



Fundación
Miguel Lillo
Tucumán
Argentina

doi

Breve reseña del enfoque sociocultural y potencial de los recursos micológicos en Costa Rica

Brief overview of the sociocultural approach and potential of mycological resources in Costa Rica

Arroyo Trejos, Ignacio^{1*}; Carlos Rojas²

¹ Finca Boryana, Copey de Dota, Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.

* Autor correspondiente: <fincaboryana@gmail.com>

Resumen

Los tratados de uso alimenticio de los hongos tienden a clasificar las poblaciones humanas en micofílicas y micofóbicas. Este enfoque dialéctico del uso de los hongos no puede ser utilizado en Costa Rica debido a que la documentación sistemática sobre los recursos micológicos como alimento no ha sido construida con fundamento en tal argumentación teórica. Con base en la evidencia recopilada en poblaciones humanas en Costa Rica se podría decir que tanto los grupos indígenas como los no indígenas son a lo mucho "micoindiferentes" en el sentido de que usan los hongos como recurso alimenticio pero su uso no es generalizado ni culturalmente relevante. El avance de la micología en Costa Rica en los últimos 50 años ha permitido que existan una serie de emprendimientos de diferente escala en este territorio y las presiones modernas de comercialización sostenible han facilitado diferentes iniciativas de uso de recursos micológicos. La profunda inserción de la agenda de los objetivos del desarrollo sostenible en los planes de inversión I+D+I de Costa Rica abre muchas posibilidades para el uso de los hongos. En la última década, tal planificación ha generado una serie de estudios de potencial de uso, principalmente dentro de la academia costarricense, que poco a poco han ido consolidando la idea de que los recursos micológicos son relevantes para el desarrollo nacional. El principal efecto directo de tal tendencia ha sido la expansión de la idea de conservación de hongos

► Ref. bibliográfica: Arroyo Trejos, I.; Rojas, C. 2025. Breve reseña del enfoque sociocultural y potencial de los recursos micológicos en Costa Rica. *Lilloa* 62 – Suplemento N° 1: "Hongos comestibles en Latinoamérica": 79-101. doi: <https://doi.org/10.30550/j.lil/1823>

► Recibido: 23 de octubre 2024 – Aceptado: 14 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.



en Costa Rica, visualizada más allá del contexto ambiental e insertada socioculturalmente en el desarrollo económico nacional.

Palabras clave: Biotecnología; conservación; cultivo de hongos; desarrollo sostenible; hongos comestibles.

Abstract

Documents on the culinary use of fungi tend to classify human populations as mycophilic or mycophobic. However, this dichotomous approach fungal use does not apply to Costa Rica, since systematic documentation of mycological resources as food has not been grounded in this theoretical framework. Evidence from human population in Costa Rica suggests that both Indigenous and non-Indigenous groups are, at most, "myco-indiferent" in the sense that they use fungi as a food resource, but such use is neither widespread nor culturally relevant. The advancements in mycology through the last 50 years in the country have allowed the development of various entrepreneurship at different scales, and modern pressures for sustainable commercialization have facilitated different initiatives for the use of mycological resources. The deep insertion of the Sustainable Development Goals Agenda into Costa Rica's I+D+I investment plans opens up many possibilities for fungal use. In the last decade, this planning has generated a series of studies on the potential of their use, mainly within the Costa Rican academia, which gradually consolidated the idea that mycological resources are relevant to national development. The principal effect of this trend has been the expansion of the concept of fungal conservation in Costa Rica, visualized beyond the environmental context and socio-culturally inserted into the national economic development.

Keywords: Biotechnology; conservation; edible fungi; mushroom cultivation; sustainable development.

EL USO ALIMENTICIO TRADICIONAL DE LOS HONGOS EN EL PAÍS

Los hongos, como recurso natural, muy seguramente han sido utilizados por los diferentes habitantes del territorio de Costa Rica desde que han existido las migraciones humanas en esta parte del mundo. Este uso histórico, sin embargo, no está bien documentado en el país. De este modo, la conducta actual de utilización de los hongos como recurso alimenticio en Costa Rica se asocia con la historia continental, pero sin detalles puntuales que ayuden a comprender cualquier vínculo sociodemográfico o cultural en particular. Lo anterior representa el marco contextual de todos los grupos étnicos, indígenas o no, habitantes del territorio costarricense.

De esta forma, los hábitos alimenticios que se consideran coloquialmente “propios” de los diferentes grupos del territorio costarricense en realidad responden a complejos procesos socioculturales en sí mismos (Sánchez-Avendaño, 2020). Sin un estudio profundo de esos procesos, es muy riesgoso establecer que un hábito es “propio” o “ajeno” en el sentido de ancestral, tradicional o introducido. Un análisis somero de un caso dado puede forzar una “tosca artificialidad” (Zimmermann, 2001), y obviar que esos procesos dependen de muchos factores humanos (e.g., historiografía), que inician con las características etnográficas de quien lo documenta (ver el maravilloso trabajo de Dunbar-Ortiz, 2014). En el caso de los hongos, la poca documentación histórica presente en Costa Rica no permite actualmente un análisis profundo del tema.

En la etnomicología centroamericana, por ejemplo, es común observar trabajos en los que se establecen asociaciones culturales entre grupos étnicos y los recursos micológicos utilizando criterios lingüísticos o culturales (Morales *et al.*, 2002). En Costa Rica, con base en la escasa documentación del uso de los hongos en grupos indígenas, se ha intentado hacer lo mismo. Sin embargo, como bien lo determinó Constenla Umaña (2007), con base en la misma lógica se llegaría a la conclusión de que el arroz (*c’uofrurún*) o la caña de azúcar (*srórbo*) son alimentos “ancestrales” de los brorán (terra-ba), cuando es conocido que estos alimentos fueron traídos al continente americano por los movimientos migratorios europeos. De igual forma, para los bribri costarricenses un cerdo (*kòchi*) o una gallina doméstica (*dakarò/krò*) también son considerados “propios” con base en criterios lingüísticos y culturales (Sánchez-Avendaño, 2020). Así, en esta breve revisión, nos alejaremos del establecimiento de uso y apropiación sociocultural de los recursos micológicos por los diferentes grupos étnicos del territorio costarricense, indígenas o no, y nos centraremos únicamente en la evidencia recopilada sobre su uso.

Grupos prehispánicos

La mayoría de los grupos prehispánicos en Costa Rica fueron de afinidad chibcha y pertenecieron a la zona indígena prehispánica denominada como área istmo-colombiana (Hoopes y Fonseca, 2003). Hasta el momento no existe evidencia documental o prueba directa del consumo de hongos como alimento en la Costa Rica prehispánica (Jones, 1991). Lo anterior es interesante dadas las evidencias contrastantes que se han encontrado en otras regiones de la América Media, donde si se ha documentado el uso de los recursos micológicos como alimento (Zizumbo-Villareal *et al.*, 2016).

La excepción al uso prehispánico de los hongos en Costa Rica proviene de evidencia secundaria en forma de un metate y una escultura prehispánica mostrando un hongo muscarioide (Jones, 1991). Estos artefactos fueron encontrados en la zona noroeste (Guanacaste) del país y han sido asociados

con la influencia mesoamericana, posiblemente de orden comercial, en esa región. En la zona del pacífico sur de Costa Rica existe documentación sugerente del uso de *Psilocybe* sp. en prácticas recreativas o ritualistas de la zona del Diquís a partir de una serie de inhaladores hallados durante excavaciones arqueológicas (Arce-Cerdas y Rodríguez-Arce, 2019).

Grupos indígenas modernos

En Costa Rica hay ocho grupos indígenas reconocidos que en total reúnen alrededor de 69 000 personas, lo que equivale a un 1,5% de la población costarricense (INEC, 2011). De estos grupos, los más numerosos son los bribri y los cabécar con 18 000 y 17 000 miembros, respectivamente. Los boruca se encuentran entre los menos numerosos con 5500 miembros, pero sus costumbres y tradiciones están bien documentadas. Como se ha mencionado, el origen étnico de los grupos indígenas en Costa Rica está asociado con el sur de Centroamérica y el norte de Sudamérica (Hoopes y Fonseca, 2003).

La documentación de hábitos alimenticios y tradiciones culinarias asociadas a grupos indígenas en Costa Rica no ha sido tan fructífera como en otras regiones de Latinoamérica (Fernández Torres, 2015). A pesar de que en este país se han realizado esfuerzos para establecer el uso tradicional de los recursos biológicos en grupos indígenas, no se ha documentado un uso tan prominente de los hongos como fuente de alimento en grupos indígenas costarricenses como en otras etnias de la región media de América (Zizumbo-Villareal *et al.*, 2016). Lo anterior sugiere, por falta de documentación que indique lo contrario, una baja utilización actual de los recursos micológicos en estos grupos de la población del país. El escaso conocimiento micológico transmitido actualmente dentro de tales grupos se resume en pocas palabras con la frase del líder bribri Justo Torres Layan de que “los jóvenes no conocen esa forma de comida” (Vicerrectoría de Acción Social, 2020). Tal hecho incluso motivó a estudiantes no indígenas y de origen urbano de diferentes disciplinas académicas a iniciar un proceso de micoalfabetización en algunas de esas zonas indígenas durante el año 2019 (Vicerrectoría de Acción Social, 2020).

A pesar de lo anterior, existen algunas evidencias del uso de los hongos en poblaciones indígenas costarricenses. Dentro de los bribri, por ejemplo, se conoce el uso de *Pleurotus* sp. (*ski'kuö*) hervidos y asados en hojas de plátano (Vicerrectoría de Acción Social, 2017) y en el plan público de estudios de cuarto grado que ha sido adaptado para este grupo indígena se incluye una actividad de descripción y formas de preparación o consumo de hongos (*ski'*), en la cual los docentes también deben hablar sobre la escasez de esporocarpos en la montaña (MEP, 2019). En los cabécar, se ha documentado el uso de *Pleurotus* sp. (*shötoro*, Madriz-Masis, 1999).

Sin embargo, según Chalampunte-Flores (2012) la práctica de uso, en ambos grupos indígenas, se ha ido perdiendo por falta de interés a pesar de que en toda la zona de Alto Chirripó los pobladores todavía extraen ese mismo hongo del bosque durante los meses asociados con las primeras lluvias.

En los boruca hay mejor documentación del uso de los hongos, pero lo anterior no implica alto grado de uso o importancia cultural de los recursos micológicos. Este grupo indígena es quizás el que muestra una mayor evidencia, por lo menos documentada, de aprovechamiento de hongos comestibles en Costa Rica. Según Quesada y Rojas (1999) hay cuatro términos distintos para referirse a los hongos en boruca. *Bricuá* se usa para “cierto hongo colorado”, *brícua* para “cierto hongo comestible”, *rótcua* para “copa” y *tótcua* para “hongo blanco comestible”. Según Quesada Pacheco (1996), el término *óscua* se usa también para referirse a un hongo blanco comestible en forma de oreja. Los boruca tienen varias formas de preparación de los hongos pero como en el caso de los cabécar, se ha documentado que el uso de los recursos micológicos se ha perdido en el tiempo (Garro-Valverde, 2010).

En todos los grupos indígenas en Costa Rica la recolección en el campo es primordialmente oportunista y responde a la producción de esporocarpos asociada con la precipitación en diferentes momentos del año. En todo caso, debido a que la documentación etnomicológica en grupos indígenas es escasa en Costa Rica, la información disponible todavía se encuentra muy dispersa (en el sentido de que no existen documentos referenciales con información integrada como sí existen en otros países). De igual forma, se requiere de trabajo de campo para identificar las especies realmente consumidas debido al diferente tratamiento de identificación de alimentos que usan los grupos indígenas. Por ejemplo, en los boruca se sugiere el consumo de *Hygrocybe conica* (Garro-Valverde, 2010), una especie también reportada como tóxica (Mata, 2003).

Grupos no indígenas

Como se ha dicho anteriormente, más del 98% de la población costarricense no pertenece a grupos indígenas a pesar de que 33% de los marcadores genéticos promedio son de origen nativo americano (Campos-Sánchez *et al.*, 2014). Sin embargo, según Zumbado y Raabe (1976) a la llegada de los primeros europeos, la mitad de la población en Costa Rica vivía en la zona noroeste del país y el llamado “Valle Central” estaba apenas poblado por el 15% de los indígenas. De esta forma, el desarrollo colonial se centró primordialmente en este último sitio (Garita-Hernández, 2000) y permitió el crecimiento poblacional de la Costa Rica moderna. Consecuentemente, el “Valle Central” costarricense, que alberga al 70% de la población actual, es básicamente de origen postcolonial y demográficamente hablando tiene alta influencia histórica europea, de forma similar a muchos otros centros urbanos en Latinoamérica.

De forma interesante, recientes investigaciones etnomicológicas han determinado que el conocimiento de los hongos en diferentes zonas del “Valle Central” es más alto que en otras regiones del país, y que, de ese conocimiento, la población costarricense visualiza a los hongos primordialmente como un recurso alimenticio (Rojas y Molina-Murillo, 2018). Con base en la información disponible, sin embargo, no es posible determinar si esa mayor apreciación por los recursos micológicos en la población del “Valle Central” está asociada con el componente cultural de influencia extranjera en esa zona o con otras variables de confusión como la mayor tasa de educación formal en la misma (Rojas *et al.*, 2019). De cualquier manera, lo anterior puede representar un punto de entrada sociocultural para fortalecer la apreciación hacia este grupo de organismos y ha sido previamente identificado como un argumento para fortalecer esfuerzos de conservación ambiental sensibles a las necesidades de la población (Molina-Murillo *et al.*, 2015).

A pesar de que en investigaciones previas han mostrado bajos niveles de conocimiento micológico general en la población costarricense y a que los hongos silvestres están ausentes en los mercados costarricenses (Rojas *et al.*, 2017), el trabajo de Molina-Murillo *et al.* (2015) arrojó las primeras cuantificaciones de frecuencia de consumo de hongos en este país. El 51% de una población entrevistada en una zona urbana, de alta educación y poder adquisitivo, dijo consumir hongos mensualmente y el 24% respondió que los consume semanalmente. Estos valores contrastan con cuantificaciones a nivel de todo el país, en donde el 38% de los costarricenses dijo consumir hongos mensualmente y el 13,5% respondió que los consume semanalmente (datos previamente no publicados pero recabados en esa investigación, N=1369, 90% confianza). Los datos anteriores indican que el gusto por los hongos no es generalizado en Costa Rica y que este más bien se concentra en regiones específicas del país, particularmente en zonas con alto índice de desarrollo.

Tal apreciación de la población costarricense sobre los recursos micológicos como alimento no apoya el posicionamiento dialéctico de micofilia-micofobia que frecuentemente se encuentra en la literatura etnomicológica. De hecho, otros datos recientes enfocados en poblaciones jóvenes en Centroamérica han indicado que, en esta región, el acervo cultural no juega un papel tan importante en la percepción hacia los hongos como sí lo hacen los factores sociales (e.g., globalización mediada por el internet) asociados a la vida en ciudades (Rojas *et al.*, 2019). De esta forma, se puede decir que la sociedad costarricense, es a lo mucho “micoindiferente” y que tal percepción de los recursos micológicos es de reciente construcción (en contraste con una preferencia o rechazo “tradicional”, para lo cual simplemente no existe evidencia). Así, dada la dinámica construcción posicional de las generaciones de jóvenes costarricenses en contextos urbanos, es posible que se abran más espacios de apreciación a los hongos como alimento y que el mercado nacional de productos de origen micológico se incremente.



Fig. 1. Ejemplo de ofertas comerciales de hongos comestibles en tres supermercados de Costa Rica durante agosto de 2021. Se observan champiñón blanco, hongos ostra, crimini y portobello integrados en la despensa con vegetales y otros productos perecederos. La forma más común de comercialización de hongos frescos en el país es en bandejas plásticas cubiertas de láminas de plástico translúcido, pero también se observa la presentación en cartón.

Fig. 1. Commercial offerings of edible fungi in three supermarkets in Costa Rica during August 2021. White mushroom, oyster, crimini, and portobello mushrooms are integrated into the pantry with vegetables and other perishable products. The most common commercialization form of fresh mushrooms in the country is in plastic trays covered with translucent plastic sheets, but cardboard packagings are also observed.

Lo anterior tiene fundamento en el hecho de que en la última década los hongos cultivados han ganado espacios en los supermercados y en los mercados tradicionales de frutas y verduras (Ferias del Agricultor, que existen en muchos municipios de Costa Rica). En los años de la década de 1980, cuando se consolidaron tales mercados vegetales, lo anterior era impensable (Corella-Vargas, 1985). En estos espacios, los champiñones y los hongos ostra se han posicionado relativamente bien (Fig. 1). Además, datos recientes sobre la apreciación general de la población costarricense en torno a los recursos micológicos indican que el 44% de esta percibe el valor alimenticio de los hongos mientras que el 26% percibe su alto valor en la industria médica (Rojas y Molina-Murillo, 2018). Estos datos sugieren que la población costarricense muestra buenos niveles de receptibilidad sociocultural para el desarrollo de productos con origen micológico en los sectores de alimentos o de la industria médica.

La micología en Costa Rica

El desarrollo de la micología formal en Costa Rica ha estado fuertemente vinculado con la academia biológica local. Este desarrollo inició con el aporte del Dr. José Alberto Sáenz Renauld, quien formó parte del grupo de primeros profesores de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (García, 2009). El Dr. Sáenz Renauld, farmaceuta de formación, fundó las cátedras de micología y micorrizas hacia finales de la década de 1950, que empezaron a formar a la primera generación de micólogos costarricenses (Rojas y Valverde, 2019).

Para el año 1977, las profesoras Maryssia Nassar y Ana Victoria Lizano colaboraron con el Dr. Sáenz Renauld en el primer proyecto registrado de “hongos comestibles venenosos y alucinatorios de Costa Rica” (SIGPRO, 2021). Estas profesoras junto con la posterior incorporación de la Dra. Julieta Carranza a la Universidad de Costa Rica fueron responsables del fuerte impulso por la investigación en hongos a partir de la década de 1980. De hecho, en esa década se publicaron múltiples artículos científicos con enfoques micológicos muy variados como la identificación de hongos comestibles de Costa Rica (Sáenz *et al.*, 1983), la determinación de nuevos registros de basidiomicetes para este país (Sáenz y Nassar, 1982; Carranza-Velázquez y Ryvardeen, 1988) y el potencial de cultivo de hongos en Costa Rica (Corella-Vargas, 1985). En este último tema se empezaron a realizar las primeras tesis de grado con evaluaciones de cultivo sobre pulpa de café de géneros como *Coprinus*, *Pleurotus* y *Volvariella* (Campos Agüero, 1986).

Entre los otros investigadores costarricenses de esa primera fase de investigación micológica destacó el botánico Luis Diego Gómez-Pignataro, con 41 publicaciones científicas referentes a los hongos (Morales, 2010). Con su trabajo desde la Organización para Estudios Tropicales, este investigador ya había iniciado su fase de investigación micológica desde los años 1970 (Gómez-Pignataro, 1976). El trabajo de Gómez-Pignataro es en parte el resultado de una academia costarricense fuertemente orientada a la investigación (Rojas y Valverde, 2019).

Desde el punto de vista productivo, el movimiento actual de fungicultura en Costa Rica ha estado vinculado con el desarrollo de actividades de extensionismo en el campo agrícola o prospectivo. La profesora Giselle Alvarado, en algún momento asociada con el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la investigadora del antiguo Instituto Nacional de Biodiversidad Milagro Mata, han sido las impulsoras de una serie de talleres y actividades de capacitación en cultivo de hongos en los últimos años (O’Neal, 2016). Ha sido en ese periodo que han surgido pequeñas y medianas empresas relacionadas con el cultivo de hongos.

En las últimas décadas también se han publicado valiosos aportes para comprender mejor la diversidad micológica de Costa Rica y se han hecho esfuerzos para entrenar a una nueva generación de profesionales locales en micología (Fig. 2).



Fig. 2. Imágenes del primero de varios talleres centroamericanos para la formación micológica de estudiantes durante el año 2001. Estos talleres fueron gestados como “semillas” para generar actividades relacionadas con los hongos e influenciaron a muchos estudiantes de la región, incluidos los dos coautores de este capítulo. Esos esfuerzos combinados pusieron en un mismo sitio durante el periodo 2001-2005 a investigadores y estudiantes de Estados Unidos, Suiza, España, Noruega, Alemania, México, Colombia, Ecuador, Perú, Puerto Rico, Cuba, Venezuela y todos los países centroamericanos.

Fig. 2. First of several Central American workshops for mycological training of students in 2001. These workshops were conceived as “seeds” initiatives to generate activities related to fungi and influenced many students in the region, including the two co-authors of this work. These combined efforts brought together researchers and students from the United States, Switzerland, Spain, Norway, Germany, Mexico, Colombia, Ecuador, Peru, Puerto Rico, Cuba, Venezuela, and all Central American countries during 2001-2005 period.

Entre los trabajos anteriormente mencionados se encuentran las guías de campo de Macrohongos de Costa Rica (Mata, 2003; Mata *et al.*, 2003), en las que se consideran 30 y 17 especies comestibles, respectivamente. Además, las guías de hongos de San Gerardo de Dota (Carranza-Velázquez y Mata, 2019) y del Parque Nacional Corcovado (Carranza-Velázquez *et al.*, 2017) tratan 21 y 9 especies como comestibles respectivamente. En el año 2010 se publicaron dos guías prácticas para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Mata *et al.*, 2010) y *Lentinula edodes* (Mata y Navarro, 2010) con el objetivo de dar a conocer distintas técnicas para la producción de hongos comestibles.

Actualmente la micología en Costa Rica es activa y pasa por un proceso de diversificación de enfoques. Por ejemplo, los estudios bioprospectivos (Rojas-Jiménez *et al.*, 2016), y aquellos con enfoque de sostenibilidad (Rojas y Calvo, 2014) o integración agrícola (Álvarez Montero, 2013) o ingenieril (Jiménez Rey, 2018) han ganado espacio en la agenda de trabajo de este país. Enfoques alternativos incluyen las perspectivas económicas de la producción de hongos (Díaz-Gutiérrez, 2004) y los valores nutricionales del heno usado en la producción (WingChing-Jones y Alvarado, 2009). Como una aproximación a la comprensión de la actividad micológica en Costa Rica, Rojas y Valverde (2019) establecieron que en este país la actividad para el periodo 1990-2017 ha sido mucho menor que en un país con profundos elementos contextuales de integración micológica (además de mayor número de personas) como México, pero mayor que para el resto de los países de Centroamérica combinados.

LOS HONGOS EN LA ALIMENTACIÓN ACTUAL DEL PAÍS

Estado actual del mercado de hongos y productos afines en Costa Rica

Como hemos mencionado anteriormente, en Costa Rica la recolección de hongos silvestres es una actividad poco común (para todos los grupos poblacionales) y con una apreciación sociocultural muy baja (Boa, 2005). La producción de hongos comestibles inició en la década de 1980 con el cultivo de *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* y *Volvvariella volvacea*. En esos años, la mayor parte de la producción de hongos se exportaba, con la implicación de que el mercado nacional relacionado con el consumo de los hongos era muy débil (Corella-Vargas, 1985).

Giselle Alvarado indicó en el año 2016 que Costa Rica importaba alrededor de 25 a 30 toneladas de hongos frescos comestibles al mes y sólo se producían en el país 4 toneladas en esos mismos periodos (citada por O'Neal, 2016). Como también hemos mencionado, estos datos apoyan la idea de que el consumo de hongos en Costa Rica está ganando auge, aunque tal patrón no necesariamente indica una mayor producción local. Como se ha visto, a partir de una historia relativamente reciente de investigación micológica, la sociedad costarricense es cada vez más consciente del potencial de

los hongos como fuente de alimento y medicina, así como su contribución en diversos servicios ecosistémicos (Molina-Murillo y Rojas, 2015). Sin embargo, el desarrollo real del mercado de productos micológicos ha estado vinculado con la disponibilidad de personal calificado capaz de llevar a cabo labores académicas paralelas de acuerdo con los intereses locales (Rojas y Valverde, 2019).

En este sentido, como hemos indicado, el esfuerzo de Milagro Mata y Giselle Alvarado por abrir espacios de entrenamiento sobre cultivo de hongos ha sido muy relevante en las últimas dos décadas para fortalecer el sector local de producción de hongos. Muchos profesionales y emprendedores de diferentes partes del país se han beneficiado con estas actividades y hoy, muchos de ellos producen hongos eficientemente. Así, ya existe una Cámara Costarricense de Productores y Exportadores de Hongos y múltiples iniciativas privadas que han facilitado la expansión de la fungicultura en Costa Rica. Los tres tipos de hongos que se producen con mayor frecuencia en Costa Rica actualmente son los hongos ostra (varias especies de *Pleurotus*), el champiñón (*Agaricus bisporus*) y el shiitake (*Lentinula edodes*).

Según los datos de comercio exterior (Simoes e Hidalgo, 2011), en Costa Rica durante el año 2023 se facturó una importación de US\$ 4,5 millones por concepto de hongos y se exportó el mismo producto por un monto de US \$378 mil. Los principales orígenes de los hongos importados en Costa Rica son China, México e Italia. Sin embargo, solamente China provee el 96% de la demanda de importación, lo que convierte a este país en el proveedor dominante (principalmente en formas secas y enlatadas). En contraste, los hongos producidos en Costa Rica se exportan primariamente a Panamá, Nicaragua y república Dominicana con más del 85% de las exportaciones. Los picos de exportación de hongos producidos localmente son los meses de abril y octubre de cada año.

En Costa Rica la principal forma de compra de hongos la representan los champiñones enlatados. El consumo de pizza, por ejemplo, muy común en todo el país, normalmente hace uso de esta forma de presentación. Así, los hongos en lata representan la forma mejor conocida de hongos comestibles en el país (Molina-Murillo y Rojas, 2015). De hecho, solamente en un número reducido de restaurantes se hace uso de la forma fresca de los hongos debido a que aumenta el precio final de la preparación culinaria. Como mencionamos anteriormente, la presencia de champiñones y hongos ostra de producción nacional en mercados agrícolas en Costa Rica ha aumentado en la última década y presumiblemente ha incidido en la preparación privada de platillos culinarios con hongos en el país. Esta observación, sin embargo, requiere ser validada con datos empíricos. A pesar de ello, Rojas y Molina-Murillo (2018) encontraron que en las zonas urbanas de Costa Rica hay un porcentaje mayor de individuos que reportan haber consumido y preparado alimentos con hongos diferentes al champiñón que en zonas rurales del país, donde el consumo de cualquier forma de hongo cae drásticamente.

Biotecnología en hongos

Hasta el momento, y con base en lo que conocemos, no existen iniciativas biotecnológicas de gran escala relacionadas con hongos comestibles en el país. El mejoramiento de cepas de hongos comestibles es quizás, la única forma de manipulación biotecnológica que se lleva a cabo, principalmente con los fines de mejorar la productividad y minimizar las pérdidas. Por ejemplo, Marcela Monge de la empresa Gourmet del Bosque, productora de hongos frescos, así lo indicó en conversaciones (M. Monge, *comm. pers.*) que se establecieron para reforzar vínculos entre empresa privada y academia. En el caso de esta empresa, un biotecnólogo se encarga de esas labores.

A pesar de lo anterior, el enfoque biotecnológico sí ha sido muy frecuente en recientes actividades relacionadas con los hongos (no comestibles) en Costa Rica. En este campo, la investigadora Giselle Tamayo ha llevado a cabo múltiples ensayos bioprospectivos con hongos de Costa Rica (e.g., Cao *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2016). De forma similar, el estudio de hongos patógenos ha sido beneficiado con los enfoques biotecnológicos y el Instituto Tecnológico de Costa Rica ha abierto el Centro de Investigación en Biotecnología (Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2024) que tiene como parte de sus funciones el establecimiento de cultivos de cepas de hongos biocontroladores.

LEGISLACIÓN

La ley costarricense y su aplicación sobre recursos micológicos

La ley de Costa Rica número 7788 del 30 de abril de 1998 (Ley de Biodiversidad) establece desde ese momento los lineamientos para la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos, así como los parámetros para la distribución justa de los beneficios y costos derivados de la biodiversidad. Esta ley, vanguardista en su momento (e.g., el tema de beneficios conexos fue formulado en muchos países únicamente después del Protocolo de Nagoya en 2010) ha sido altamente valorada a nivel internacional y fue llamada en el año 2006 “la legislación más integral para la implementación del Convenio sobre Diversidad Biológica” (Miller, 2006).

En el artículo 7 de esa ley se reconocen a los hongos como “organismos unicelulares y multicelulares, carentes de clorofila y pertenecientes al Filo Fungi” y se establece que estos organismos son componentes biológicos de los ecosistemas. En otras palabras, Costa Rica reconoce legalmente a los hongos y su rol en la naturaleza desde el año 1998 y establece su conservación con base en criterios de desarrollo nacional.

En la misma ley, por ejemplo, también se establece que los hongos contienen elementos bioquímicos y genéticos de potencial interés para la sociedad y que el uso comercial de tales elementos debe estar regulado por entes nacionales y debe conllevar un beneficio socioeconómico para la sociedad costarricense.

De forma complementaria, la ley 7317 del 30 de octubre de 1992 (Ley de Conservación de la Vida Silvestre) y su reglamento número 40548-MI-NAE, establecen que los hongos de los grupos Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota y Basidiomycota forman parte de la flora nacional y están sujetos a regulaciones de uso en suelo nacional. Estas regulaciones no competen a los miembros de los grupos indígenas de Costa Rica y se enfocan en la reglamentación relacionada con la extracción, aprovechamiento y conservación de los recursos. De esta forma, en Costa Rica existen lineamientos legales claros para extraer (aun con fines de investigación) hongos en su estado silvestre de poblaciones naturales y también parámetros que establecen el potencial control de especies de hongos considerados invasores de territorio.

Desde el punto de vista productivo, el marco regulatorio nacional está dado por los diferentes lineamientos del Ministerio de Agricultura y Ganadería, ninguno de los cuales es específico para los hongos y en términos de etiquetado la competencia es del Ministerio de Industria y Comercio que establece una serie de criterios mínimos de información para el etiquetado de productos alimenticios preempacados. Los hongos frescos, sin embargo, no caen dentro del último grupo por lo que el etiquetado corresponde únicamente a los hongos enlatados y/o secos importados. De esta forma, además de que la etiqueta debe estar escrita en español, se requieren indicaciones del país de origen, los ingredientes del producto, la fecha de caducidad y el número de registro ante el Ministerio de Salud, entre otros (ver Reglamento Técnico RTCR100:1997, Etiquetado de los alimentos preenvasados). Los aditivos que se usen en los productos con hongos deben seguir las regulaciones centroamericanas como el Reglamento Técnico RTCA 67.04.54:10. En el caso de productos orgánicos, incluyendo los hongos, se debe seguir la “Guía para el etiquetado de productos orgánicos” del año 2002.

DESARROLLOS, OPORTUNIDADES Y PERSPECTIVA DE LOS HONGOS ALIMENTICIOS EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Potencial de los recursos micológicos en Costa Rica

Además de las mencionadas actividades productivas y comerciales con hongos con Costa Rica, debido a las razones coyunturales expuestas por Rojas y Valverde (2019), este país pareciera estar preparado para la incorporación de información o actividad micológica en agendas de desarrollo sociopolítico. La micoindiferencia observada en la población costarricense, lejos de ser un obstáculo, puede verse más bien como un aliado de tal integración debido a que el punto de partida en Costa Rica no es ni negativo ni tradicionalmente vinculado a una actividad humana específica (lo cual puede crear resistencia sociocultural). De esta forma, como lo mencionan Sears (2016) y Molina-Murillo y Smith (2016), los hongos, como elementos de valor natural en los sistemas forestales son integrales para lograr avanzar en las dinámicas de conectividad social con la naturaleza y para avanzar en una economía sostenible del bosque.

Los hongos se pueden integrar en múltiples actividades humanas fácilmente compatibles con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. En Costa Rica esto ha sido discutido en términos de carbono neutralidad (Rojas y Doss, 2014), manejo de ecosistemas terrestres (Rojas y Calvo, 2014), monitoreo del efecto del cambio climático (Rojas *et al.*, 2017) y sostenibilidad forestal (Molina-Murillo y Rojas, 2015). Los temas de seguridad alimentaria y producción sostenible de alimentos también han sido visualizados como ejes importantes de acción potencial (Zúñiga-Castro y Quirós-Cedeño, 2021). Según datos disponibles para el país, los costarricenses tienen buen conocimiento del papel ecosistémico de los hongos y este conocimiento se incrementa con la edad y el nivel educativo de forma independiente (Rojas y Molina-Murillo, 2018). De este modo, se ha propuesto que el país está preparado para comenzar actividades de valoración y uso micológico con corte de “ciencia ciudadana”. Como se mencionó en otra sección de este capítulo, lo anterior ya ha sido iniciado en la zona de Talamanca, donde estudiantes de la Universidad de Costa Rica, junto con ciudadanos locales iniciaron la creación de un libro sobre hongos útiles para los pobladores de la zona (Vicerrectoría de Acción Social, 2020). Dos micólogas nacionales, Melissa Mardones y Andrea Orellana tienen actualmente un proyecto de integración de ciencia ciudadana en la conservación fúngica en Costa Rica (Melissa Mardones, com. pers., abril 2024).

Los datos publicados en Costa Rica muestran que las comunidades de hongos en bosques nacionales contribuyen a las reservas de carbono dependiendo del tipo de bosque (Rojas y Calvo, 2014). En bosques secos la contribución a las reservas es menor pero el aporte a los ciclos de nutrientes es mayor. En bosques fríos de altura, se observa el patrón inverso. Además,

se ha observado que la productividad de los hongos micorrícicos es altamente sensible a variaciones climáticas regionales, como el efecto ENSO, con potenciales implicaciones en la dinámica propia de los bosques (Rojas *et al.*, 2017). En términos de seguridad alimentaria y sostenibilidad, se ha propuesto que los hongos pueden ser usados para tratar los dañinos residuos de piña, cuyo cultivo masivo tiene un efecto negativo sobre los sistemas naturales (Blanco, 2019), y que las biofábricas, en las cuales se promueve la fertilización agrícola con propágulos bacteriológicos y micológicos, son alternativas reales en la agenda de acción agrícola a pequeña y mediana escala (Obregón-Gómez y Rojas-Salazar, 2015).

Finalmente, en el tema de educación de calidad para la generación futura se ha trabajado con información micológica en algunas escuelas públicas en Costa Rica con buena experiencia. En un estudio piloto llevado a cabo en un centro escolar en la zona Caribe de Turrialba (Rojas *et al.*, 2021) se documentó que al inicio del experimento los estudiantes de tercer grado mostraron bajos conocimientos del potencial de los hongos (entre otros organismos biológicos) como agentes útiles para el compostaje y la biofertilización. Tras un año de trabajo en la escuela en donde se generaron biofertilizantes a partir de curvas de crecimiento microbiológico (incluyendo un tratamiento de optimización de levaduras) los estudiantes mostraron altos conocimientos de los procesos involucrados. En este experimento, sin embargo, los estudiantes de la escuela aprendieron por ellos mismos, sin transferencia activa de conocimiento por parte de los investigadores. Este ejemplo muestra que, en Costa Rica, el sistema educativo público es también compatible con la incorporación de nueva información en tanto se diseñen procesos grupales de trabajo.

Finca Boryana: un ejemplo de agroforestería tropical para la conservación

La Finca Boryana es una empresa de pequeña escala dedicada a la producción del hongo shiitake en Costa Rica. Localizada en Copey de Dota, una zona montañosa dominada por robles y encinos (*Quercus* spp.), esta empresa goza del favorable clima de la cuenca alta del Río Savegre, que a pesar de estar localizada en el contexto tropical de Costa Rica es moderadamente fría.

Esta finca comenzó a experimentar con la producción de shiitake en el año 2012 y su objetivo es llevar a cabo actividades agroecoturísticas centradas en la bioalfabetización para la conservación del bosque nuboso, al mismo tiempo que busca producir alimentos saludables sin provocar impactos negativos en el ambiente. Este tipo de iniciativas privadas, de gran importancia socioeconómica y educativa, han sido discutidas en la academia costarricense ya que integran además los ejes de manejo forestal y responsabilidad social con el ambiente (Rojas y Doss, 2014; Molina-Murillo y Rojas, 2015). De esta forma, la Finca Boryana es un ejemplo de actividad

productiva sensible a los sistemas tradicionales de agroforestería con beneficio privado y colectivo (Altieri y Nichols, 2008; Koohafkan y Altieri, 2010).

Tras la experimentación relacionada con los métodos productivos, en la Finca Boryana se ha determinado que factores como la temperatura, la humedad, la oxigenación del aire, el pH y la luz son consideraciones importantes para un cultivo exitoso (Przybylowicz y Donoghue, 1988; Kozak y Krawcyk, 1993). Así, estos aspectos han sido tomados en cuenta para diseñar el actual sistema de producción. Las limitantes productivas identificadas son los costos por importación de insumos y el acceso a cadenas de distribución en el mercado nacional. Para efectos del shiitake, estas limitaciones no permiten visibilizar los beneficios ecológicos propios de la técnica productiva utilizada y el potencial del producto como un alimento sano.

El sistema general de producción de la Finca Boryana se basa en el diseño de planta mostrado en la Fig. 3. El sitio de cultivo se divide en un cuarto de incubación de 50m², un cuarto de producción de 60 m² y una pileta de 4x1x1 m. El sitio fue utilizado en el pasado para la extracción de carbón vegetal, por lo que existen remanentes de bosque en regeneración dominado por *Quercus* spp. donde se realizan las podas. En este proyecto, se inocula el shiitake en trozos de ramas o troncos de roble (Fig. 4) provenientes de la misma finca y se siguen las recomendaciones de Przybylowicz y Donoghue (1988). El sistema productivo ofrece buenos rendimientos y representa una estrategia sostenible de manejo de recursos naturales por cuanto no implica un alto uso de electricidad o agua.



Fig. 3. Diseño de la planta productiva de la Finca Boryana. Esta iniciativa pretende además del aspecto de producción de hongos shiitake, cumplir un papel en la micoalfabetización de un sector de la población costarricense.

Fig. 3. Design of the productive plant of Finca Boryana. This initiative aims to fulfill a role in the mycoliteracy of a sector of the Costa Rican population, in addition to the aspect of shiitake mushroom production.



Fig. 4. Imágenes del sistema productivo sostenible en Finca Boryana. A) Los troncos productivos se sumergen en piletas de agua (choque térmico) para inducir la fructificación. B y C) Los troncos productivos activos se colocan de forma vertical durante la fase de producción y la cosecha ocurre cuando la madurez de los hongos cumple con criterios comerciales.

Fig. 4. Sustainable production system at Finca Boryana. A) Productive logs are immersed in water (thermal shock) to induce the formation of fruiting bodies. B and C) Active productive logs are placed vertically during the production phase, and harvesting occurs when the maturity of the fungi meets commercial criteria.

Para controlar plagas de insectos como dípteros y coleópteros, entre otros, se utiliza extracto de eucalipto y el bioplaguicida entomopatógeno *Bacillus thuringensis* (Bt). Para plagas de gastrópodos se aplica óxido de calcio y sal para ganado en el suelo del cuarto de producción. Es recomendable hacer aplicaciones preventivas antes y después de la fructificación. Para prevenir plagas de roedores se utilizan barreras físicas y así asegurarse que no tengan acceso al sitio de cultivo. Otros hongos competidores y parásitos se remueven manualmente y se utiliza alcohol etílico de forma localizada para una apropiada desinfección.

Emprendimientos conocidos y características básicas

Como ha sido explicado antes, la producción de hongos en Costa Rica ha venido en aumento en la última década. Sin embargo, prácticamente todos los emprendedores actuales han abierto su camino comercial con base en estrategias propias, raramente facilitadas por los sistemas nacionales de apoyo a la producción. Lo anterior es muy claro en una breve encuesta que se ha llevado a cabo para la redacción de este artículo, con seis productores nacionales. Con este insumo es evidente que los temas de financiamiento, encadenamientos productivos y costos de adquisición e importación de micelio son los pilares clave en los que se necesitan soluciones integrales mediadas por agentes externos a las compañías productoras de hongos. Del mismo modo, es muy notorio que actualmente el aporte estatal a la producción de hongos es inexistente, a pesar de que todos los productores expresaron, de forma consensuada, no poder satisfacer la demanda de su producto.

En la mayoría de los emprendimientos entrevistados (Amigos del Bosque, Carlos Arce, Finca Boryana, Hongos del Cerro y Villa del Hongo) se importa el inóculo de Estados Unidos o Europa y solo uno (Gourmet del Bosque) produce su propio inóculo. Por otro lado, de forma generalizada se usan barreras físicas o naturales para el control de plagas. El volumen de inóculo mensual varía según la especie que se cultiva, pero tiene un rango entre tres y 400 kg y se usan substratos como paja de arroz o troncos para el cultivo. Finalmente, todos estos emprendimientos se localizan en las zonas altas y templadas de Costa Rica, normalmente a más de 2000 msnm y en las cordilleras de Talamanca o Central. En estas zonas, los climas son normalmente fríos, lluviosos y ventosos, con una alta abundancia de líquenes, musgos y hongos en los bosques aledaños.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las diferentes universidades estatales del país por apoyar y fortalecer, desde el comienzo de las actividades de cada casa académica, la investigación y el extensionismo en temas de interés público (como la micología) para las diferentes generaciones de costarricenses que han visto el desarrollo de Costa Rica fuertemente vinculado al de la academia local. El desarrollo de este capítulo ha sido apoyado por la Finca Boryana y por el Instituto de Investigaciones en Ingeniería de la Universidad de Costa Rica a través del proyecto 731-B8-900 – Programa Ingenieril de Investigación en Recursos Agroforestales.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. y Nicholls, C. (2008). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología* 1: 29-36. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/18>
- Álvarez Montero, K. J. (2013). *Formulación de un compost a partir de excretas de animales y diferentes subproductos agroindustriales para su utilización como sustrato para la producción del hongo champiñón (Agaricus bisporus)*. [Tesis de Licenciatura no publicada] Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica.
- Arce-Cerdas, M. A., Rodríguez-Arce, J. M. (2019). Ritual consumption of psychoactive fungi and plants in ancestral Costa Rica. *Journal of Psychedelic Studies* 3 (2): 179-197. <https://doi.org/10.1556/2054.2019.010>
- Blanco A. (2019). *Diseño de un sistema gestión de calidad e inocuidad para una planta agroindustrial de producción de hongo ostra a partir de biomasa residual de la actividad piñera en San Carlos, Costa Rica*. Universidad Técnica Nacional, Costa Rica.
- Boa, E. (2005). *Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población*. FAO.
- Campos Agüero, M. (1986). *Producción de hongos comestibles empleando la pulpa de café como sustrato*. [Investigación Dirigida de Licenciatura no publicada]. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.
- Campos-Sánchez, R., Raventós, H. y Barrantes, R. (2014). Ancestry Informative Markers Clarify the Regional Admixture Variation in the Costa Rican Population. *Human Biology* 85 (5): 721-740. <https://doi.org/10.3378/027.085.0505>
- Cao, S., Cryan, L., Habeshian, K. A., Murillo, C., Tamayo-Castillo, G., Rogers, M. S. y Clardy, J. (2012). Phenolic compounds as antiangiogenic CMG2 inhibitors from Costa Rican endophytic fungi. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 22 (18): 5885-5888. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2012.07.075>
- Carranza-Velázquez, J. y Ryvarden, L. (1988). Additional list of pore fungi of Costa Rica. *Mycotaxon* 69: 377-390.
- Carranza-Velázquez, J., Marín Mendez, W., Ruiz Boyer, A. y DiStefano Gandolfi, J. F. (2017). *Guía de los macrohongos más comunes del Parque Nacional Corcovado. Estación La Leona*. Costa Rica, Editorial UCR.
- Carranza-Velázquez, J. y Mata, M. (2019). *Guía de los macrohongos en San Gerardo de Dota*. Editorial UCR.
- Chalampunte Flores, D. S. (2012). *Seguridad alimentaria en comunidades indígenas de Costa Rica: el caso de comunidades Cabécar de Alto Chirripó*.

- [Tesis de Maestría no publicada]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.
- Constenla Umaña, A. (2007). *La lengua de Térraba*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Corella-Vargas, R. (1985). Potencial del cultivo de hongos comestibles en Costa Rica. *Uniciencia* 2 (1): 81-82.
- Díaz-Gutiérrez, C. (2004). Análisis económico para el establecimiento de un proyecto de producción de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus*), en la zona de Atenas, Alajuela. *Tecnología en Marcha* 17 (4): 3-7.
- Dunbar-Ortiz, R. (2014). *An Indigenous Peoples' History of the United States*. Beacon Press.
- Fernández Torres, S. (2015). *Compendio de historias, costumbres y tradiciones de los bribris y cabécares para la revitalización lingüística y cultural en Ujarrás*. Ministerio de Educación Pública, Costa Rica.
- Garita-Hernández, F. (2000). La influencia extranjera en la tiponimia costarricense. *Filología y lingüística* 26 (2): 139-160.
- García, J. E. (2009). Breve historia de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica (1957-2009). *Revista de Biología Tropical* 57 (Suppl. 1): 1-14.
- Garro-Valverde, L. (2010). *Saberes y sabores de los boruca*. Leila Garro-Valverde, Costa Rica.
- Gómez-Pignataro, L. D. (1976). Algunos hongos de Costa Rica. *Brenesia* 8: 104-107.
- Hoopes, J. W. y Fonseca, O. M. (2003). Goldwork and chibchan identity: endogenous change and diffuse unity in the isthmo-colombian area. En: Quilter, J., Hoopes, J.W. (Eds.). *Gold and power in ancient Costa Rica, Panama and Colombia* (pp. 49-90). Dumbarton Oaks.
- INEC. (2011). *X Censo nacional de población y VI de vivienda 2011*. INEC, Costa Rica.
- Instituto Tecnológico de Costa Rica. (2024, abril 24). Centro de Investigación en Biotecnología. <https://www.tec.ac.cr/centro-investigacion-biotecnologia-cib>
- Jiménez Rey, F. (2018). *Elaboración de un material biológico a partir del hongo Pleurotus ostreatus para su utilización en aplicaciones de ingeniería*. [Tesis de Licenciatura no publicada]. Escuela de Ingeniería Agrícola y de Biosistemas, Universidad de Costa Rica.
- Jones, U. (1991) "Metates and Hallucinogens in Costa Rica", *Papers from the Institute of Archaeology* 2 (0): 29-34. <https://doi.org/10.5334/pia.18>
- Koohafkan, P. y Altieri, M. A. (2010). *Globally Important Agricultural Heritage Systems: a legacy for the future*. FAO.
- Kozak, M. E. y Krawczyk, J. (1993). *Growing shiitake mushroom in a continental climate*. Field & Forest Products, Inc.
- Lee, S., Tamayo-Castillo, G., Pang, C., Clardy, J., Cao, S. y Kim, K. H. (2016). Diketopiperazines from Costa Rican endolichenic fungus *Col-*

- poma* sp. CR1465A. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 26 (10): 2438-2441. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2016.03.115>
- Madriz-Masis, J. P. (1999). Exploración etnobotánica de la flora silvestre comestible, en los bosques húmedos tropicales de la reserva aborigen Taynín, Limón, Costa Rica. *Tecnología en Marcha* 13 (3): 188-192.
- Mata, M. (2003). *Macrohongos de Costa Rica*. Costa Rica, Editorial INBio.
- Mata, M., Halling, R. y Mueller, G. M. (2003). *Macrohongos de Costa Rica Vol. 2*. Costa Rica, Editorial INBio.
- Mata, M., Soto, S. y Navarro, E. (2010). *Guía práctica para el cultivo de hongos ostra (Pleurotus ostreatus)*. Costa Rica, Editorial INBio.
- Mata, M. y Navarro, E. (2010). *Guía práctica para el cultivo del hongo comestible, Lentinula edodes (Shiitake) sobre troncos*. Costa Rica, Editorial INBio.
- Miller, M. J. (2006). Biodiversity Policy Making in Costa Rica: Pursuing Indigenous and Peasant Right. *The Journal of Environment and Development* 15 (4): 359-381. <https://doi.org/10.1177/1070496506294801>
- MEP. (2019). *Guía del programa cultura bribri-sulá*. Ministerio de Educación Pública, Costa Rica.
- Molina-Murillo, S. y Rojas, C. (2015). Rol de los biosistemas forestales en el desarrollo dentro de un marco de cambio climático. *Revista Ingeniería* 25 (2): 3-18.
- Molina-Murillo, S., Rojas, C., Somerville, S., Doss, R. G. y Lemus, B. (2015). What do you think of fungi? Perceptions by “educated” groups in Honduras and Costa Rica. *Brenesia* 83-84: 30-36.
- Molina-Murillo, S. y Smith, T. (2016). The Economy of Forests. En: Molina-Murillo, S., Rojas, C. (Eds.). *The Paradigm of Forests and the survival of the fittest* (pp. 116-136). CRC Press.
- Morales, C. O. (2010). Aportes científicos de un botánico universal: Luis Diego Gómez Pignataro (1944-2009). *Brenesia* 73-74: 1-14.
- Morales, O., Flores, R., Samayoa, B. y Bran, M. C. (2002). Estudio etnomicológico de la cabecera municipal de Tecpán Guatemala, Chimalteango. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia* 15: 10-21.
- Obregón Gómez, M. y Rojas Zalazar, J. (2015). Incorporación de microorganismos benéficos en la producción de sandía y melón en Costa Rica. *Revista de Protección Vegetal* 30 (Supl. 1): 86.
- O’Neal, K. (30 de junio de 2016). CIA promueve producción de hongos comestibles. *Noticias UCR*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2016/06/30/cia-promueve-produccion-de-hongos-comestibles.html>
- Przybylowicz, P. y Donoghue, J. D. (1988), *Shiitake Growers Handbook: The Art and Science of Mushroom Cultivation*. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Quesada Pacheco, M. A. (1996). *Narraciones borucas*. Editorial UCR.
- Quesada, M. A. y Rojas, C. (1999). *Diccionario boruca-español, español-boruca*. Editorial UCR.

- Rojas, C. y Calvo, E. (2014). Forest biomass, carbon stocks and macro-fungal dynamics: a study case in Costa Rica. *IJFR*. <https://doi.org/10.1155/2014/607372>
- Rojas, C. y Doss, R. G. (2014). Carbono, bosques y micorrizas: una “negación de investigación imperativa”. *Brenesia* 81-82: 91-95.
- Rojas, C., Valverde, R. y Morales, R. (2017). Functional variability of macrofungal populations in four different forest types of Costa Rica. *Mycosphere* 8 (9): 1288-1296. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/8/9/3>
- Rojas, C. y Molina-Murillo, S. (2018). Percepción ciudadana de los recursos fúngicos y potencial de micoalfabetización en Costa Rica. *Scientia Fungorum* 48: 23-31. <https://doi.org/10.33885/sf.2018.48.1196>
- Rojas, C., Molina-Murillo, S. y Doss, R. G. (2019). Perceptions of the use and value of fungi by two groups of young adults from Central America. *UNED Research Journal* 11 (3): 345-351. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2619>
- Rojas, C. y Valverde, R. (2019). Towards an Integrated Approach of Conducting Fungal Research in Costa Rica. *Uniciencia* 33 (1): 101-117. <https://doi.org/10.15359/ru.33-1.8>
- Rojas, C., Rojas, P. A., Nakajima, S., Doss, R. G. y Rodríguez, K. (2021). School gardens and biofertilization as a strategy towards climate change mitigation and adaptation in Costa Rica. *InterSedes* 22 (45): 1-19. <https://doi.org/10.15517/ISUCR.V22I45.42510>
- Rojas-Jimenez, K., Hernandez, M., Blanco, J., Vargas, L. D., Acosta-Vargas, L. G. y Tamayo, G. (2016). Richness of cultivable endophytic fungi along an altitudinal gradient in wet forests of Costa Rica. *Fungal Ecology* 20: 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.12.006>
- Sáenz, J. A. y Nassar, M. (1982). Hongos de Costa Rica: Familias Phallaceae y Oathraceae. *Revista de Biología Tropical* 30 (1): 41-52.
- Sáenz, J. A., Macaya-Lizano, A. V. y Nassar, M. (1983). Hongos comestibles, venenosos y alucinatorios de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 31 (2): 201-207.
- Sánchez-Avenidaño, C. (2020). Documentación de la cultura gastronómica indocostarricense: las enciclopedias de la alimentación y de la agricultura tradicional malecu, bribri y brorán. En: Haboud Buchamar, M., Sánchez Avenidaño, C., Garcés Velazquez, F. (Eds). *Desplazamiento lingüístico y revitalización: reflexiones y metodologías emergentes* (pp. 99-122). Editorial Universitaria Abya-Yala.
- Sears, R. (2016). Forests, Sustainability, and Progress: Safeguarding the Multiple Dimensions of Forests through Sustainable Practices. En: Molina-Murillo, S.; Rojas, C. (Eds.). *The Paradigm of Forests and the survival of the fittest* (pp. 196-220). CRC Press.
- SIGPRO. (2021). Reporte de investigación: proyecto 77054, Universidad de Costa Rica. <https://vinv.ucr.ac.cr/sigpro/web/projects/77054>

- Vicerrectoría de Acción Social. (2017). *Proyecto EC-408 Diversidad lingüística de Costa Rica: Se' má Diccionario-recetario de la alimentación tradicional bribri*. Universidad de Costa Rica.
- Vicerrectoría de Acción Social. (2020). *Proyecto IE-118 Tradición oral sobre los macrohongos en las comunidades indígenas de Bajo Coén y Coroma, en Bribri, Talamanca*. Universidad de Costa Rica.
- WingChing-Jones, R. y Alvarado, G. (2009). Valor nutricional del heno de translava inoculado con el hongo *Pleurotus ostreatus*. *Agronomía Costarricense* 33 (1): 147-153.
- Zimmermann, K. (2001). Interculturalidad y contacto de lenguas: condiciones de la influencia mutua de las lenguas amerindias con el español. En: Zimmermann, K., Stolz, T. (Eds). *Lo propio y lo ajeno en las lenguas austronésicas y amerindias* (pp. 15-34). Vervuert.
- Zizumbo-Villareal, D., Colunga-GarcíaMarín, P. y Flores-Silva, A. (2016). Pre-Columbian Food System in West Mesoamérica. En: Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (Eds) *Ethnobotany of Mexico* (pp. 67-82). Springer.
- Zumbado, F. y Raabe, C. (1976). *Evaluación de la distribución geográfica de la población de Costa Rica*. Instituto Geográfico Nacional.
- Zúñiga-Castro, K. y Quirós-Cedeño, G. (2021). Los hongos como elementos clave en la productividad del suelo, la agricultura y el bienestar social. *Biocenosis* 32 (1): 46-58. <https://doi.org/10.22458/rb.v32i1.3548>