambiente* 19 (3): 363-374.

Camacho, R. L. y Sánchez, J. E. (2016). Biotechnological use of fungi for the degradation of recalcitrant agro-pesticides. En M. Petre (Ed.) *Mushroom Biotechnolgy. Developmentes and applications* (pp. 203-2014). Academic Press.

Castañeda de León, V. T. y Leal Lara, H. (2012). Logros y desafíos de la producción masiva de cuitlacoche *Ustilago maydis* en México. En J. E. Sánchez. y G. Mata (Eds.) *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. (pp.193-206) El Colegio de la Frontera Sur; Instituto de Ecología A.C.

Castañeda de León, V. T., Martínez Carrera, D., Morales Almora, P., Sobal Cruz M., Gil Muñoz, A. y Leal Lara, H. (2016). El cuitlacoche, producto de la interacción *Ustilago maydis*-maíz, una aportación de México al mundo en el sistema agroalimentario microbiano. En D. Martínez-Carrera y J. Ramírez-Juárez (Eds.) *Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México*. (pp. 641-694). Editorial del Colegio de Postgraduados; AMC; CONACYT; UPAEP; IMINAP.

Chapela, F. (2012). Estado de los bosques de México. Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible AC.

Contreras, E. P., Sokolov, M., Mejía, G. y Sánchez, J. E. (2004). Soaking of substrate in alkaline water as a pretreatment for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 79 (2): 234-240.

De Ávila, A. (2008). La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico, en *Capital natural de México* vol. I: *Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio. México D. F.

De la Rosa, V. C. (2017). Producción de huitlacoche por inoculación. Consultado el 16 de junio de 2022. https://www.hortalizas.com/cultivos/produccion-de-huitlacoche-por-inoculacion/

De Obeso-Fernández Del Valle, A. y Quintus Scheckhuber, C. (2021). From Past to Present: Biotechnology in Mexico Using Algae and Fungi. *Plants* 10: 2530. https://doi.org/10.3390/plants10112530

Duboboy, C. (1968). Conocimiento de los hongos en el México antiguo. *Boletín Informativo de la Sociedad Mexicana de Micología* 2: 16-24.

Estrada-Martínez, E., Vásquez Dávila, M. A., Adasoro Maya, E. M., Sepúlveda Varón, A. R. y Naranjo Arcila, M. A. (2020). Metodologías participativas en etnobiología. En F. Ruan Soto, A. Ramírez Terrazo, A. Montoya y R. Garibay-Orijel (Eds.) *Métodos en etnomicología*. (pp. 51-86). Universidad Nacional Autónoma de México.

Garibay-Orijel, R., Ramírez-Terrazo, A. y Ordaz-Velázquez, M. (2012). Women care about local knowledge, experiences from ethnomycology. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 8 (25): 1-12. http://doi.org/10.1186/1746-4269-8-25

Garibay-Orijel, R. y Ruan-Soto, F. (2014). Listado de los hongos silvestres consumidos como alimento tradicional en México. En A. Moreno-Fuentes y R. Garibay-Orijel (Eds.) *La Etnomicología en México. Estado del Arte*. (pp. 91-112) Red de Etnoecología y Patrimonio Biocultural (CONACYT); Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; Instituto de Biología UNAM; Sociedad Mexicana de Micología; Asociación Etnobiológica Mexicana A.C.; Grupo Interdisciplinario para el Desarrollo de la Etnomicología en México; Sociedad Latinoamericana de Etnobiología. México, D.F.

Guzmán, G. (1998). Inventorying the fungi of Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7: 369-384.

INAH (Instituto Nacional de Antropología e Historia). (2022). *Códices*. Consultado el 20 de junio de 2022. https://www.codices.inah.gob.mx/pc/index.php

INTAGRI (2017). *El Huitlacoche en el Maíz: Organismo Patógeno o Benéfico*. Consultado el 6 de junio de 2022. https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/el-huitlacoche-en-el-maiz-organismo-patogeno-o-benefico

Jiménez-Ruiz, A., Thomé-Ortiz, H., Espinoza-Ortega, A. y Vizcarra-Bordi, I. (2017). Aprovechamiento recreativo de los hongos comestibles

silvestres: casos de micoturismo en el mundo con énfasis en México. *Bosque (Valdivia)* 38 (3): 447-456.

Li, J. (2016). *U.S. Mushroom Import Demand Estimation with Source Differentiated AIDS and Rotterdam Models* [Tesis de doctorado, University of Nebraska] https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1035&context=agecondiss

Mariaca, R., Silva, L. C. y Castaños, C. A. (2001). Proceso de recolección y comercialización de hongos comestibles silvestres en el Valle de Toluca, México. *Ciencia Ergo Sum* 8 (1): 30-40.

Martínez-Carrera, D., Morales, P., Pellicer-González, E., León, H., Aguilar, A., Ramírez, P.; Ortega, P., Largo, A., Bonilla, M. y Gómez, M. (2002). Studies on the traditional management, and processing of matsutake mushrooms in Oaxaca, Mexico. *Micologia Aplicada International* 14 (2): 25-43.

Montoya, A., Briones-Dumas, E., Núñez-López, R., Kong, A., Ortiz-Hernández, V. y Moreno-Fuentes, A. (2019). Los hongos conocidos por la comunidad Yuhmu de Ixtenco, Tlaxcala, México. *Scientia fungorum* 49: e1230

Müeller, G. M. y Schmit, J. P. (2007). Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity and Conservation* 16: 1-5.

Pérez-Moreno, J., Martínez-Reyes, M., Hernández-Santiago, F., Ramírez-Carbajal, E. y Luciano Dorado, K. I. (2021). Mico turismo: innovación útil para la conservación forestal y desarrollo rural. *Agro-divulgación* 1 (1): 9-11. https://doi.org/10.54767/ad.v1i2.26

Pineda-Alegría, J. A., Sánchez-Vázquez, J. E., González-Cortázar, M., Zamilpa, A., López-Arellano, M. E., Cuevas-Padilla, E. J., Mendoza-de-Gives, P. y Aguilar-Marcelino, L. (2017) The edible mushroom *Pleurotus djamor* produces metabolites with lethal activity against *Haemonchus contortus* infective. *Journal of Medicinal Food* 20 (12): 1184-1192.

Pineda-Alegría, J. A., Sánchez, J. E., González-Cortázar, M., Mendoza-de-Gives, P., Zamilpa-Álvarez, A., Gonzáles-Garduño, R., von Sonde Fernex, E., y Aguilar-Marcelino, L. (2020). In vitro nematocidal activity of commercial fatty acids and β-sitosterol against *Haemonchus contortus*. *Journal of Helminthology* 94 (e135): 1-4.

Pineda-Alegría, J. A., Sánchez, J. E., Ventura-Zapata, E., González-Cortazar, M., y Aguilar-Marcelino, M. (2021). Nematicidal Effect of Shiitake (*Lentinula edodes*) Extracts Against *Haemonchus contortus*. *Journal of Medicinal Food*, 24 (9): 953-959.

Piña-Guzmán, A. B., Nieto-Monteros, D. A. y Robles Martínez, F. (2016). Utilización de residuos agrícolas y agroindustriales en el cultivo y producción del hongo comestible seta (*Pleurotus* spp.). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32: 141-151. http://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.05.10

Ramamoorthy, T. P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. (Eds.) (1993). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*, Oxford University Press. Nueva York.

Ramírez-Terrazo, A., Montoya, A. y Kong, A. (2021). Conocimiento micológico tradicional en dos comunidades aledañas al Parque Nacional Lagunas de Montebello, Chiapas, México. *Scientia fungorum* 51: e1321. https://doi.org/10.33885/sf.2021.51.1321

Red de Productos Forestales No Maderables [PFNM]. (2022). Productos Forestales No Maderables: aportes desde la etnobiología para su aprovechamiento sostenible. Consultado el 1 de julio de 2022. http://red-pfnm.org.mx/quienes-somos

Robles-García, D. (2021). *Modelo de red-empresa para el aprovechamiento y manejo de los hongos bioculturalmente importantes en las comunidades otomíes de Texquedó, Xajay y Tenasdá en Amealco, Querétaro* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo].

Ruan-Soto, F., Cifuentes, J., Garibay-Orijel, R., y Caballero. J. (2021). Comparación de la disponibilidad de hongos comestibles en tierras altas y bajas de Chiapas, México, y sus implicaciones en estrategias tradicionales de aprovechamiento. *Acta Botanica Mexicana* 128: e1731.

Ruan-Soto, F. (2018). Sociodemographic differences in the cultural significance of edible and toxic mushrooms among Tsotsil towns in the Highlands of Chiapas, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 14: 1-19.

Samp, R. (2007). Desarrollo de sistemas de procesamiento de composta para el champiñón *Agaricus bisporus*, En J. E. Sánchez, D. J. Royse y H. Leal Lara (Eds.) *Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de Agaricus bisporus*. (pp. 49-56). El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula.

Sánchez, J. E. (2017). Resplandor y oscuridad del cultivo de hongos en Chiapas. *Insula Sur* 1: 17-18.

Sánchez, J. E., Jiménez Pérez, G. y Liedo, P. (2015). Can consumption of anti-oxidant rich mushrooms extend longevity?: Antioxidant activity of *Pleurotus* spp and its effect on Mexican fruit flies (*Anastrepha ludens*) longevity. *Age* 37: 107.

Sánchez, J. E y Mata, G. (eds.) (2012). *Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural*. El Colegio de la Frontera Sur; Instituto de Ecología A.C. Tapachula.

Sánchez, J. E., Royse, D. J. y Leal Lara, H. (2007). *Cultivo, mercadotecnia e inocuidad alimenticia de Agaricus bisporus*. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula.

Sánchez, J. E., Zied, D. y Albertó, E. (2018). *Edible Mushroom production in the Americas*. Abstracts of the 9th International Conference of Mushroom Biology and Mushroom products, Shanghai, China. https://www.aconf.org/conf_158655.html

Sánchez-Vázquez, J. E., Pérez, J., Mata, G., Salmones, D. y Leal Lara, H. (2019). Capítulo 21: Los hongos comestibles en México. En F. Álvarez, P. Rodríguez y A. Alarcón (Coords.) *Biodiversidad de microorganismos de México: Importancia, aplicación y conservación.* Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Tablada, J. J. (1994). *Hongos comestibles mexicanos*. Fondo de Cultura Económica; Academia Mexicana de la Lengua. México D.F.

Thomé-Ortiz, H., Jiménez-Ruiz, A. E. J., Ortega, A. E. y Vizcarra-Bordi I. (2020). Una aproximación al turismo micológico desde el enfoque de capital rural. Análisis comparativo en el Centro de México. *Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada* 59 (3): 219-237.

Trujillo, K. G., Sánchez, J. E., Guillen, K., Barba, A. P. y Liedo, P. (2021). Edible mushrooms protein content and antioxidant capacity increase the longevity of *Anastrepha ludens* fruit flies. *International Journal of Medicinal Mushrooms* 23 (6): 33-43. http://doi.org/10.1615/IntJMedMushrooms.2021038305

Villanueva, V. C., Sánchez, E. y Villanueva, E. (2007). *El huitlacoche y su cultivo*. Mundi Prensa México. México D. F.

Zamora-Martínez, M. C., Velasco, B. E., González H. A., Nieto de Pascual C. P., Moreno F., Romero M. E. y Flores, A. (2009). *Modelos Predictivos para la Producción de Productos Forestales No Maderables: Hongos*. INIFAP. México D.F.