

## Diversidad de hongos micorrícicos en bosques de *Pinus caribaea* en Poptún, Guatemala.

### Diversity of mycorrhizal fungi in *Pinus caribaea* forests in Poptún, Guatemala.

Roberto Flores Arzú, María del Carmen Bran González

Departamento de Microbiología de la Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,  
Universidad de San Carlos de Guatemala.  
floresarzu.roberto@gmail.com

Recibido: 3 de mayo de 2017 Aceptado: 17 de agosto 2017

#### Resumen

*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéc.) W. H. Barrett & Golfari es una especie mesoamericana cuyo hábitat natural en Guatemala se está reduciendo aceleradamente por deforestación, aumento de ganadería y producción de cultivos de subsistencia. Además, los hongos ectomicorrícicos asociados, fundamentales para su supervivencia, han sido muy poco estudiados. Este es un estudio descriptivo que contiene información acerca de la diversidad de hongos micorrícicos recolectados en rodales de *P. caribaea* del municipio de Poptún, Petén, durante los años 1997-1998 y 2013-2016, del uso de algunos de esos hongos como inóculo micorrícico, de identificación molecular de dos especies de *Lactarius* y de importantes aspectos etnomicológicos locales. Se encontró que existen especies endémicas, como *Boletus guatemalensis*, predominancia de boletales y russulales, diversidad fúngica semejante a la del sureste del país, poco uso de hongos comestibles silvestres y el primer registro de *Amanita persicina* (anteriormente *A. muscaria* var. *persicina*) en las tierras bajas mayas de Guatemala, con importantes aportes etnomicológicos. Aunque la diversidad debe ser mucho mayor a la encontrada, es aconsejable proseguir las recolectas, la identificación taxonómica de las especies locales y promover la conservación y reforestación con esta singular especie de pino a nivel municipal.

Palabras clave: *Boletus guatemalensis*, *Lactarius indigo*, *Amanita persicina*, especies endémicas, Neotrópico, Mesoamérica.

## Abstract

*Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénéc.) W. H. Barrett & Golfari is a Mesoamerican species whose natural habitat in Guatemala is being quickly reduced by deforestation, increase of livestock and subsistence crops. The mycorrhizal fungi associated with them, fundamental for their survival, had not been studied before. In this study it is presented a short report of the ectomycorrhizal fungi diversity collected in the stands of *P. caribaea* in the village of Poptún, Petén, between the years 1997-1998 and 2013-2016. Endemic species, such as *Boletus guatemalensis*, and predominance of boletales and russulales, were found. The fungal diversity presents more similarities to the one found in the southeast of the country, compared to the diversity of the west highlands. The first record of *Amanita persicina* (previously *A. muscaria* var. *persicina*) in the Mayan lowlands of Guatemala is reported, as well as related important ethnomycological findings. Nevertheless, it is expected higher diversity in the area, therefore, further research is recommended, regarding the taxonomic identification of the different species and the conservation and reforestation of the area with this pine species.

Keywords: *Boletus guatemalensis*, *Lactarius indigo*, *Amanita persicina*, endemic species, Neotropic, Mesoamerica.

## Introducción

*Pinus caribaea* es la especie de pino con distribución natural más cercana al ecuador en el continente americano. Se encuentra en ambientes subtropicales cálidos desde México hasta Nicaragua y algunas islas del Caribe (Delgado, Piñero, Rebolledo, Jardón, & Chi, 2011; Farjon & Styles, 1997; Moura & Dvorak, 2001; Sánchez, Ingrouille, Cowan, Hamilton, & Fay, 2014). La especie ha sido introducida exitosamente como plantación forestal, utilizando inóculo micorrícico, en países de Sudamérica (Moura & Dvorak, 2001), sureste de Asia (Das & Stephan, 1982) y África (Moutanda, N'zada, & Kazotti, 1998; Wright, Gibson, & Barnes, 1986). Aunque se trata de una especie de gran valor forestal y ecológico, el componente micorrícico no ha sido estudiado a profundidad en los países de origen. A la fecha, solamente dos artículos han sido publicados sobre la diversidad de hongos ectomicorrícicos asociados a esta importante especie forestal (Flores & Simonini, 2000; Ortiz-Santana, Lodge, Baroni, & Both, 2007)

y una página web que muestra parte de la diversidad de macrohongos en Belice (Baroni, *s.f.*)

Entre 1997 y 1998 se llevó a cabo una investigación sobre la diversidad de estos hongos en áreas boscosas de pino en Poptún, con apoyo del Fideicomiso para Conservación en Guatemala (FCG) y el Departamento de Microbiología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para ello se muestrearon varias localidades del municipio, durante la época lluviosa, donde se recolectaron ejemplares (cuerpos fructíferos) los cuales fueron descritos, identificados y preservados en el Departamento de Microbiología. De esa investigación se logró la publicación de la primera especie endémica del género *Boletus* para Guatemala, *Boletus guatemalensis* Flores & Simonini 2000, y de una nueva combinación para otra especie local *Tylopilus leucomyelinus* (Singer & M.H. Ivory) R. Flores & Simonini 2000. La recolecta de hongos permitió analizar posteriormente algunas cepas locales (Culajay,

2001) y desarrollar estudios sobre síntesis de micorrizas con plántulas de *P. oocarpa* (Miranda, 2001) y *P. caribaea* (Reyes, 2004).

Algunos de los rodales muestreados en esa época ya no existen por una severa plaga de gorgojo de pino (*Dendroctonus*) que redujo drásticamente los bosques locales desde 1999 a 2001, y luego por perturbación antropogénica al aumentar notoriamente la población humana y la ganadería extensiva en Poptún.

Estudiar la diversidad de hongos ectomicorrícicos asociados a *P. caribaea* en Petén es de suma importancia puesto que se trata de un área con endemismo fúngico escasamente conocido y con condiciones ecológicas muy singulares en el istmo centroamericano. Por otro lado, la deforestación y el cambio de uso de la tierra en la zona hacen peligrar especies que han existido en ese ecosistema desde hace miles de años.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El municipio de Poptún se encuentra al sur del departamento de Petén, entre las coordenadas 16°19'20"N, 89°25'20"O, con una extensión de 1,716 km<sup>2</sup>. La región fue clasificada por Holdridge, Genke, Hatheway, Liand y Tosi (1971) dentro de la zona de vida, bosque muy húmedo subtropical cálido (bmhSc). Presenta una humedad relativa media de 90%, precipitación media anual de 1,700 mm, con temperaturas mínimas que oscilan entre los 12°-16°C y máximas de 30°-36° C, y una altitud entre 440 a 500 m.s.n.m, con planicies y cerros característicos de la zona llamados *mogotes*, de 30-50 m de altura (Municipalidad de Poptún, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Bosques, The Nature Conservancy [CONAP, INAB, TNC], 2007). La vegetación nativa la constituyen remanentes

de *Pinus caribaea*, la única conífera local, que cubre aproximadamente 27% del territorio, y diversidad de latifoliadas que cubren un 24% del territorio. El resto es destinada a ganadería extensiva (incluyendo sabanas con pino), guamiles y agricultura (Rivera, 2007). Los bosques de *P. caribaea* de Poptún forman parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biósfera Maya, según la ley de Áreas Protegidas de Guatemala (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 2002; Rivera, 2007). Los suelos de Poptún tienen vocación eminentemente forestal; sin embargo, la cobertura forestal ha disminuido drásticamente en los últimos años: para 2010, la pérdida registrada fue mayor al 9% (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia [SEGEPLAN], 2013).

De la población, 55% de los habitantes pertenecen a la etnia Q'eqchi', 40% son ladinos, y 5% está compuesto por las etnias Mayas: Mopán, Pocomchí, Kaqchiquel, K'iche' y Achí según datos del censo de 2002 (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2003). En Poptún ha ocurrido fuerte migración en los últimos años, especialmente desde los departamentos orientales de Alta y Baja Verapaz, Zacapa y Chiquimula (INE, 2003; Peláez, 2007).

Lugares de muestreo, recolecta e identificación de hongos.

Los muestreos se efectuaron en distintos puntos del municipio de Poptún: Finca Ixobel, Finca Las Lajas, Finca Las Flores, área forestal de PROCAFOR (Programa Regional Forestal de Centro América), área forestal del ICAVIS (Instituto de Capacitación Agroforestal y Vida Silvestre), área forestal del Escuela de Adiestramiento y Operaciones Especiales Kaibil del Ejército de Guatemala (Escuela Kaibil), zona militar núm. 23 y bosque municipal de Poptún, frente a la Escuela Kaibil.

Ocho muestreos se realizaron durante la época lluviosa de junio a diciembre de 1997 y 1998, y posteriormente un muestreo anual en la estación lluviosa de 2013 a 2016. Se seleccionaron bosques mixtos (pino y latifoliadas), rodales de pino con la menor perturbación posible y plantaciones nuevas de pino. Durante los muestreos se buscaron cuerpos fructíferos en la cercanía de troncos de pino, removiendo pastos y/o vegetación secundaria, y en ocasiones desplazando algunos troncos en pudrición. Se obtuvieron fotografías impresas y diapositivas fotográficas de las recolectas de los años 1997 y 1998 y fotografía digital en los posteriores. Durante los muestreos se solicitó el acompañamiento de personas locales como guías, sobre todo aquellas que conocían de plantas y que pudieran identificar hongos en el campo.

Tras recolectar los hongos, éstos se envolvieron en papel parafinado y se colocaron en canastas plásticas con adecuada ventilación durante el muestreo. Posteriormente se depositaron en hieleras de poliestireno expandido, con hielo y papel periódico, para su traslado a Ciudad de Guatemala. En ocasiones, los cuerpos fructíferos fueron parcialmente secados en una deshidratadora casera, para evitar su descomposición por el calor y humedad del lugar así como durante el traslado a la Ciudad, que en esas fechas demoraba alrededor de 9-12 h y alrededor de siete horas. En el laboratorio, los cuerpos fructíferos fueron descritos macroscópicamente, se les asignó nombre científico en base a sus características (con ayuda de publicaciones norteamericanas y europeas), luego se les asignó un número de registro y finalmente, después de secarlos apropiadamente, se almacenaron en bolsas plásticas con sus datos en la Micoteca Rubén Mayorga Peralta-MICG.

Cultivos miceliarios y muestras para análisis moleculares.

Con el fin de obtener cepas de hongos locales se hicieron aislamientos de tejido fúngico de aquellos ejemplares que presentaron mejores condiciones para cultivo, empleando agar Saboreaud con rosa de bengala para disminuir la contaminación bacteriana.

Con el interés de conocer mejor la identidad genética de las especies pertenecientes a *Lactarius* sección *Deliciosi* de Poptún, se analizaron tres especímenes locales (*Lactarius indigo*, *L. aff rubrilacteus* y *L. salmoneus*) depositados en la Micoteca, para aislar su ADN y conocer su posición filogenética, gracias al apoyo de la Universidad de Murcia, España

Recopilación etnomicológica.

Durante los muestreos se consultó a personal de las fincas visitadas, Programa Regional Forestal de Centro América (PROCAFOR) e Instituto de Ciencias Agroforestales y Vida Silvestre (ICAVIS) y de algunos soldados del área, sobre el uso de los hongos comestibles, medicinales y tóxicos del lugar. La información se registró en agenda de campo.

## Resultados

### Diversidad fúngica

Se recolectaron más de 40 especies pertenecientes a 17 géneros de hongos ectomicorrízicos, las cuales se mencionan en la tabla 1. Varios fueron identificados hasta especie pero otros como afines (*aff*) a otras especies por su semejanza. La mayoría pertenecen al Orden Boletales (*Boletus*, *Gyroporus*, *Leccinum*, *Pisolithus*, *Retiboletus*, *Scleroderma*, *Suillus*, *Strobilomyces*, *Tylopilus* y *Xerocomus*) y Orden Russulales (*Lactarius* y *Russula*). En las figuras 1 y 2 se muestran algunas de las especies encontradas en Poptún.

**Tabla 1.** Especies de hongos ectomicorrícicos presentes en rodales de *Pinus caribaea* en Poptún, Petén.

Espece ectomicorrícica	Período 1997-1998	Período 2013-2016
<b>Orden Agaricales</b>		
<b>Amanitaceae</b>		
<i>Amanita persicina</i> (Dav.T.Jenkins) Tulloss & Geml	x	
<i>A. aff bisporigena</i>	x	
<i>A. aff conara</i>	x	
<i>A. aff magniverrucata</i>	x	
<i>A. aff pantherina</i>	x	
<i>A. aff solitaria</i>	x	x
<i>Amanita</i> sp.		x
<b>Hydnangiaceae</b>		
<i>Laccaria aff laccata</i>	x	
<b>Inocybaceae</b>		
<i>Inocybe</i> spp.	x	x
<b>Orden Boletales</b>		
<b>Boletaceae</b>		
<i>Boletus guatemalensis</i> R. Flores & Simonini	x	
<i>Boletus</i> sp.	x	x
<i>Boletellus ananas</i> (M.A. Curtis) Murrill	x	x
<i>Retiboletus griseus</i> (Frost) Manfr. Binder & Bresinsky	x	x
<i>Scleroderma polyrhizum</i> (J.F. Gmel.) Pers.	x	
<i>S. texense</i> Berk.	x	x
<i>Pisolithus arrhizus</i> (Scop.) Rauschert	x	x
<i>Suillus decipiens</i> (Peck) Kuntze	x	x
<i>Suillus aff luteus</i>	x	x
<i>Suillus</i> spp	x	x
<i>Strobilomyces strobilaceus</i> (Scop.) Berk.	x	x
<i>Tylopilus aff felleus</i>	x	
<i>T. plumbeoviolaceus</i> T.H. Li, B. Song & Y.H. Shen	x	
<i>T. leucomyelinus</i> (Singer & M.H. Ivory) R. Flores & Simonini	x	x
<b>Orden Hymenochaetales</b>		
<b>Hymenochaetaceae</b>		
<i>Coltricia aff cinnamomea</i>	x	x

**Orden Russulales**

**Russulaceae**

<i>Lactarius indigo</i> (Schwein) Fr.	x	x
<i>L. aff rubrilacteus</i>	x	x
<i>L. aff psammicola</i>	x	x
<i>L. piperatus</i> (L.) Pers.	x	x
<i>L. salmoneus</i> Peck	x	
<i>Russula vesicatoria</i> Murrill	x	
<i>R. delica</i> Fr.	x	x
<i>R. brevipes</i> Peck	x	x
<i>R. nigricans</i> Fr.	x	x
<i>R. aff foetida</i>	x	x
<i>Russula</i> spp	x	x

**Orden Thelephorales**

**Thelephoraceae**

<i>Thelephora terrestris</i> Ehrh.	x	x
<i>T. aff palmata</i>	x	x

---





**Figura 1.** a) Bosque de *Pinus caribaea* en Finca Ixobel, Poptún; b) *Craterellus* aff. *ignicolor*; c) *Russula* aff. *foetida*; d) *Russula* aff. *brevipes*; e) *Russula* sp.; f) *Lactarius* aff. *psammicola*; g) *Lactarius indigo*; h) *Thelephora palmata*.





**Figura 2.** i) *Retiboletus griseus*; j) *Boletus guatemalensis*; k) *Tylopilus leucomyelinus* l) *Xerocomus* sp; m) *Tylopilus plumbeoviolaceus*; n) *Suillus* aff. *salmoneus*; o) *Pisolithus arrhizius*; y p) *Scleroderma texense*.



Durante los muestreos también se recolectaron algunas especies saprobias que resultaron nuevos registros para Guatemala, como *Auricularia mesenterica* (Dicks.) Pers. y *Geastrum minimum* Schwein. Las especies más notables por su tamaño fueron *Meripilus* sp., *Lenzites* sp. y *Chlorophyllum rachodes* (Vittad.) Vellinga; otras especies interesantes por su abundancia y/o distribución en esa zona fueron *Agaricus* spp., *Auricularia auricula-judae* (Bull.) Quéll., *Coprinus comatus* (O.F. Müll.) Pers., *Coprinus* spp., *Cotylidia aurantiaca* (Pers.) A. L. Welden, *Marasmius cladophylus* Berk., *Marasmius* spp., *Mycena* spp., *Trogia cantharelloides* (Mont.) Pat., *Neolentinus* sp., *Picnoporus sanguineus* (L.) Murrill, *Pleurotus* sp., *Psilocybe* sp., *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat., *P. tenuiculus* (P. Beauvois) Fries, *Schizophyllum commune* Fr., *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, *Tremella reticulata* (Berk.) Farl., y *Xylaria* spp.

#### Diversidad de especies por sitio de recolecta

Los sitios con mayor diversidad de hongos ectomicorrícicos fueron la Finca Ixobel y el área forestal de la Escuela Kaibil, ambos con alta densidad de pino y poco pastoreo vacuno. En Ixobel se recolectaron los primeros ejemplares de *Boletus guatemalensis*, una especie con hábitat aparentemente restringido a Guatemala (Flores & Simonini, 2000) y Belice (Ortiz-Santa et al., 2007) así como los únicos ejemplares de *Cantharellus aff cibarius* y la mayor cantidad de cuerpos fructíferos de *Lactarius aff rubrilacteus*.

En la Escuela Kaibil se encontró mayor diversidad de boletales, siendo particularmente abundantes *Tylopilus plumbeoviolaceus*, *T. leucomyelinus*, *Retiboletus griseus* y *Suillus aff luteus*. De este lugar procede el primer reporte de *Russula vesicatoria* para el país, una especie reportada únicamente en el sureste de EEUU y en Costa Rica. Posteriormente se

encontraron otros ejemplares en el Cerro Alux (Mixco, Guatemala) y en la reserva El Trifinio (Chiquimula). Allí también se localizaron los primeros ejemplares de *Amanita persicina* (anteriormente llamada *A. muscaria* var. *persicina*) en Guatemala.

En la finca Las Flores se encontró *B. guatemalensis*, *R. griseus* y *Gyroporus castaneus* (Orden Boletales) así como abundantes ejemplares de *Coltricia cinnamomea* y *Scleroderma polyrhizum*.

En ICAVIS se encontraron numerosos ejemplares de *Craterellus aff ignicolor*, una especie americana de climas templados y húmedos, que debe ser analizada a nivel molecular. También se hallaron los únicos ejemplares de *Lactarius salmoneus* junto a plantas jóvenes de pino. En Las Lajas las especies predominantes fueron *Pisolithus* y *Scleroderma* y algunas especies degradadoras como *Picnoporus sanguineus* y otros poliporales.

En todos los sitios se hallaron *Pisolithus arrhizius* y *Scleroderma* spp., incluso en suelos que sufrieron incendios rastroeros durante la época seca. *Pisolithus*, fructificando incluso entre la corteza de algunos pinos a una altura de 20 cm del suelo.

#### Aislamientos miceliarios

Debido al calor local y tiempo transcurrido desde la recolecta hasta el aislamiento miceliar en laboratorio, muchos ejemplares desarrollaron larvas que destruyeron los tejidos fúngicos; otros se descompusieron (particularmente los boletales maduros) y otros presentaron alta contaminación bacteriana y/o de microhongos en su aislamiento. Sin embargo fue posible aislar cepas de *Pisolithus arrhizius*, *Scleroderma texense* y *Tylopilus plumbeoviolaceus*.

## Análisis filogenético de *Lactarius*

De las tres muestras analizadas, se logró obtener la secuencia completa de la región ITS (Internal Transcribed Spacer) del rADN nuclear de *L. indigo* y de *L. aff rubrilacteus*. La muestra de *L. salmoneus* no se pudo amplificar por mal estado de la misma. Los diagramas filogenéticos mostraron que ambas especies se encuentran muy separadas genéticamente de las europeas y que *L. aff rubrilacteus* de Poptún podría ser una especie nueva, cercana genéticamente a *L. subpurpureus* de EEUU y a *L. miniatosporus* de México. Detalles sobre las diferencias genéticas de estas especies se encuentran en los trabajos de Flores (2003), Nuytinck, Miller & Verveken (2006), Flores, Díaz y Honrubia (2007), Flores & Reyna (2013).

## Información etnomicológica en campo

Las personas que acompañaron durante los primeros años de muestreo no conocían ni consumían hongos micorrícicos silvestres; sin embargo, en 2015 y 2016 hubo personas que mencionaron el consumo de *Lactarius indigo* lo cual podría relacionarse con la migración de personas del suroriente a Poptún. También se encontró que varios pobladores mencionaron el consumo de xikin ché' u oreja de árbol (*Schizophyllum commune*), un hongo saprobio, frecuente en la zona, reportado por Sommerkamp (1990).

La mayoría de los entrevistados manifestó temor al consumo de hongos por considerarlos venenosos. Tampoco se detectó uso de hongos medicinales, como *Pisolithus*, que se emplea como cicatrizante en otras áreas del país (Mazariegos, Lara y Lara, 2014) y solo algunos mencionaron que hay personas que buscan *Psilocybe*, por sus propiedades alucinógenas, en potreros con *P. caribaea* del lugar.

## Discusión

El listado de especies encontradas en Poptún es una muestra de la diversidad existente en los bosques de pino de la zona donde predominan los órdenes Boletales y Russulales, situación similar a la encontrada por Quezada, Rodas y Marroquín (2016) en bosques de encino de Petén, y con gran semejanza con los boletales reportados por Ortiz-Santana et al. (2007) en Belice. Muchas de estas especies se encuentran en bosques de pino o pino-encino de la zona central y occidental de Guatemala, mientras otras se localizan en la zona centro-oriental de Guatemala, como *T. leucomycelinus*, *T. plumbeoviolaceus* y *R. griseus*, y otras parecen tener un hábitat mucho más restringido, como *B. guatemalensis*.

*T. leucomycelinus*, una llamativa especie de coloración naranja-café que se confunde fácilmente con *T. ballouii*, fue una de las especies más frecuentes en los sitios de muestreo. Actualmente se han encontrado carpóforos de *T. leucomycelinus* en Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa (centro y sureste del país) en bosques de pino-encino. Osmundsen & Halling (2010), identificaron una nueva especie muy parecida, *T. oradivensi*, en Costa Rica, por lo que se cree que existe un complejo de especies semejantes. *T. plumbeoviolaceus*, se identifica fácilmente por el color púrpura-violáceo del píleo y estípites así como por su himenio blanquecino; aunque en Norteamérica *T. plumbeoviolaceus* se encuentra asociado a encinos, en Guatemala se ha encontrado en bosques de pino-encino del altiplano central y únicamente con *P. caribaea* en Poptún. *Retiboletus griseus* (anteriormente *Boletus griseus*), se encuentra en bosques de encino y pino-encino del altiplano central y sur-oriental de Guatemala. Dependiendo de la localidad, lluvia e insolación, los cuerpos fructíferos pueden ser más claros a casi blanquecinos, por

lo que puede confundirse con otras especies. El sabor amargo y la presencia del retículo oscuro son claves para su identificación.

Las especies descritas por Ortiz-Santana et al. (2007) y en la página web de la universidad de Cortland sobre hongos de Belice, son un buena referencia de la diversidad de macrohongos en Poptún e incluso para la zona sur-oriental de Guatemala donde también se han encontrado *Veloporphyrellus conicus* (Ravenel) Y.C. Li & Zhu L. Yang, *Boletellus ananas* (M.A. Curtis) Murrill, *B. auriporus* Peck, *Pulveroboletus ravenelii* (Berk. & M.A. Curtis) Murrill y *Retiboletus ornatipes* Manfr. Binder & Bresinsky. También mencionan la existencia de especies frecuentes en la zona central del país como *Austroboletus gracilis* (Peck) Wolfe, *A. subflavidus* (Murrill) Wolfe, *Boletus floridanus* (Singer) Murrill, *B. rugulosiceps* B. Ortiz, T.J. Baroni & Lodge, *B. variipes* var. *fagicola* A.H. Sm. & Thiers, *Gyroporus castaneus* (Bull.) Quél., *Leccinum rugosiceps* (Peck) Singer, *Phylloporus scabripes* B. Ortiz & M.A. Neves, *Strobilomyces floccopus* (Vahl) P. Karst., *Suillus salmonicolor* (Frost) Halling, y *S. tomentosus* Singer.

En cuanto a Russulales, se encontraron al menos cinco especies del género *Lactarius*, siendo las más frecuentes *L. indigo*, *L. piperatus*, *L. aff subpurpureus*, *L. aff psammicola* y *L. salmoneus*. Esta última, reportada para el sureste de EEUU, México y Belice. En Guatemala solo se ha encontrado en Poptún y en Jutiapa. *Lactarius aff psammicola* presenta carpóforos llamativos de color amarillo-naranja, que puede confundirse con *L. deliciosus*, aunque el color blanquecino de látex y el sabor amargo y picante son suficientes para diferenciarlos. *L. deliciosus* no ha sido reportado tampoco en Belice, pero es aconsejable mayor búsqueda de la especie por ser frecuente en el altiplano guatemalteco.

El género *Russula* produce localmente abundantes cuerpos fructíferos de color rojizo, rosado blanquecinos y beige, con píleos delgados delgadas y muy frágiles, pero no pudieron ser determinados hasta especie por su complejidad.

Resulta interesante que los hongos de Poptún se asemejan a los del este y sureste de Guatemala, donde se encuentran temperaturas ambientales más altas que las del altiplano central y occidental. Sin embargo, entre Poptún y Jutiapa existe una compleja barrera geográfica conformada por el lago de Izabal, la Sierra de las Minas y el bosque seco-espinoso. Es probable que los hongos de ambas zonas tengan un origen común y que hayan sido separados por los cambios geológicos (inundaciones y emersiones) que sufrió el territorio nacional durante la última era geológica (Eoceno-Plioceno), así como por la co-migración de especies desde el este de Norteamérica que mencionan Halling y Mueller (2002), en sus estudios sobre agaricales y boletales en Costa Rica.

Es necesario agregar que varias de las especies nominadas en la tabla 1 fueron identificadas inicialmente con nombres de especies europeas y mexicanas, pues eran los referentes a finales de la década de 1990. Sin embargo, hoy en día muchas especies de hongos en Mesoamérica deben ser revisadas e incluso reclasificadas, pues difieren en sus estructuras microscópicas (esporas, basidios, cistidios, cutículas) y sobre todo genéticamente, como ha sucedido con *A. persicina*, antes considerada una variedad de *A. muscaria* (Tulloss et al., 2015). Respecto a esta especie, es importante señalar su hallazgo en Poptún en 1997, aunque no fue publicado en su tiempo. Esta ha sido citada únicamente en la zona este de EEUU (Tulloss et al., 2015) y recientemente en Belice (T. Baroni, comunicación personal, 20 noviembre 2016).



En Guatemala, *A. muscaria* se encuentra en bosques de pino arriba de los 2000 m.s.n.m. mientras que *A. persicina* en bosques de *P. caribaea* de Poptún y Belice, alrededor de los 400-500 m.s.n.m. El aspecto etnomicológico-bioquímico sobre esta especie es muy interesante y ha sido poco estudiado en Guatemala, por lo que se hacen algunas observaciones. Lowy (1972), identificó como *A. muscaria* un jeroglífico en el código de Madrid, e interpretó que ésta era utilizada por un personaje que comete auto sacrificio, posiblemente bajo los efectos alucinógenos del hongo (Torres, 1994). Posteriormente, Lowy (1977) mencionó que, en los alrededores de Cobán, personas de la etnia K'ekchi' conocían *A. muscaria* con el nombre de *rocox aj tza* (hongo del diablo). Teniendo en cuenta la distribución altitudinal de ambas especies y la diferencia de color rojo a naranja-amarillento, es probable que el hongo de Cobán sea *A. persicina* y que también esta especie produzca efectos alucinógenos y/o tóxicos en quien lo consuma. Por otra parte, durante años se ha sostenido que el Código de Madrid o Tro-Cortesiano fue escrito en Yucatán, basándose en el lenguaje; sin embargo, *P. caribaea* no existe en Yucatán y *A. persicina* es un simbionte micorrízico de pino, lo que sugiere que este código posiblemente fue escrito en una región Maya con presencia de *Pinus*. Coe y Kerr, citados por García (2000), especulan la procedencia del Código de Madrid en torno a Tayasal (ciudad ubicada en el lago Petén Itzá), donde *P. caribaea* es nativo. Otra posibilidad es que los cuerpos fructíferos de *A. persicina* se colectaran en lo que actualmente es Petén y Belice y lo llevaran hasta la zona occidental de Yucatán, México, donde Thompson, (citado en Ayala 2006), considera que pudo haber sido escrito este código. Si se tratara de *A. muscaria*, ésta debía ser obtenida en bosques del altiplano mexicano o guatemalteco con mayor altitud. El dilema sobre el origen aún

no ha podido ser aclarado pero Ayala (2006) indica que puede ser una copia del código de Dresde, con modificaciones, destinada a una población maya particular sin identificar.

En cuanto a hongos comestibles se constató que el consumo es mínimo, siendo *L. indigo* el único reconocido por algunas personas que migraron de regiones montañosas de la zona oriental de Guatemala hacia Poptún. Sin embargo, algunas personas mencionaron el consumo de *S. commune* y su nombre local, xikin ché, el cual fue previamente reportado por Sommerkamp (1990). El escaso conocimiento de los pobladores sobre la diversidad de especies comestibles y su uso, hacen considerar al departamento de Petén como una región micófoba, en relación al occidente de Guatemala, donde existe una larga tradición de consumo y conocimiento de más de 80 especies comestibles (Bran, Morales, Cáceres, & Flores, 2003; Flores, Comandini & Rinaldi, 2011; Morales, Bran, & Cáceres 2010).

Considerando el endemismo fúngico en la zona, los distintos patrones de distribución en el país, la presión que sufren los bosques de *P. caribaea* en Petén y la importancia histórico-social de la zona, se recomienda continuar con estudios de diversidad fúngica, promover la restauración ecológica con especies locales, incentivar la reforestación de bosques de pino utilizando hongos nativos que favorezcan su crecimiento y resistencia a la sequía, así como profundizar en el análisis filogenético y bioquímico de especies locales para conocer no solo su correcta identidad taxonómica, sino también para investigar sobre otras utilidades.

### Agradecimientos

Al Ing. José Gálvez, por su apoyo en las gestiones institucionales y muestreos en Poptún; a José María González, por algunas de las fotografías de este artículo; y de manera

especial, a Carole A. DeVine, por permitirnos muestrear en la Finca Ixobel, donde se encontró *Boletus guatemalensis*, y por su admirable actitud y esfuerzo en la preservación del bosque natural de Ixobel.

## Referencias

- Ayala, M. (2006). De la procedencia y el uso del Códice Madrid (Tro-Cortesiano). *Estudios de cultura Maya*, 27, 15-27.
- Baroni, T.J. (Sin fecha). *Amanita muscaria* var. *persicina*. New York: Neotropical Basidiomycetes. Recuperado de <http://facultyweb.cortland.edu/NeoTropical-Fungi/Belize/GenericPage.asp?vspecies=muscaria%20var.%20persicina&vgenusid=3&vCID=1>
- Bran, M., Morales, O., Cáceres, R., & Flores R. (2003). Contribución al conocimiento de los hongos comestibles de Guatemala. *Revista Científica*, de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia 1(1), 1-10.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (2002). *Planes maestros para las áreas protegidas del sur de Petén. Guatemala*. (Informe Técnico General). Guatemala: Autor.
- Culajay, F. (2001). *Descripción de las características de cultivo in vitro de cepas de hongos ectomicorrícicos aislados en Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Das, B.L., & Stephan, B.R. (1982). Provenance trial with *Pinus caribaea* Morelet and *P. pseudostrobus* Lindl. in Orisa, India. *Silvae genetica*, 31 (5-6), 203-208.
- Delgado, P., Piñero, D., Rebolledo, V., Jardón, L., & Chi, F. (2011). Genetic variation and demographic contraction of the remnant populations of Mexican Caribbean pine (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*: Pinaceae). *Annals of forest science*, 68(1), 121-128. doi: 10.1007/s13595-011-0013-2.
- Farjon, A., & Styles, B.T. (1997). *Pinus* (Pinaceae). *Flora neotropical, monograph 75*. New York, USA: New York Botanical Garden.
- Flores, R. & Simonini, G. (2000). Contributo alla conoscenza delle Boletales del Guatemala. *Rivista di micologia*, 43(2), 121-145.
- Flores R. (2003). *Lactarius sección Dapetes y Boletus grupo Edulis en Guatemala. Micorrización y estudio filogenético*. (Tesis de doctorado). Universidad de Murcia, España.
- Flores, R., Díaz, G., & Honrubia, M. (2007). *Lactarius Section Deliciosi in Guatemala: a clue to understand the puzzle*. 5th International workshop on edible mycorrhizal mushrooms IWEMM5. Chuxiong, China.
- Flores, R., & Reina J. (2013). *Molecular analysis of Lactarius Section Deliciosi of Guatemala: new species for the Section and identification of complexes*. En R. Flores (Presidencia). 7th International workshop on edible mycorrhizal mushrooms IWEMM7. La Antigua Guatemala. Guatemala.
- Flores, R., Comandini, O., & Rinaldi, A.C. (2012). A preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge.

- Mycosphere*, 3(1), 1-21. doi: 10.5943/mycosphere/3/1/1
- García, A. (2000). El Códice Tro-Cortesiano del Museo de América de Madrid. *Revista española de antropología americana*, 30, 9-25.
- Holdridge, L.R., Genke, W.C., Hatheway, W.H., Liand, T., & Tosi, J.A. (1971). *Forest environments in tropical life zones: A Pilot Study*. Oxford, England: Pergamon Press.
- Instituto Nacional de Estadística. (2003). *Censos nacionales XI de población y VI de habitación, 2002. Estimaciones poblaciones para el municipio de Poptún*. (Informe Técnico General). Guatemala: Autor.
- Lowy, B. (1972). Mushroom symbolism in Maya Codices. *Mycologia*, 64(4), 816-821.
- Lowy, B. (1977). Hallucinogenic Mushrooms in Guatemala. *Journal of psychedelic drugs*, 9(2), 123-125.
- Mazariegos, K., Lara, D., & Lara, A. (2014). *Contribución al conocimiento tradicional de los hongos en los municipios de Chimaltenango, San Martín Jilotepeque y Santo Domingo Xenacoj*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Miranda, E. (2001). *Evaluación de la capacidad antibiótica de cepas de hongos ectomicorrícicos frente a hongos incitantes del mal del talluelo, bajo condiciones de laboratorio, en pino (Pinus oocarpa)*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Morales, O., Bran, M.C., & Cáceres, R. (2010). Los hongos comestibles de uso tradicional en Guatemala. En: Martínez-Carrera, D., Curvetto, N., Sobal, M., Morales, P., & Mora, V.M. (Eds.). *Hacia un desarrollo sostenible del sistema de producción consumo de los hongos comestibles y medicinales en latinoamérica: avances y perspectivas en el siglo XXI* (pp. 437-464). Puebla, México: Red Latinoamericana de hongos comestibles y medicinales, colegio de posgraduados.
- Moura, V.P.G., & Dvorak, W.S. (2001). Provenance and family variation of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from Guatemala and Honduras, grown in Brazil, Colombia and Venezuela. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 36(2), 225-234.
- Moutanda, A., N'zala, D., & Kazotti, J.G.M. (1998-99). Croissance et forme des provenances des pins tropicaux au Congo. *Tropicicultura*, 16-17(4), 184-188.
- Municipalidad de Poptún, Consejo nacional de áreas protegidas, instituto nacional de bosques, The Nature Conservancy. (2007). *Plan maestro 2009-2013 del parque regional municipal La Enea, Poptún, Petén*. Guatemala: Autor
- Nuytinck, J., Miller, S., & Verbeken, A. (2006). Taxonomical treatment of the North and Central American species in *Lactarius* sect. *Deliciosi*. *Mycotaxon*, 96, 261-307.
- Ortiz-Santana, B., Lodge, D.J., Baroni, T.J., & Both, E.E. (2007). Boletes from Belize and the Dominican Republic. *Fungal diversity*, 27, 247-416.



- Osmundsen, T., & Halling, R.E. (2010). *Tylopilus oradivensis* sp. nov.: a newly described member of the *Tylopilus balloui* complex from Costa Rica. *Mycotaxon*, 113, 475–83.
- Peláez, L. (2007). *Estrategias del marketing mix para mejorar la calidad de vida de la población en extrema pobreza de Poptún, Petén*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad del Istmo, Guatemala.
- Quezada, M., Rodas, L.R., & Marroquín, A. (2016). *Diversidad de encinos en Guatemala; una alternativa para bosques energéticos, seguridad alimentaria y mitigación al cambio climático. Fase I. Las Verapaces y Petén*. (Informe de investigación 2015-18). Guatemala, Guatemala: Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Reyes, M. (2004). *Síntesis de micorrizas en Pinus caribaea con cepas nativas de Pisolithus tinctorius y Scleroderma sp. en contenedor*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Rivera, W. (2007). *Costos y rentabilidad de unidades pecuarias (engorde de ganado bovino). Municipio de Poptún, Departamento de Peten*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Sánchez, M., Ingrouille, M.J., Cowan, R.S., Hamilton, M.A., & Fay, M.F. (2014). Spatial structure and genetic diversity of natural populations of the Caribbean pine, *Pinus caribaea* var. *bahamensis* (Pinaceae), in the Bahaman archipelago. *Botanical journal of the linnean society*, 174, 359-393.
- Secretaría de planificación y programación de la presidencia. (2013). *Diagnóstico territorial de Petén*, Guatemala: Autor.
- Torres, M. (1994). Psicología, alucinógenos rituales mayas y Piedras Hongo. In: Ohi, K. & Torres, M. (Eds.). *Piedras Hongo*. Tokio, Japan: Tobacco & Salt Museum.
- Tulloss, R.E., Rodríguez, C., Hughes, K.W., Geml, J., Kudzma, L.V., Wolfe, B.E., & Arora, D. (2015). Nomenclatural changes in *Amanita*. II. *Amanitaceae*. *I(1)*, 1-6.
- Wright, J.A., Gibson, G.L., & Barnes, D. (1986). Provenance variation in stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *P. oocarpa* and *P. patula* ssp. *tecunumanii* in Zambia. *The commonwealth forestry review*, 65(1), 33-40.