



Hongos comestibles en Puerto Rico y sus aplicaciones en desarrollo sustentable

Edible mushrooms in Puerto Rico and their applications in sustainable development

Cafaro, Matías J.^{1*}; Sharon A. Cantrell²; Marian Espola-Sepúlveda³; Yalíz Loperena-Álvarez⁴; Sandra L. Maldonado-Ramírez¹; Bárbara I. Sánchez-Santana¹; Ángel M. Nieves-Rivera⁵

¹ Departamento de Biología, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Puerto Rico.

² Departamento de Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad Ana G. Méndez, Gurabo, Puerto Rico.

³ Departamento de Ciencias y Tecnología, Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto de San Germán.

⁴ Colegio de Ciencias, Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez.

⁵ Calle Félix Castillo 293, Mayagüez, PR 00680-5201.

* Autor corresponsal: <matias.cafaro@upr.edu>

Resumen

Puerto Rico es una de las Antillas Mayores en el Caribe cuya población está aún descubriendo el valor nutricional de los hongos comestibles. Sin embargo, algunos pueblos precolombinos utilizaban hongos como parte de su dieta. Con la llegada de los europeos se desarrolló un poco más la micofagia en la isla, pero no lo suficiente como para tener un registro histórico sobre el tema. Actualmente, se consideran comestibles en Puerto Rico algunas especies de *Auricularia*, *Agaricus* y *Psathyrella*-ceae. En la década de los 1980 surge un interés por desarrollar cultivos de setas comerciales. Varias investigaciones sobre el tema en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez estudiaron la producción de *Volvariella volvacea* y especies de *Pleurotus*. Muchos de estos esfuerzos no llegaron a consolidarse en emprendimientos comerciales hasta casi finales de los 1990 y comienzos del nuevo siglo. En tiempos recientes, con la entrada de los alimentos

► Ref. bibliográfica: Cafaro, M. J.; Cantrell; S. A.; Espola-Sepúlveda, M.; Loperena-Álvarez, Y.; Maldonado-Ramírez, S. L.; Sánchez-Santana, B. I.; Nieves-Rivera, A. 2025. Hongos comestibles en Puerto Rico y sus aplicaciones en desarrollo sustentable. *Lilloa* 62 – Suplemento N° 1: "Hongos comestibles en Latinoamérica": 29-47. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/1817>

► Recibido: 15 de octubre 2024 – Aceptado: 12 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.

orgánicos o producidos de manera sustentable, se ha notado un aumento en el consumo de hongos, incorporados a las recetas y platos típicos puertorriqueños. La mayoría del desarrollo de hongos alimenticios ha sido en torno a cultivos comerciales de *Agaricus* y *Pleurotus*. Algunos emprendimientos locales de cultivo de setas sustentables a base de composta derivada de desechos vegetales son de producción limitada y distribuidas a restaurantes, naturistas locales o vendidas al público en ferias agrícolas. En cuanto a la legislación o regulaciones sobre el cultivo de setas en Puerto Rico, es poco lo que hay establecido. No existen reglamentos, leyes y/o disposiciones específicas sobre el cultivo de setas, con fines comerciales o para desarrollo sustentable. Muchos de los emprendimientos locales se cobijan bajo reglamentos o leyes de cultivos especiales (*specialty crops*) o leyes para cultivos hidropónicos. Finalmente, podemos destacar que existen estudios farmacéuticos sobre las propiedades antibacteriales y anticancerígenas de las fracciones de polisacáridos, triterpenos y extractos de hongos cultivables en Puerto Rico de especies del género *Ganoderma*. Estos proveen un gran potencial en el desarrollo de nuevas tecnologías para el estudio de los bioproductos de hongos comestibles.

Palabras clave: Cultivos especiales; micofagia; setas comestibles.

Abstract

Puerto Rico is one of the Greater Antilles in the Caribbean whose population is still discovering the nutritional value of mushrooms. However, some pre-Columbian groups used mushrooms as part of their diet. With the arrival of Europeans, mycophagy developed a little more on the island, but not enough to have a historical record on the subject. Currently, some species of *Auricularia*, *Agaricus* and *Psathyrellaceae* are considered edible in Puerto Rico. In the 1980s there was an interest in developing commercial mushroom crops. Several investigations on the subject at the Agricultural Experimental Station of the University of Puerto Rico, Mayagüez Campus studied the production of *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* species. Many of these efforts were not consolidated into commercial ventures until almost the late 1990s and the beginning of the new century. In recent times, with the entry of organic or sustainably produced foods, there has been an increase in the consumption of mushrooms, incorporated into typical Puerto Rican recipes and dishes. Edible mushroom development has been around cash crops of *Agaricus* and *Pleurotus*. Some local sustainable mushroom cultivation ventures based on compost derived from vegetable waste, are of limited production and distributed to restaurants, local natural/health food vendors or sold to the public at agricultural fairs. As for the legislation or regulations on mushroom cultivation in Puerto Rico, there is little that has been established. There are no specific regulations, laws and/or provisions on mushroom cultivation, for commercial purposes or for sustainable development. Many of the local enterprises are covered by regulations or laws of specialty crops or for hydroponic crops. Finally, we can highlight that there are pharmaceutical studies on the antibacterial

and anticancer properties of the fractions of polysaccharides, triterpenes and extracts of fungi cultivable in Puerto Rico of species of the genus *Ganoderma*. These provide great potential in the development of new technologies for the study of edible mushroom bioproducts.

Keywords: Edible mushrooms; mycophagy; specialty crops.

EL USO ALIMENTICIO TRADICIONAL DE LOS HONGOS EN PUERTO RICO

Puerto Rico, un archipiélago en las Antillas Mayores, ha sido un lugar de convergencia cultural a través del tiempo. La isla, situada en el Caribe, ha plasmado su historia desde finales del siglo XV. Previo a esto, se especula que se consumieron las primeras setas para contactar las grandes deidades, como alimento obligatorio o simplemente por casualidad. Para lograr dilucidar este enigma, se han realizado algunos sondeos. Estudios moleculares en coprolitos que datan de 180 A. D. a 600 A. D., encontrados en la isla municipio de Vieques, presentan datos sobre la posible composición del microbioma intestinal de dos culturas precolombinas (Santiago-Rodríguez *et al.*, 2013; Cano *et al.*, 2014). Se entiende que las culturas Saladoides y Huecoides representaron dos migraciones de diferentes regiones de América del Sur y mostraban diferencias culturales, tecnológicas (Rodríguez-Ramos, 2019) y alimenticias. La presencia de ADN de varias especies de basidiomicetos y ascomicetos sugiere que ambas poblaciones ingerían hongos y levaduras de forma directa o indirecta. Esto posiblemente a través del consumo de plantas, productos marinos y otros alimentos (Santiago-Rodríguez *et al.*, 2013).

Se ha postulado además la posibilidad del uso e intercambio de hongos comestibles, enteógenos y alucinógenos entre las poblaciones amerindias. Se evidencia este intercambio en algunas figurillas, ídolos de la cojoba y cemíes plasmados en madera, piedra, cerámica, algodón, entre otros, con un patrón morfológico similar a las piedras-hongo de los antiguos mayas de Mesoamérica (Nieves-Rivera *et al.*, 1995). Sin embargo, no existen registros históricos de Puerto Rico o las Antillas, del término *teonanácatl* o la carne de los dioses (Schultes, 1940), al referirse a las setas enteógenas utilizado por otras culturas de Mesoamérica durante sus rituales mágico-religiosos.

Según Nieves-Rivera *et al.* (2003), la limitada inclusión de hongos en nuestra dieta sugiere que proviene de los colonizadores españoles oriundos de una región donde no se consumían hongos. Estos consideraban a los hongos como diabólicos, posiblemente por conocer sus efectos venenosos y/o alucinógenos. Además, las formas de las fases sexuales de algunos hongos semejantes a los falos eran poco atractivas para el consumo, la vista y el olfato. Posiblemente al igual que otras culturas, los españoles asociaban los hongos con la brujería y el paganismo. Sin embargo, Francia y otros países germánicos y eslavos tenían tradiciones de consumo, cultivo y cose-

cha de hongos, al menos en tiempos de la colonización de las Américas. Un claro ejemplo es el vecino país de Haití donde se conoce el uso de hongos locales de la familia *Psathyrellaceae* en los platillos *riz djon-djon* y *riz noir* (Paul y Akers, 2000; Nieves-Rivera et al., 2003), así como el uso de *Agaricus* y *Cantharellus* (Nieves-Rivera, 2001a). Es posible que la micofagia en esta antigua colonia francesa se asocie con la combinación de diferentes aspectos de las culturas francesa y africana (Nieves-Rivera et al., 2003; Nieves-Rivera, 2001b). A pesar de estos hallazgos, en el caso de Puerto Rico, no se ha encontrado evidencia que relacione el consumo de hongos con las etnias africanas, aunque no se descarta la posibilidad.

A finales del siglo XIX, luego de la guerra hispano-americana, la ocupación norteamericana trajo consigo un nuevo grupo de habitantes y el establecimiento de agencias gubernamentales. Esto permitió que científicos viajaran a la isla para realizar investigaciones a través del Departamento de Agricultura Insular, lo que aumentó la atención por el estudio de los hongos (Lodge, 1996). Desde 1900 hasta el presente, se han realizado múltiples catastros de hongos en Puerto Rico y las Antillas Menores. Seaver y Chardón (1926) concluyen que el estudio de los hongos en Puerto Rico tuvo muy poca atención durante los años de la ocupación española. Ellos señalan que, aunque se reportaron muchas especies de hongos comestibles, estos son de poca importancia en la economía puertorriqueña. Actualmente, se consideran comestibles en Puerto Rico algunas especies de *Auricularia*, *Agaricus* y *Psathyrellaceae*. Sin embargo, estas especies no son conocidas a nivel local ni utilizadas para uso comercial o doméstico. No obstante, hay anécdotas sobre la inclusión de setas comestibles silvestres en la isla como la versión caribeña del 'chanterelle' europeo, *Cantharellus coccolobae*, que ya alguna gente consume en Loíza (Miller, com.per.). De esta manera, la revisión de literatura realizada no muestra una tradición de consumo de hongos silvestres nativos en Puerto Rico.

LOS HONGOS EN LA ALIMENTACIÓN ACTUAL EN PUERTO RICO

El interés por cultivar hongos comestibles comenzó en la década de 1980, con la iniciativa para establecer un programa de cultivo en la isla, que utilizara especies de importancia comercial (Torres-López y Hepperly, 1988). No obstante, en tiempos recientes, con la entrada de los alimentos orgánicos o producidos de manera sustentable, se ha notado un aumento en el consumo de hongos los cuales se han incorporado a las recetas y platos típicos puertorriqueños. Según el sistema de estadísticas del Comercio Exterior de Puerto Rico, durante el año fiscal 2020 se importaron un total de 626.018 kg de hongos comestibles y material relacionado a su cultivo (Tabla 1) con un valor total de 1.249.305 dólares americanos (Junta de Planificación de Puerto Rico, 2020).

Tabla 1. Importaciones de Puerto Rico relacionadas a hongos comestibles, durante el año fiscal 2020.
Table 1. Puerto Rico’s imports related to edible fungi during fiscal year 2020.

Descripción	Cantidad (kg)	Valor (USD)
Semillero de setas (“mushroom spawn”)	328.411	569.910
<i>Agaricus</i> sp. (fresco o congelado)	8.045	25.042
Setas (frescas o congeladas)	106.063	316.586
Setas y trufas NESOI* (deshidratadas, enteras o rebanadas)	1.715	42.811
Setas y trufas NESOI (preservadas, no comestibles)	91	2.642
Setas (rebanadas/preservadas) NESOI, CNTRS OVER 225 G**	22.261	49.008
Setas (preservadas o envasadas) NESOI, PREP/PRES NESOI, CNTRS OVER 225 G**	159.432	243.306
Total	626.018	1.249.305

Los productos provienen principalmente de Estados Unidos de Norteamérica y en el caso de algunos productos preservados, de Holanda y España. De estos productos, 6.801 kg se envían desde Puerto Rico a las Islas Vírgenes. Esto confirma que existe un mercado de consumo de hongos en la alimentación actual de la isla. Sin embargo, según Boa (2005) en su informe, no encontró evidencia del uso de hongos silvestres comestibles en las Antillas, incluyendo Puerto Rico.

CRONOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS ENFOCADOS EN SETAS COMESTIBLES

En el 1980, comenzaron las investigaciones con hongos comestibles con el propósito de fomentar la comercialización de estos en Puerto Rico. También se deseaba determinar los requisitos para el desarrollo y crecimiento óptimo de potenciales especies de hongos comestibles en la Isla. El Dr. Paul R. Hepperly fue uno de los pioneros en realizar investigaciones en la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez (UPR-M). Las investigaciones se enfocaron en hongos comestibles tropicales naturales de la región oeste de Puerto Rico. En 1982, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos aprobó fondos para el desarrollo de investigaciones sobre setas tropicales nativas bajo la directriz del Dr. Hepperly (Mignucci *et al.*, 1986). Torres-López y Hepperly (1988) identificaron basidiomicetos con potencial económico pertenecientes a los géneros *Pleurotus*, *Auricularia* y *Volvariella volvacea*, siendo esta última la más destacada y comúnmente conocida como la seta china. *Volvariella volvacea* es de crecimiento rápido en las condiciones de alta humedad y temperatura de Puerto Rico (Torres-López y Hepperly, 1988), siendo el candidato perfecto para enfocar todos los estudios y esfuerzos para una posible comercialización. Para la década de los 1980, la producción de *V. volvacea* no tenía un enfoque comercial en las Américas tropicales. Sin embargo, en Puerto Rico existían productos de desechos agrícolas con el potencial de utilizarse como sustrato para el crecimiento de la seta. Entre estos productos se encontraban derivados de la caña de azúcar y del café. Las investigaciones estaban dirigi-

das a determinar los requisitos nutricionales para su óptimo desarrollo. Se estudiaron diferentes fuentes de carbono y nitrógeno en diversas proporciones (Torres-López y Hepperly, 1988), suplementos de vitaminas (tiamina y riboflavina), aceites (aceite de soya, mineral y de maíz) y parámetros como pH (Torres-López y Hepperly, 1986). A través de estos estudios, se determinó que las soluciones de vitaminas aumentan el crecimiento micelial de *V. volvacea*, al igual que el aceite mineral. Sin embargo, el aceite de maíz no promueve, el aceite de soya reduce el crecimiento y un pH 7 maximiza el desarrollo de micelio.

Rivera-Vargas y Hepperly (1986) estudiaron cepas de *V. volvacea* aisladas de montículos de bagazo de la caña de azúcar acumulados en las centrales azucareras, entre ellas la Central Coloso en Aguada, Puerto Rico. Los estudios se enfocaron en la micobiota que afectaba el crecimiento de esta seta y los posibles tratamientos de compostaje del sustrato para mejorar su producción. Se identificaron hongos contaminantes y competidores que crecían en el bagazo de la caña de azúcar limitando el rendimiento de *V. volvacea*. Se identificó una seta “coprinoide” (*Coprinus* s.l.) como un gran competidor de *V. volvacea*, reduciendo el desarrollo de esta seta bajo parámetros similares de temperatura (Almodóvar-Caraballo, 1989). Además, aplicaron tratamientos con fungicidas alternativos para reprimir el



Fig. 1. Dra. Julia S. Mignucci mostrando un cultivo de *Pleurotus* en la Finca Alzamora, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez (circa 1985). Foto cortesía de Carlos Díaz-Piferrer.

Fig. 1. Dr. Julia S. Mignucci showing a culture of *Pleurotus* at Finca Alzamora, University of Puerto Rico, Mayagüez Campus (circa 1985). Photo courtesy of Carlos Díaz-Piferrer.

desarrollo de hongos competidores en el sustrato (Rivera-Vargas y Hepperly, 1987a, b; Almodóvar-Caraballo, 1989). Al combinar fungicidas se observó la reducción de hasta un 90% del crecimiento visible de los hongos competidores (Rivera-Vargas y Hepperly, 1987b). Dependiendo de la concentración de los fungicidas se pudo reducir el crecimiento micelial del competidor permitiendo el desarrollo normal de la seta (Almodóvar-Caraballo, 1989). Hepperly (1986) reportó la enfermedad ocasionada por la bacteria *Pseudomonas* en *V. volvacea* la cual afectaba la seta en todas las etapas del desarrollo, al punto de no permitir lograr su madurez.

A finales de 1980 y principios de 1990, aumentó el interés en investigaciones con *Pleurotus*. Barreto-Bosques (1992) evaluó el sistema de producción, la calidad y el rendimiento de una cepa de seta ostra que para ese tiempo llevaba el nombre *Pleurotus sajor-caju* y que hoy en día se entiende que sea una variedad de *Pleurotus pulmonarius*, utilizando dos formas de cultivo; sustrato colocado sobre camas o dentro de fundas plásticas. El sistema de fundas mostró mejores valores de eficiencia biológica y mayor producción presentando una alternativa con mayor eficiencia por unidad por área y mejor manejo de contaminación. En adición, se realizaron estudios relacionados a focos de infestación por colémbolos (Dones-Figueroa, 1992). Los investigadores sugirieron tomar medidas preventivas para reducir la presencia de estos insectos y evitar pérdidas económicas. Alameda y Mignucci (1997) estudiaron la bacteria *Burkholderia cepacia* causante de lesiones húmedas y amarillentas en el basidiocarpo de *Pleurotus* sp. A su vez Hernández-Bacó (1996) evaluó el rendimiento de *Pleurotus* durante su interacción con otras especies de hongos. *Trichoderma harzianum* redujo la producción en un 33% y *Cladobotryum dendroide* en un 13%, ocasionando además daños al basidiocarpo.

Todas estas investigaciones tuvieron como propósito fomentar el interés e introducir el cultivo de hongos comestibles al país como un mercado agrícola viable e innovador. Los hallazgos más relevantes incluyen información sobre diferentes tipos de sustratos disponibles localmente, sistemas de cultivos, identificación y control de plagas y hongos contaminantes. Estos investigadores confirmaron la disponibilidad de recursos en Puerto Rico para la agricultura sustentable del cultivo de setas. De igual forma proveyeron guías sobre prácticas preventivas que resultaron en la reducción de la contaminación e infestación de los cultivos de setas comestibles para aquellos interesados en comenzar a incursionar en este mercado (Mignucci *et al.*, 2000).

VIABILIDAD DE HONGOS COMESTIBLES CON POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO

En Puerto Rico, se han estudiado diversos hongos para evaluar su potencial biotecnológico, aunque no han sido explotados a nivel comercial. Entre éstos, las setas “coliboides” (*Omphalotaceae* spp.) han mostrado su potencial antimicrobiano. Preliminarmente cinco especies de *Gymnopus* y una especie de *Crinipellis* demostraron efectividad contra *Escherichia coli*, *Salmonella arizonae*, *Enterobacter aerogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* (López-Ferrer, 2004).

En Puerto Rico, la medicina alternativa y complementaria ha tenido una gran acogida. El género *Calvatia* se ha estudiado por su actividad antitumoral y antimicrobiana, específicamente el ácido calvático (Coetzee y van Wyk, 2009). Este hongo fue reportado en Puerto Rico por Nieves-Rivera et al. (1998) y Pérez-Medina (2019). Igualmente, ocurre con el género del hongo comestible *Auricularia* que en Puerto Rico se han identificado 6 especies con potencial en la producción de fármacos y antibióticos. Este género está siendo utilizado en muchos países como suplemento nutricional en la medicina alternativa. *Auricularia polytricha*, reportada en Puerto Rico por González-Colón (2018), ha sido estudiada en otros países por la producción de polisacáridos β -glucanos, efectivos contra tumores cancerosos. Varios laboratorios de investigación estudian los efectos anticancerígenos de extractos de *Ganoderma*. A pesar de que el uso de este hongo originalmente está asociado al oriente, sus productos son vastamente usados como inmunomoduladores (Xu et al., 2016), antidiabéticos (Liu y Tie, 2019) y antitumoral (Zhao et al., 2018) a nivel mundial. Para estos efectos, la especie más estudiada es *Ganoderma lucidum*, comúnmente conocido como *Reishi* o *Lingzhi*. La porción de los triterpenos del hongo, mayormente aislados de sus esporas, ha sido estudiada por sus propiedades antiinflamatorias y antitumoral (Yue et al., 2010). También este género de hongos posee varios polisacáridos, siendo los más abundantes el β -glucano y los peptidogluanos, encontrados en altas concentraciones en el cuerpo fructífero, micelio y esporas. Estos polisacáridos han mostrado actividad inmunomoduladora al aumentar la capacidad del sistema inmunológico para atacar tumores (Xu et al., 2011). Las sustancias bioactivas de este hongo han sido colocadas en distintos productos de hongos pulverizados los cuales se encuentran comercialmente disponibles en formulaciones de té, café y pastillas.

Actualmente, varios laboratorios evalúan los efectos anticancerígenos del extracto en pastillas Reishi Max® (GLE) en cáncer del seno. Análisis del extracto utilizando rayos X, cristalografía y derivación análoga mostraron que los tres componentes con mayor actividad anticancerígena *in vitro* fueron ergosterol, 5,6-dehidroergosterol y peróxido de ergosterol (Acevedo-Díaz et al., 2019). Otros estudios con GLE mostraron su capacidad de inhibir el crecimiento y proteínas claves en el desarrollo de la línea celular de cáncer del seno inflamatorio SUM-149 (Martínez-Montemayor et al.,

2011), disminución de la expresión de proteínas asociadas a la migración e invasión en la cascada de señales de STAT-3 (Loperena-Álvarez, 2016) y proliferación y metástasis en modelos *in vitro* e *in vivo* (Suárez-Arroyo *et al.*, 2013). También, el GLE disminuyó la movilidad en líneas de células de cáncer del seno, disminuyó la formación de lamelopodias y redujo la actividad de la cascada de señales de RAC (Acevedo-Díaz *et al.*, 2019). Debido a que el GLE logró disminuir la resistencia a la quimioterapia Erlotinib® en células de cáncer del seno triple negativas y de cáncer del seno inflamatorio (Suárez-Arroyo *et al.*, 2016), también se estudia por su potencial efecto en la medicina complementaria.

Puerto Rico posee un gran potencial en el desarrollo de nuevas tecnologías para el estudio de los bioproductos de hongos comestibles, como se ha demostrado en los estudios antes descritos. Aunque no se ha considerado seriamente el potencial del cultivo de setas como componente importante en la industria farmacéutica, cabe señalar que la mayoría de las investigaciones se enfocan en cáncer, dejando ver la necesidad de utilizar estos productos para estudiar los efectos inmunomoduladores y antibacterianos de estos extractos. Tal es el caso de la colaboración del Sr. Sebastián Sagardía, fundador de la compañía Huerto Rico, LLC quien actualmente colabora con un proyecto con la Escuela de Medicina de la Universidad Central del Caribe en Bayamón, Puerto Rico (Sagardía, “com. pers.”, 2019) Uno de los objetivos del proyecto es evaluar la actividad bioquímica de especies nativas de *Ganoderma* para crear un producto farmacológico nuevo con mayor potencia inmunomodulador y anti-tumor. Ante la diversidad de microclimas que posee la isla, la posibilidad de encontrar basidiomicetos nativos con propiedades medicinales es muy alta, por lo que es sumamente importante el explorar la diversidad de estos hongos.

LEGISLACIÓN

Luego de una búsqueda exhaustiva en fuentes de diversas agencias estatales y federales, así como la consulta a propietarios de emprendimientos dedicados al cultivo de hongos comestibles, se corroboró que no existen reglamentos, leyes y/o disposiciones específicas sobre su cultivo, con fines comerciales o para desarrollo sustentable en Puerto Rico. Aun así, se pueden utilizar como referencia algunos documentos y reglamentos que regulan los alimentos y productos de origen agrícola y que indirectamente, pueden aplicarse al cultivo de hongos.

A nivel local, la Ley 227 del 2 de octubre de 2018 (Proyecto 1362 de la Cámara de Representantes de Puerto Rico) cobija indirectamente la producción de setas comestibles. Bajo esta ley llamada “Ley de Registro de Agricultores Hidropónicos”, adscrita al Departamento de Agricultura de Puerto Rico, la definición de lo que constituye un cultivo hidropónico permite que los productores de setas se acojan a los beneficios que provee

la misma. En su exposición de motivos, la Ley 227 establece que “la sostenibilidad alimentaria debe ser la meta de todo cuerpo político organizado para garantizar la supervivencia de su gente y por eso que se ha convertido en política pública en la mayoría de los gobiernos permitir una mayor intervención del Estado en el modelo económico, especialmente en cuanto a la capacidad de producir alimentos para la población a servir. En el caso específico de la producción agrícola mediante los cultivos hidropónicos, que utilizan técnicas para el desarrollo de plantas en agua, es una creciente que necesita de la ayuda del Gobierno y otros sectores de nuestra economía para permitir que continúe expandiéndose de manera que sea una forma accesible de producir alimentos para cualquier familia en Puerto Rico”. Bajo el amparo de esta ley los agricultores de cultivos especializados (*specialty crops*) como lo son las setas, pueden solicitar ayuda económica o incentivos para mantener su producción y recuperar su inversión en caso de pérdidas por desastres naturales como los huracanes.

En cuanto al cultivo y cosecha de hongos en su estado salvaje, incluyendo especies comestibles y medicinales, el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (DRNA) no posee reglamentos o leyes que protejan o regulen dichas actividades (DRNA 2015). La única protección indirecta está disponible en la “Solicitud para propósitos de Investigación Científica” (VS-10) cuyo documento está disponible en <https://www.drna.pr.gov/>. Aquellos individuos comprometidos con la conservación de los recursos micológicos pueden indicar que coleccionarán *Vida Silvestre No Designada* al solicitar permiso para investigación científica. Sin embargo, para completar la solicitud es necesario entregar una propuesta de trabajo con el nombre científico y común de las especies que interesa coleccionar, así como la cantidad, edad y sexo de los ejemplares de las especies. En este caso particular la solicitud no necesariamente incluye a los hongos. Por otro lado, el listado de especies del “Reglamento para regir las especies vulnerables y en peligro de extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico” (2016) incluye solamente familias de plantas y animales dejando fuera las especies de hongos salvajes o cultivables.

Cabe señalar que, aunque no hay ninguna ley o reglamento que explícitamente regule el establecimiento de industrias agrícolas para el cultivo de hongos comestibles, cualquier individuo interesado en establecer un negocio de este tipo debe cumplir con diversos requisitos gubernamentales. Entre estos se incluyen: una licencia, certificación o permiso expedido por la Secretaría Auxiliar de Salud Ambiental, permiso de uso otorgado por la Oficina de Gerencia de Permisos, un certificado de inspección y endoso expedido por el Cuerpo de Bomberos de Puerto Rico, copia de la patente municipal y el certificado de incorporación del Departamento de Estado de Puerto Rico. Los costos asociados a cumplir con todas estas certificaciones y el registro de marcas se aproximan a 500 dólares americanos al momento de escribir este artículo.

A nivel federal, la agencia que regula y establece la política pública con relación a los cultivos agrícolas en Puerto Rico es el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). La “Sección 101 del Acta de Competitividad de los Cultivos de Especialidad de 2004” según, modificada en virtud del artículo 10010 del Acta Agrícola de 2014, Ley Pública 113-79 (Ley Agrícola), define los cultivos especializados (*specialty crops*) como “frutas y verduras, frutos secos, frutas secas, horticultura y cultivos de vivero (incluida la floricultura)”. Para ser consideradas un cultivo de especialidad, las plantas elegibles deben ser cultivadas o administradas, y utilizadas por personas con fines alimenticios, medicinales y/o de gratificación estética. La División de Inspección de Cultivos de Especialidad dentro del Programa de Cultivos de Especialidad amparado bajo el *Agricultural Marketing Service*, (AMS, por sus siglas en inglés) del USDA supervisa las auditorías específicas de productos de especialidad para satisfacer los requisitos de la industria de setas. Estas auditorías voluntarias e independientes de los proveedores de productos incluyen toda la cadena de producción y suministro. Actualmente el USDA requiere que toda finca o facilidad agrícola cumpla con la “Certificación de Buenas Prácticas Agrícolas” (GAP, por sus siglas en inglés). Las buenas prácticas agrícolas y las buenas prácticas de manipulación (GHP, por sus siglas en inglés) según las define la propia agencia son auditorías voluntarias para verificar que la producción, empaque, manipulación y almacenamiento de las frutas y verduras ocurra de la forma más segura para reducir los riesgos de seguridad alimentaria causada por microorganismos.

Las guías que conforman las buenas prácticas agrícolas de setas para este programa de auditoría fueron proporcionadas por el *American Mushroom Institute* y la Universidad Estatal de Pennsylvania. Estas guías detalladas pueden ser encontradas como parte del documento titulado Estándares de Seguridad Alimentaria para el Cultivo, Cosecha y Envío de Hongos Frescos. El listado de revisión para la auditoría sólo puede utilizarse para facilidades de crecimiento de setas cerradas. Además, permite identificar áreas específicas en la industria de cultivo de hongos frescos y puede utilizarse para todas las especies de hongos. Estas auditorías verifican que se cumpla con todas las recomendaciones en la Guía de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA, por sus siglas en inglés) para que las frutas y verduras que llegan al consumidor sean seguras para consumo. En 2015, el Programa de Auditoría del USDA realizó auditorías en 50 estados, Puerto Rico y Canadá, cubriendo más de 90 productos básicos. Para operaciones donde el crecimiento de setas ocurre en facilidades abiertas, se debe hacer referencia al USDA GAP & GHP o *Harmonized Produce Safety Standard*. En su segunda versión del 2019, las GAP’s proveen listas de cotejo para auditar las actividades de los empleados, las facilidades, recibo y almacenamiento de materiales crudos y suministros, los procesos de sanitización, empaque y protección de las setas cosechadas, la rotulación y el control de plagas, entre otros.

Al cumplir con la certificación GPA, el agricultor es elegible para solicitar fondos del bloque de subvenciones para cultivos especializados (*specialty crop block grant*) para el desarrollo de cultivos que caigan dentro de la definición de cultivo especializado, incluyendo las setas. La participación del Departamento de Agricultura de Puerto Rico (DAPR) en estos esfuerzos es determinante para que los agricultores de estos cultivos especializados tengan acceso a los fondos y ayudas. Para el año 2020, el DAPR no participó del programa y los agricultores de cultivo de setas no tuvieron acceso a los fondos. Sin embargo, los agricultores pueden acceder a otros fondos para ampliar su producción o mejorar sus facilidades. Según información publicada en <https://www.kiva.org> (2021), una corporación sin fines de lucro, un préstamo pequeño ayudó a Huerto Rico, LLC a expandir la producción de un pequeño cultivo experimental a una pequeña granja de setas gourmet mediante la adquisición de equipo necesario y la ampliación de la sala de cultivo.

El potencial del cultivo de setas en Puerto Rico es grande pero no ha sido ampliamente explotado como nueva fuente de ingresos para agricultores ni como fuente de alimentos para nuestra población. Tal vez sería necesario establecer incentivos económicos para motivar el cultivo de setas comestibles, educar a la población sobre los beneficios de ingerir hongos comestibles e identificar especies nativas de hongos con potencial económico.

DESARROLLO, OPORTUNIDADES Y PERSPECTIVAS DE LOS HONGOS ALIMENTICIOS EN EL MARCO DE OPORTUNIDADES DE LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

En Puerto Rico la mayoría del desarrollo de hongos alimenticios han sido en torno a cultivos comerciales de *Agaricus* y *Pleurotus*. La empresa líder en producción local es Setas de Puerto Rico, Inc. con una producción significativa de champiñones (setas) y Portobello (*Agaricus bisporus*) que llega a los mercados locales. La empresa puertorriqueña fue creada en 2011 con el fin de desarrollar la producción industrial de setas en el país, mediante la operación de la primera planta productora de setas en la isla. Actualmente la empresa cuenta con tres empleados y reportan 3 millones de dólares en ventas para el año 2024. En una entrevista para El Vocero (Cruz Ríos, 2023) los propietarios de la empresa indican que, por cada dólar en ventas, sesenta centavos se quedan en la economía local.

Con el objetivo de fortalecer la empresa, recientemente lanzaron un nuevo producto llamado “Mushroom Burgers”. El producto es confeccionado a base de las setas que producen en su finca. Para el mercado local, estas hamburguesas representan un producto sostenible e innovador para los consumidores y una nueva alternativa para la comunidad vegana en Puerto Rico.

Por otro lado, la reciente iniciativa de Huerto Rico, LLC especializada en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (concha de árbol) y *Pleurotus citrinopileatus* (concha amarilla) se ha desarrollado para el mercado local de restaurantes, utilizando desperdicios agrícolas desde el 2018 pero también como una estrategia para alcanzar la soberanía alimentaria (Hernández, 2019; Kennedy, 2022). Actualmente, Huerto Rico, LLC produce aproximadamente 27 Kg de setas de ostras al mes.

La empresa *Hepperly Enterprises*, localizada en el oeste de Puerto Rico, lleva más de una década en el cultivo del hongo *Pleurotus* y confección de composta. Para el 2008, Anaya Salazar realizó un análisis de viabilidad económica de un producto derivado de *Pleurotus* para dicha empresa. Se pretendía buscar alternativas a las setas que no se podían mercadear de forma fresca y que fueran utilizadas para preparar harina de setas. De esta forma, se obtendrían ganancias con setas que para ese momento no eran mercadeables por su apariencia y se descartaron como material de composta. Esta compañía llevó a cabo proyectos en donde se reciclaban las setas descartadas en el desarrollo de mezcla de suelo para sembrar plantas, buscando entradas de fondos adicionales a las ventas de setas frescas en mercados locales de Puerto Rico (Sustainable Agriculture Research and Education, 2008). En 2011, la empresa *Hepperly Enterprises* transfirió sus operaciones a un nuevo socio que la transformó a un emprendimiento de setas comestibles para suplir restaurantes locales, mercados agrícolas y venta directa al público. El nuevo emprendimiento cambió de nombre en el 2016 y comenzó a operar bajo Micofilia PR (McPhail Medina, com. pers., 2021). La adaptación de cultivos bajo el uso de composta derivada de hojas de palma y heno fino local ha sido uno de los retos más importantes para desarrollar la industria. La operación se basa principalmente en variedades de *Pleurotus* (*P. ostreatus*, *P. djamon*, *P. pulmonarius*) con una producción aproximada de 91 Kg mensuales. El inóculo se importa de EE.UU. con un costo elevado, normalmente se envía en forma de cultivo líquido en jeringuillas de inoculación y refrigerado. Las condiciones de temperatura elevada en Puerto Rico facilitan el crecimiento sobre *pellets* de trigo añadidos con harina de soya que luego es propagado en maíz. Se han realizado algunos experimentos sobre sustratos alternativos en la UPR-M, pero no se obtuvieron resultados significativos sobre el producto original. La operación de Micofilia PR intenta ser sustentable utilizando productos locales como palmas y desechos vegetales de maderas blandas, pero el mejor sustrato sigue siendo heno fino comprado a productores locales. Otro aspecto dentro de la producción son los procesos de pasteurización y de esterilización, los cuales requieren mucha energía a través de calderas de vapor, difíciles de mantener en el clima de Puerto Rico. En adición, el control de temperatura (75-80 °F) en los vagones de cultivo consume alta energía por los sistemas de refrigeración, obligando a subir el precio final del producto que ronda los 10 dólares americanos por libra. El sistema de producción es altamente demandante e intenso para *Pleurotus* en el clima de Puerto Rico y los márgenes de ganancia no se

consideran altamente rentables para la operación (~45%). Por otro lado, los cultivos son sensibles a la disponibilidad de CO₂ para fructificar. Este es el caso de *P. pulmonarius* que, aunque sufre de ataques por insectos, se ha observado mejores resultados creciendo a temperatura ambiente. En este momento Micofilia PR está experimentando con mallas anti-insectos para lograr una mayor producción. A su vez, están incursionando en cultivos de *Ganoderma lucidum* para producción de extractos con valor medicinal utilizando aserrín de caoba local donado de varios aserraderos. Hasta el momento, el rendimiento es muy bajo para competir en el mercado local. Finalmente, McPhail Medina indicó que uno de los retos y necesidades principales es la distribución de las setas frescas. Las setas tienen una vida útil muy corta para su almacenamiento y distribución. En particular, dependiendo de la variedad de *Pleurotus*, deben ser consumidas o procesadas de 4-8 días si se incluye refrigeración, de lo contrario en Puerto Rico solo duran 2 días fuera de la nevera.

El otro emprendimiento de cultivo de setas sustentable en Puerto Rico es *Wild Culture Mushrooms* (<https://wildculturemushrooms.com>), especializado en setas medicinales y gourmet para venta a restaurantes locales y al público. En una entrevista reciente del periódico El Nuevo Día (<https://www.youtube.com/watch?v=l2QgZQzHIpI>), se aborda el cultivo de hongos medicinales en Aguada, Puerto Rico. Se enfatiza el papel de la cultivación de hongos en la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en Puerto Rico, mostrando cómo este método puede utilizar recursos locales y proporcionar oportunidades económicas para los agricultores. Se presentan iniciativas comunitarias diseñadas para apoyar la agricultura de hongos, incluyendo talleres y programas educativos que involucran a los residentes locales y promueven prácticas agrícolas más saludables. Desde su página web y Facebook se deduce que producen variedades de *Pleurotus* y *Hericiium erinaceus*, comúnmente conocido como el hongo melena de león, una novedad en el mercado local.

El mercado de setas comestibles en Puerto Rico es relativamente nuevo, incipiente y en desarrollo. Aunque la creciente conciencia sobre sus beneficios nutricionales está impulsando su demanda, el consumo sigue limitado. El mercado global de hongos, proyectado para crecer a una tasa anual del 9.6% entre 2021 y 2030 (Emergen Research, 2022), refleja una tendencia hacia alimentos orgánicos y veganos, una dinámica que también comienza a observarse en Puerto Rico. Sin embargo, el mercado local muestra lentitud en adoptar nuevas alternativas culinarias, atribuida a factores como la dependencia de importaciones y la limitada variedad de setas cultivadas localmente. Actualmente, los restaurantes gourmet son los principales clientes fijos, pero el interés de los consumidores en opciones alimenticias saludables está creciendo. Este panorama presenta un gran potencial para desarrollar una agroindustria sustentable, aunque persisten retos significativos, como la necesidad de diversificar la producción y educar al consumidor. Iniciativas locales prometen diversificar el mercado

y aumentar la conciencia sobre los beneficios de las setas, pero aún queda mucho por hacer. Además, a diferencia de países como México y España, en Puerto Rico no se han identificado proyectos activos de inclusión social relacionados con el cultivo y consumo de hongos comestibles, lo que abre oportunidades adicionales para su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dra. Lydia I. Rivera-Vargas por la revisión de la cronología de eventos relacionados al cultivo de setas en Puerto Rico; al Sr. Carlos Díaz-Piferrer por la autorización de uso de fotos históricas y los señores Robert McPhail Medina y Sebastián Sagardía por la información suministrada.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo-Díaz, A., Ortiz-Soto, G., Suárez-Arroyo, I. J., Zayas-Santiago, A. y Martínez Montemayor, M. M. (2019). *Ganoderma lucidum* extract reduces the motility of breast cancer cells mediated by the RAC Lamellipodin axis. *Nutrients* 11 (5): 1116. <https://doi.org/10.3390/nu11051116>
- Agricultural Marketing Service, Specialty Crops Program & Specialty Crops Inspection Division. (2015). Changes to the USDA MGAP Checklist (Version 2.0). US Department of Agriculture. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/mGAPVersion2.pdf>
- Alameda, M. y Mignucci, J. (1997). Bacterial blotch of oyster mushroom cultures in Puerto Rico. *Proceeding in the Caribbean Food Crops Society* 33: 377-379.
- Almodóvar-Caraballo, W. I. (1989). La competencia de *Coprinus* spp. con *Volvariella volvacea* y su control. (Tesis en Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico-Recinto Universitario de Mayagüez).
- Anaya Salazar, A. P. (2008). Análisis de viabilidad económica de un producto derivado de la seta *Pleurotus pulmonarius*. (Tesis en Maestro de Ingeniería). Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez.
- Barreto Bosques, M. J. (1992). Evaluación de sistemas de cultivos de *Pleurotus sajor-caju*. (Tesis en Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico - Recinto de Mayagüez).

- Boa, E. (2005). Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población. FAO. <https://openknowledge.fao.org>
- Cano, R. J., Rivera-Pérez, J., Toranzos, G. A., Santiago-Rodríguez, T. M., Narganes-Storde, Y. M., Chanlatte-Baik, L., García-Roldán, E., Bunkley-Williams, L. y Massey, S. E. (2014). Paleomicrobiology: revealing fecal microbiomes of ancient indigenous cultures. *PLoS ONE* 9 (9): 1-15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.106833>
- Coetzee, J. C. y van Wyk, A. E. (2009). The genus *Calvatia* ('Gasteromycetes', Lycoperdaceae): A review of its ethnomycology and biotechnological potential. *African Journal of Biotechnology* 8 (22): 6007-6015.
- Cruz Ríos, M. (2023). Setas de Puerto Rico: un sueño hecho realidad. El Vocero. <https://elvocero.com>
- Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico. (2015). *VS-10: Solicitud para propósitos científicos*. <https://www.drna.pr.gov/documentos/solicitud-para-propositos-cientificos>
- Departamento de Salud y Servicios Sociales, Administración de Alimentos y Medicamentos & Centro de Inocuidad Alimentaria y Nutrición Aplicada. (1998). Directivas para la Industria Guía para Reducir al Mínimo el Riesgo Microbiano en los Alimentos, para Frutas y Hortalizas Frescas. <https://www.fda.gov/files/food/published/Gu%C3%ADa-para-Reducir-al-M%C3%ADnimo-el-Riesgo-Microbiano-en-los-Alimentos-para-Frutas-y-Hortalizas-Frescas.pdf>
- Dones-Figueroa, R. A. (1992). Importancia de *Lepidocyrtus ramosi* (Collembola: Entomobyidae) asociado al cultivo de la seta *Pleurotus sajor-caju* en Puerto Rico. (Tesis en Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez).
- Emergen Research. (2022). Mercado de hongos, por tipo de producto (osstras, botones, trufas, otros), por canal de distribución (tiendas en línea y fuera de línea), por aplicación (alternativa a la carne, piel sintética, envases, otros), por uso final (alimentos, construcción, cosméticos, otros) y por región: Previsión para 2030 (Informe No. ER_001219). <https://www.emergenresearch.com/es/industry-report/mercado-de-setas>
- González-Colón, P. N. (2018). Caracterización morfológica del género *Auricularia* en zonas boscosas del área oeste de Puerto Rico. (Tesis en Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez).
- Hernández-Bacó, C. A. (1996). Hongos asociados al cultivo de la seta *Pleurotus pulmonarius*. (Tesis en Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez).
- Hernández, G. (2019). Huerto Rico: setas gourmet de Bayamón a tu plato. Merodea. <https://merodea.com/comida-bebida/huerto-rico-setas-gourmets-de-bayamon-a-tu-plato/>
- Hepperly, P. R. (1986). Bacterial basal rot of straw mushrooms. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 70 (3): 219-221.

- Junta de Planificación de Puerto Rico. (2020) Comercio exterior de Puerto Rico 2020.
- Kennedy, A. (2022). *Why Puerto Rico Is Betting Big on Mushrooms: Fungi could be the secret ingredient to the island's food sovereignty*. Foreign Policy. Recovered January 2025 from <https://foreignpolicy.com/2022/10/09/puerto-rico-climate-food-sovereignty-mushrooms/#:~:text=Although%20mushrooms%2C%20known%20locally%20as,ways%20that%20complete%20traditional%20flavors>
- Liu, Q. y Tie, L. (2019). Preventive and therapeutic effect of *Ganoderma* (Lingzhi) on diabetes. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 1182: 201-215. https://doi.org/10.1007/978-981-32-9421-9_8
- Lodge, D. J. (1996). Microorganisms. In *The Food Web of a Tropical Forest* (pp. 54-108). Chicago: University of Chicago Press.
- Loperena-Álvarez, Y. (2016). Role of the IL-6/STAT-3 pathway in the pre-metastatic processes of inflammatory breast cancer and its impairment by *Ganoderma lucidum* extract. (Disertación Doctoral, Universidad Central del Caribe- Bayamón, PR).
- López-Ferrer, G. J. (2004). *Collybia sensu lato* of the central and western of Puerto Rico: Biotechnological capabilities, characterization and identification using traditional and molecular techniques. (Tesis en Maestro en Ciencias, Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez).
- Martínez-Montemayor, M. M., Acevedo, R. R., Otero-Franqui, E., Cubano, L. A. y Dharmawardhane, S. F. (2011). *Ganoderma lucidum* (Reishi) inhibits cancer cell growth and expression of key molecules in inflammatory breast cancer. *Nutrition and Cancer* 63 (7): 1085-1094. <https://doi.org/10.1080/01635581.2011.601845>
- Mignucci, J. S., Hernández-Bacó, C., Rivera-Vargas, L., Betancourt, C. y Alameda, M. (2000). Diseases and pests research on oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.) in Puerto Rico. *The International Journal of Mushrooms Sciences* 3 (1): 21-26.
- Mignucci, J. S., Torres-López, R. y Rivera-Vargas, L. (1986). Perspectivas para el cultivo de setas en Puerto Rico y el Caribe. Recinto Universitario de Mayagüez. Puerto Rico.
- Nieves-Rivera, Á. M. (2001a). The edible Psathyrellas of Haití. *Inoculum* 52 (1): 1-3.
- Nieves-Rivera, Á. M. (2001b). Origin of mycophagy in the West Indies. *Inoculum* 52 (2): 1-3.
- Nieves-Rivera, Á. M., Lodge, D. J. y Miller, O. K. (1998). Contributions to the study of gasteromycetes of Puerto Rico. *McIlvainea* 13 (2): 50-58.
- Nieves-Rivera, Á. M., Lodge, D. J., Taylor, F. B. y Yetter, G. (2003). Etnomicología antillana: Las psathyrellas comestibles de Haití y el origen de la micofagia. *Exégesis* 16 (47): 47-52.
- Nieves-Rivera, Á. M., Muñoz-Vázquez, J. y Betancourt-López, C. (1995). Hallucinogens used by Taíno Indians in the West Indies. *Atenea* 15 (1-2): 125-139.

- Paul, A. y Akers, B. (2000). Use of *Psathyrella* cf. *hymenocephala* (Coprinaceae) as a spice in Haiti. *Mycologist* 14 (4): 161-164.
- Pérez-Medina, K. L. (2019). Inventory of Agaricomycetidae and Phallomycetidae under different conservation strategies by the United States Fish and Wildlife Service at Cabo Rojo, Puerto Rico Refuge. (Tesis en Maestro en Ciencia, Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez).
- Reglamento 6766, Reglamento para regir las especies vulnerables y en peligro de extinción en el Estado Libre Asociado de Puerto Rico (2004). <https://www.drna.pr.gov/wp-content/uploads/formidable/39/Reglamento-Especies-Vulnerables-y-en-Peligro-de-Extincio%cc%81n-Versio%cc%81n-Final-2016.pdf>
- Rivera-Vargas, L. I. y Hepperly, P. R. (1986). Assessment of Chinese straw mushroom (*Volvariella volvacea*) fungal competitors on sugarcane bagasse. In *Cultivating Edible Fungi* (pp. 341-349). Elsevier Science
- Rivera-Vargas, L. I. y Hepperly, P. R. (1987a). Internal mycoflora of Chinese straw mushroom basidiocarp in vitro effects on mushroom growth. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 71 (2): 159-164.
- Rivera-Vargas, L. I. y Hepperly, P. R. (1987b). Fungicides to control fungal competitors in Chinese straw mushrooms. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 71 (2): 165-176.
- Rodríguez Ramos, R. (2019). Current perspectives in the precolonial archaeology of Puerto Rico. Oxford Research Encyclopedia of Latin American History. <https://oxforde.com/latinamerican/history/view/10.1093/acrefore/9780199366439.013>
- Santiago-Rodríguez, T. M., Narganes-Storde, Y. M., Chanlatte, L., Crespo-Torres, E., Toranzos, G. A., Jiménez-Flores, R., Hamrick, A. y Cano, R. J. (2013). Microbial communities in pre-Columbian coprolites. *PLoS ONE* 8 (6): 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065191>
- Schultes, R. E. (1940). Teonácatl: the narcotic mushroom of the Aztecs. *American Anthropologist* 42: 429-443. <https://doi.org/10.1525/aa.1940.42.3.02a00040>
- Seaver, F. J. y Chardón, C. E. (1926). Mycology. VIII. In *Scientific Survey of Porto Rico and the Virgin Islands* (pp.1-208). New York Academy of Sciences.
- Suárez-Arroyo, I. J., Rios-Fuller, T. J., Feliz-Mosquea, Y. R., Lacourt-Ventura, M., Leal-Alviarez, D. J., Maldonado-Martínez, G., Cubano, L. A. y Martínez-Montemayor, M. M. (2016). *Ganoderma lucidum* combined with the EGFR tyrosine kinase inhibitor, erlotinib synergize to reduce inflammatory breast cancer progression. *Journal of Cancer* 7 (5): 500-511. <https://doi.org/10.7150/jca.13599>
- Suárez-Arroyo, I. J., Rosario-Acevedo, R., Aguilar-Pérez, A., Clemente, P. L., Cubano, L. A., Serrano, J., Schneider, R. J. y Martínez-Montemayor, M. M. (2013). Anti-tumor effects of *Ganoderma lucidum* (reishi) in inflammatory breast cancer in *in vivo* and *in vitro* models. *PLoS*

- One* 8 (2): e57431. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0057431>
- Sustainable Agriculture Research and Education. (2008). Recycling mushroom spent compost (Final report for FS07-213). <https://projects.sare.org/project-reports/fs07-213>
- Torres López, R. I. y Hepperly, P. R. (1986). Nutritional influences on *Volvariella volvacea* growth in Puerto Rico. II: vitamins, oils and pH. In *Cultivating Edible Fungi* (pp. 41-51). Elsevier Science.
- Torres López, R. I. y Herperly, P. R. (1988). Nutritional influences on *Volvariella volvacea* (Bull. Ex. Fr.) Sing, growth in Puerto Rico. I. carbon and nitrogen. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 72 (1): 19-29.
- Xu, Z., Chen, X., Zhong, Z., Chen, L. y Wang, Y. (2011). *Ganoderma lucidum* polysaccharides: immunomodulation and potential anti-tumor activities. *The American Journal of Chinese Medicine* 39 (1): 15-27.
- Xu, H., Kong, Y. Y., Chen, X., Guo, M. Y., Bai, X. H., Lu, Y. J. y Zhou, X. W. (2016). Recombinant FIP-gat, a fungal immunomodulatory protein from *Ganoderma atrum*, induces growth inhibition and cell death in breast cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64 (13): 2690-2698. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00539>
- Yue, Q. X., Song, X. Y., Ma, C., Feng, L. X., Guan, S. H., Wu, W. Y., Jiang, B.H., Liu, X., Cui, Y.J. y Guo, D. A. (2010). Effects of triterpenes from *Ganoderma lucidum* on protein expression profile of HeLa cells. *Phyto-medicine* 17 (8-9): 606-613. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2009.12.013>
- Zhao, R., Chen, Q. y He, Y. M. (2018). The effect of *Ganoderma lucidum* extract on immunological function and identify its anti-tumor immunostimulatory activity based on the biological network. *Scientific Report* 8 (1): 12680. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30881-0>