

Artrópodos asociados a seis especies de hongos comestibles de ocurrencia natural en Manaus, Amazonas, Brasil.

Carlos Andre Amaringo-Cortegano¹, Ruby Vargas-Isla², José Wellington de Moraes³, Noemia Kazue Ishikawa⁴

1. Biólogo, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Escuela de Formación Profesional de Biología, Plaza Serafín Filomeno s/n, Iquitos, Perú. E-mail: carlosand8@hotmail.com

2. Agrónoma, Magister en Agricultura en el Trópico Húmedo y Doctora en Botánica en el Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus – INPA, Coordinación de Biodiversidad, Av. André Araújo, 2936, Manaus, Amazonas, Brasil. CEP: 69067-375. E-mail: rubyvar9@gmail.com

3. Agrónomo, Doctor en Entomología e investigador del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Centro de Pesquisas de Produtos Florestais, División de Entomología, Av. André Araújo, 2936, Manaus, Amazonas, Brasil. CEP: 69083-000. E-mail: morais@inpa.gov.br

4. Bióloga, Doctora en Recursos Naturales e investigadora del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Coordinación de Biodiversidad, Av. André Araújo, 2936, Manaus, Amazonas, Brasil. CEP: 69067-375. E-mail: noemia@inpa.gov.br

RESUMEN. Los artrópodos pueden afectar directamente el desarrollo micelial y de basidiomas, siendo el cultivo de hongos una actividad perjudicada, produciéndose daños reflejados en pérdidas de producción y calidad del hongo. De ahí la importancia del conocimiento de artrópodos asociados a hongos comestibles en estados silvestres puede ayudar en el establecimiento de sistemas de prevención, que permitan controlar y manejar las posibles plagas potenciales de especies de hongos en el futuro. Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo determinar artrópodos asociados a seis especies de hongos comestibles de ocurrencia natural en Manaus-Amazonas-Brasil. Las muestras de artrópodos pertenecieron a colectas de basidiomas de *Lentinula raphanica*, *Favolus brasiliensis*, *Oudemansiella cf. platensis*, *Panus strigellus*, *Pleurotus djamor* y *Pleurotus sp.*, encontrados en diferentes zonas de Manaus, desde noviembre del 2008 hasta mayo del 2011. Los grupos de artrópodos encontrados con mayor frecuencia fueron Staphylinidae (Coleoptera) en *L. raphanica*, *P. strigellus* y *Pleurotus sp.*; Siphonophorida (Diplopoda) en *O. cf. platensis*; Mesostigmata (Acari) en *F. brasiliensis* y *P. djamor*. Además, se observó que Staphylinidae (Coleoptera) y Formicidae (Hymenoptera) se encontraron asociados a las especies de hongos comestibles en estudio, excepto en *O. cf. platensis*. De esta manera podemos afirmar que los artrópodos asociados a hongos comestibles amazónicos con potencial de cultivo, se constituyen por ser posibles plagas y considerando los daños causados por artrópodos podrían afectar la calidad comercial de los hongos en un cultivo comercial.

Palabras clave: cultivo de hongos; plagas potenciales; basidioma; micofagia.

ABSTRACT. Arthropods associated with six edible mushrooms species and naturally occurrence in Manaus, Amazonas, Brazil. Arthropods could be directly affect mycelial growth and basidiome, being the mushroom cultivation, an impaired activity, resulting in damage reflected in loss of production and the fungus quality. Of there the importance of knowledge of arthropods associated to wild edible mushrooms could help in establishment prevention system that allow the control and manage possible potential pest of edible mushrooms species in the future. Thus, this study aimed to determine arthropods associated with six edible mushrooms species which are in natural occurrence in Manaus-Amazonas-Brazil. Samples belong to basidiome of *Lentinula raphanica*, *Favolus brasiliensis*, *Oudemansiella cf. platensis*, *Panus strigellus*, *Pleurotus djamor* and *Pleurotus sp.*, found in different areas of Manaus from November 2008 to May 2011. The arthropod groups with greater frequency were Staphylinidae (Coleoptera) in *L. raphanica*, *P. strigellus* and *Pleurotus sp.*; Siphonophorida (Diplopoda) in *O. cf. platensis*; Mesostigmata (Acari) in *F. brasiliensis* and *P. djamor*. Also Staphylinidae (Coleoptera) and Formicidae (Hymenoptera) were found as an association with all the edible fungi studied, except *O. cf. platensis*. These results affirm the arthropods associated to Amazonian edible mushrooms with cultive potential, are constituted to possible pests and considering the damage could be affect the mushroom commercial quality in a commercial cultive.

Keywords: mushroom cultivation; potential pests; fruit body; micofagy.

1. Introducción

La Amazonía es escenario de una magnífica diversidad de hongos, los cuales cumplen un rol importante en los ecosistemas, actuando en procesos fundamentales del mantenimiento de la vida como la descomposición de materia orgánica y el ciclaje de nutrientes (MUELLER; SCHMIT, 2007; BRAGANETO et al., 2008; MOREIRA et al., 2008). De estos organismos, por lo menos 2 mil presentan varios grados de comestibilidad, siendo cultivadas cerca de 35 especies de hongos, las cuales son predominantemente de ocurrencia natural de Europa y Asia (VARGAS-ISLA; ISHIKAWA, 2008). No obstante, muchos hongos silvestres tienen gran importancia alimenticia para diversos grupos indígenas en América del Sur (PRANCE, 1972, 1973, 1984; FIDALGO; PRANCE, 1976; FIDALGO; HIRATA, 1979; BARDALES, 1997; ZENT et al., 2004; VARGAS-ISLA; ISHIKAWA, 2008; VASCO-PALACIOS et al., 2008), además de presentar potencial de cultivo. En ese sentido, Vargas-Isla et al. (2012) sostienen que la Amazonía presenta un escenario favorable para el desarrollo del cultivo de hongos con especies nativas.

Entre las especies de hongos de ocurrencia natural en la Amazonía brasileña y que presentan potencial de cultivo, encontramos *Lentinula raphanica* (Murril) Mata & R.H. Petersen, que en julio del 2007, en el Campus III del Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) fue relatado como la primera ocurrencia de ésta especie para el Estado de Amazonas (CAPELARI et al., 2010). *Lentinula raphanica* pertenece al mismo género del hongo comestible “shiitake” (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler), siendo encontrada frecuentemente en cantidades generosas en troncos de árboles caídos en el bosque. Varco-Palacios et al. (2008) relataron el uso de *L. raphanica* en Colombia por los indígenas Uitoto y Andoke, considerado por ellos un alimento sano, utilizado en la dieta de niños, mujeres embarazadas y enfermos. Al pertenecer al mismo género que *L. edodes* se convierte en un recurso valioso para el cultivo de hongos

amazónicos. Así mismo, encontramos a *Panus strigellus* (Berk.) Overh. (= *Lentinus strigellus* Berk.), que posee un crecimiento micelial óptimo entre 35 °C y 40 °C (VARGAS-ISLA; ISHIKAWA, 2008), temperaturas típicas amazónicas, por esta razón su cultivo podría ser una alternativa económica y real de desarrollo sostenible. También se ubica en este grupo a *Pleurotus* spp. que presenta un gran número de especies comestibles que se caracterizan por la producción mundial en grandes escalas, siendo el segundo después de *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach (IBEKWE et al., 2008; CARVALHO et al., 2010; SÁNCHEZ, 2010). Del mismo modo, encontramos a *Favolus brasiliensis* (Fr.) Fr. y *Oudemansiella* sp., que son comunes en territorios de la Amazonía brasileña y utilizados en cultivos experimentales con residuos lignocelulolíticos (RUEGGER et al., 2001; OMARINI et al., 2009).

Uno de los principales problemas para el cultivo de hongos son las plagas por insectos, produciendo importantes danos en la producción y calidad de los hongos, pues son plagas que afectan directamente el desarrollo micelial y de los cuerpos fructíferos (PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990; QUIMIO et al., 1990; SASAKAWA, 1992; BARRETO et al., 2002; MOREIRA et al., 2010). El micelio representa un recurso alimenticio para muchos artrópodos (HAMMOND; LAWRENCE, 1989), como Acari (SCHNEIDER; 2005), Coleoptera (WITTE; MASCHWITZ, 2008; VASCO-PALACIOS et al., 2008; MOREIRA et al., 2010), Collembola (TSUNEDA; ARITA, 1982; WITTE; MASCHWITZ, 2008; OLIVEIRA, 2009), Diplopoda (WITTE; MASCHWITZ, 2008), Diptera (SASAKAWA, 1992; VASCO-PALACIOS et al., 2008), Formicidae (WITTE; MASCHWITZ, 2008; EVANS et al., 2011), Hymenoptera (VASCO-PALACIOS et al., 2008), Isoptera (PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990), entre otros. En el medio natural, esta asociación artrópodo-hongo comestible, ofrece ventajas estratégicas para los hongos, siendo una de ellas la diseminación de las

esporas (WITTE; MASCHWITZ, 2008), pero tiene un efecto negativo para la producción industrial de hongos.

Grupos como Termitidae son considerados como una de las mayores plagas para la producción de hongos comestibles (PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990). De igual modo, las familias Erotylidae, Endomychidae, Tenebrionidae y Ciidae del orden Coleoptera presentan especies exclusivamente micetófagas que además forman galerías en los cuerpos fructíferos (PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990; VASCO-PALACIOS et al., 2008; MOREIRA et al., 2010), dañando estructuras internas del hongo. Así mismo, hembras adultas de Diptera pertenecientes a las familias Phoridae, Mycetophilidae y Sciaridae depositan sus huevos sobre cuerpos fructíferos y conforme las larvas van creciendo elaboran galerías, dañando al hongo (PRZYBYLOWICZ Y DONOGHUE, 1990). Entre tanto, los Collembola regulan el crecimiento de hongos en el suelo y desarrollan un papel importante en la diseminación de hongos hacia nuevos substratos (OLIVEIRA, 2009); sin embargo, en grandes cantidades son un peligro para la cosecha tanto en medio natural como en medios de producción artificial (TSUNEDA; ARITA, 1982; PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990). Existen además numerosos Acari, Gastropoda (babosas y caracoles) y Myriapoda que representan un problema para el cultivador (PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990).

Teniendo en cuenta el potencial de cultivo que representan muchas especies de hongos comestibles de la Amazonía, se considera de importancia el determinar la composición y biología de artrópodos asociados a estos hongos, puesto que estos artrópodos pueden tornarse posibles plagas. Para poder establecer futuros métodos de control, minimizando o eliminando los daños que puedan causar a cosechas de hongos (PRZYBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990; QUIMIO et al., 1990), reduciendo el uso de sustancias químicas, que generan resistencia en artrópodos, así como problemas de sabor en el hongo (JESS; SCHWEIZER, 2009) y presentar posibles

reacciones secundarias en el consumidor. Por ese motivo, este trabajo tuvo como objetivo determinar los artrópodos asociados a seis especies de hongos comestibles de ocurrencia natural en Manaus, Amazonas-Brasil, pretendiendo sentar las bases en el conocimiento de posibles plagas asociadas a hongos comestibles amazónicos con potencial de cultivo.

2. Material y Métodos

El trabajo fue desarrollado en Manaus-Amazonas-Brasil desde noviembre del 2008 hasta mayo del 2011, seleccionando tres lugares para la colecta de los cuerpos fructíferos de hongos comestibles, siendo estos lugares el área urbana del Campus III del INPA (3°5'31.6"S, 59°59'36.4"W), la Reserva Biológica da Campinas (2°29'22"S, 60°1'18"W) y el área rural de Puraquecuará. Las especies de hongos seleccionadas para el estudio, se caracterizan por presentar potencial para cultivo y son de ocurrencia natural en la Amazonía brasileña, siendo las siguientes: *L. raphanica*, *F. brasiliensis*, *Oudemansiella* cf. *platensis* (Speg.) Speg., *P. strigellus*, *Pleurotus djamor* (Rumph. Ex Fr.) Boedijn y *Pleurotus* sp.. Las visitas a los lugares de colecta fueron esporádicas como parte de las visitas programadas por el Grupo de Investigación "Cogumelos da Amazônia" del INPA.

Para la colecta de artrópodos procedentes de cuerpos fructíferos de los hongos en estudio, se hicieron recorridos por los lugares seleccionados en diferentes épocas del año, procediendo en primer lugar a visualizar el hongo. Posteriormente, se procedió a acercarse lentamente y en silencio a fin de no alertar a los posibles artrópodos presentes en el cuerpo fructífero; luego se sujetó el estipe del hongo para retirar el cuerpo fructífero completo y trasladarlo inmediatamente al envase colector. En el laboratorio fueron separados los artrópodos adultos encontrados, para luego separar larvas del interior de los cuerpos fructíferos. Todas las muestras colectadas fueron transferidas a envases pequeños y conservadas en alcohol al 70 %. La determinación de artrópodos se realizó con la ayuda de estereoscopio, claves de

identificación y textos entomológicos (BORROR; DE LONG, 1988; DINDAL, 1990; VARGAS-NIÑO et al., 2005; OSPINA-SÁNCHEZ et al., 2009). Las muestras de *L. raphanica*, *F. brasiliensis*, *O. cf. platensis*, *P. strigellus*, *P. djamor* y *Pleurotus* sp. y fueron identificadas por análisis morfológico utilizando textos de identificación (CAPELARI et al., 2010; SOTOME et al., 2013; PETERSEN et al., 2008; PEGLER, 1983; MENOLLI et al., 2010). Exsiccatas de los hongos fueron depositadas en el Herbario del INPA (registro en Tabla 1). Finalmente, los resultados se muestran en una tabla de frecuencias relativas, expresando la abundancia y riqueza de la comunidad de artrópodos micófitos asociados a cada una de las especies de hongos comestibles en estudio.

3. Resultados

Se encontraron un total de cinco taxas mayores de artrópodos en los cuerpos fructíferos de las seis especies de hongos comestibles incluidas en el estudio. Los artrópodos encontrados pertenecen a los grupos Hexapoda, Crustacea, Arachnida, Chilopoda y Diplopoda. Se encontraron un total 8 morfoespecies y 2 especies de artrópodos en los cuerpos fructíferos de las 6 especies de hongos comestibles incluidas en el estudio. Las 8 morfoespecies y 2 especies pertenecen a 9 familias en 14 Ordenes, siendo los Ordenes Coleoptera y Diptera los mas diversos (Coleoptera 5 familias: Staphylinidae, Curculionidae, Carabidae, Ptiliidae, y Nitidulidae; Diptera en estado inmaduro). Los grupos de artrópodos identificados en basidiomas de los hongos comestibles en el estudio y las frecuencias de colecta se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Artrópodos colectados de basidiomas de hongos comestibles en Manaus, Amazonas-Brasil

Grupo de artrópodo	Frecuencia relativa de artrópodos (%) por especie de hongo colectado					
	<i>Lentinula raphanica</i> (INPA230870, INPA239973) *	<i>Favolus brasiliensis</i> (INPA239977)	<i>Oudemansiella cf. platensis</i> (INPA239975)	<i>Panus strigellus</i> (INPA222827, INPA239979)	<i>Pleurotus djamor</i> (INPA239976)	<i>Pleurotus</i> sp. (INPA239980)
COLEOPTERA			-			
Staphylinidae	45,74	8,09		47,64	9,25	88,61
Curculionidae	-	0,85		-	-	-
Carabidae inmaduros	-	2,55		-	-	-
Ptiliidae	-	-		0,47	-	-
Nitidulidae	-	-		-	-	1,27
Otros Coleoptera adultos	-	-		29,72	-	1,27
Inmaduros	11,70	-		1,42	0,44	1,27
DIPTERA			-		-	-
Adultos	-			3,77		
Inmaduros	31,91			9,91		
HEMIPTERA						-
Cicadidae (ninfa)					0,44	
HYMENOPTERA			-			
Formicidae	7,45	3,83		1,89	0,44	7,59
<i>Solenopsis</i> sp.	+	-		-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 1	+	-		-	-	-

Formicidae-pupas	+	-	-	-	-
<i>Crematogaster brasiliensis</i>	-	+	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 2	-	+	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 3	-	+	-	-	-
<i>Brachymyrmex</i> sp.	-	+	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 4	-	-	-	-	+
<i>Wasmannia auropunctata</i>	-	-	-	-	+
ISOPTERA		-	-	0,88	-
Termitidae	1,06			-	
LEPIDOPTERA	-	0,43	-	-	-
Inmaduros	-	0,43			
ACARI	-		-		-
Mesostigmata		77,02		0,47	73,57
Oribatida		0,85		0,47	0,44
<i>Schelorbates</i> sp.		-		-	0,88
COLLEMBOLA	-				3,08
Poduromorpha		2,98	12,5	0,47	-
Sminthuridae		-	-	2,36	-
CRUSTACEA		-	-	-	-
Isopoda	1,06				
CHILOPODA	-	-	-		-
Scolopendromorpha				-	
<i>Tidops</i> sp.				0,47	
DIPLOPODA				-	-
Siphonophorida	1,06	2,98	87,5		10,57
PSOCOPTERA	-	-	-	0,47	-
THYSANOPTERA	-	-	-	0,47	-
TOTAL	100	100	100	100	100

(*) Número de registro en el Herbario-INPA; (+) artrópodo encontrado en los basidiomas, pero no fue cuantificado; (-) no encontrado.

Los grupos de artrópodos encontrados con mayor frecuencia por cada especie de hongo comestible en estudio fueron Staphylinidae (Coleoptera) (Figura 1A) en *L. raphanica* (45,74%) (Figura 1B), *P. strigellus* (47,64%)

(Figura 1C) y *Pleurotus* sp. (88,61%); Siphonophorida (Diplopoda) en *O. cf. platensis* (87,5%) (Figura 1D); Mesostigmata (Acari) (Figura 1E) en *F. brasiliensis* (77,02%) (Figura 1F) y *P. djamor* (73,57%) (Figura 1G).



Figura 1. Artrópodos encontrados en los basidiomas colectados en la región de Manaus. (A) adulto de Staphylinidae (Coleoptera); (B) basidiomas de *Lentinula raphanica* e (C) *Panus strigellus* infestados por artrópodos; (D) basidioma de *Oudemansiella* cf. *platensis* en asociación con Diplopoda (Siphonophorida); (E) adulto de Mesostigmata (Acari) en vista ventral; (F) basidiomas de *Favolus brasiliensis* infestados por artrópodos; (G) Staphylinidae (Coleoptera) infestando basidiomas de *Pleurotus djamor*; y (H) espécimen adulto de Formicidae (Hymenoptera). Barras de basidiomas 2 cm, Barras de artrópodos 1 mm.

En cuanto a la distribución de la comunidad de artrópodos reportados con relación a los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles en estudio, se observó que las familias Staphylinidae (Coleoptera) y Formicidae (Hymenoptera) se encontraban en todas las especies de hongos en estudio, excepto en *O. cf. platensis*, con mayor

frecuencia en *Pleurotus* sp. (88,61% y 7,59% para Staphylinidae y Formicidae, respectivamente) y *L. raphanica* (45,74% y 7,45% para Staphylinidae y Formicidae, respectivamente), para ambas familias. Así mismo, se observó que los grupos Siphonophorida (Diplopoda) e inmaduros de Coleoptera estaban asociados a cuatro especies

de hongos comestibles en estudio; siendo Siphonophorida la más frecuente en *O. cf. platensis* (87,5%) y *P. djamor* (10,57%), así como inmaduros de Coleoptera fueron más frecuentes en *L. raphanica* (11,70%) y *P. strigellus* (1,42%). También fue observado que los artrópodos pertenecientes al Orden Acari (Arachnida) estaban asociados a las mismas especies de hongos. En ese sentido, Mesostigmata y Oribatida se encontraban asociados a *F. brasiliensis* (77,02% y 0,85%, respectivamente), *P. strigellus* (0,47% para ambos casos) y *P. djamor* (73,57% y 0,44%, respectivamente); la especie *Schelorbates* sp. (Oribatida) fue encontrada asociada solamente a *P. djamor* (0,88%).

Por otro lado, el hongo en estudio que presentó mayor diversidad de artrópodos asociados fue *P. strigellus*, encontrándose en 14 taxas, siendo los de mayor frecuencia Staphylinidae (Coleoptera) (47,64%), inmaduros de Diptera (9,91%) e adultos Coleoptera no identificados (29,72%). Por el contrario, el hongo con menor diversidad de artrópodos asociados fue *O. cf. platensis*, registrándose solamente a Poduromorpha (Collembola) y Siphonophorida (Diplopoda).

Existieron grupos de artrópodos que no fueron contabilizados independientemente, pero se consideró importante incluirlos en el reporte, porque indican asociación. Entre ellos se encuentran a *Solenopsis* sp., *Pheidole* sp.1, y pupas (Formicidae) en *L. raphanica*; *Crematogaster brasiliensis*, *Pheidole* sp.2, *Pheidole* sp.3 y *Brachymyrmex* sp. (Formicidae) en *F. brasiliensis*; así como, *Pheidole* sp.4 y *Wasmannia auropunctata* (Formicidae) en *Pleurotus* sp.

Los grupos de artrópodos determinados por cuerpo fructífero de los hongos comestibles en estudio y las frecuencias de colectan se muestran en la Tabla 1.

4. Discusión

Los escarabajos estafilínidos (Staphylinidae) presentan hábitos alimenticios variados, así por ejemplo aquellos que son depredadores no son micetobiontes estrictos, es decir, no son dependientes de hongos. Otros estafilínidos, tales como Oxyporinae, algunos *Sepedophilus*

spp. y Scaphidiinae, son micófagos estrictos, es decir que se alimentan solamente de hongos (CLINE; LESCHEN, 2005). Entre tanto, con respecto a la ocurrencia de artrópodos en varias de las especies de hongos aquí estudiadas como Staphylinidae (Coleoptera), Formicidae (Hymenoptera), inmaduros de Coleoptera, Siphonophorida (Diplopoda); Mesostigmata y Oribatida (Acari), entre las principales, Vasco-Palacios et al. (2008) y Witte y Maschwitz (2008) relatan que los artrópodos encontrados en cuerpos fructíferos son principalmente micófagos, y en ese sentido ampliamente generalistas, debido posiblemente a la corta duración de los basidiomas en los ecosistemas. Ellos encontraron que la gran mayoría de especies de hongos presentaban la misma composición de artrópodos, lo cual coincide con los resultados de este estudio, reportándose poca riqueza de artrópodos asociados (Tabla 1). Vasco-Palacios et al. (2008) reportan asociaciones de artrópodos de la familia Erotylidae y Staphylinidae (Coleoptera) con *L. raphanica*. Sin embargo, este trabajo amplía asociaciones de *L. raphanica* con otros artrópodos reportando por primera vez los taxa Diptera (estadios inmaduros), Formicidae en adultos – *Solenopsis* sp. y *Pheidole* sp.1 – y pupa (Formicidae), Termitidae (Isoptera), Isopoda (Crustacea) y Siphonophorida (Diplopoda).

Este trabajo reporta baja frecuencia de Termitidae, siendo 1.06 % en *L. raphanica* y 0.88 % en *P. djamor*, contrastando con Abreu et al. (2011) quienes reportaron como principal grupo relacionado a hongos comestibles de la Amazonía a los géneros *Nasutitermes* y *Microcerotermes* (Termitidae:Isoptera) debido a su alimentación en base a celulosa y la capacidad de descomponer la pared celular fúngica. En ese sentido, Bandeira y Martius (2009) mencionan que los Isoptera presentan básicamente tres tipos de alimentación – madera, humus y hojas en descomposición – y que estos artrópodos pueden ser encontrados sobre cuerpos fructíferos de manera casual al alimentarse de madera en descomposición, empudrecida por hongos. Adicionalmente

Przybylowicz y Donoghue (1990) son enfáticos al considerar a los Isoptera como una de las mayores plagas en el substrato de producción de hongos comestibles pero no en el cuerpo fructífero. Sin embargo, los Isoptera pueden alimentarse con mayor rapidez del substrato de producción, dejando al hongo cultivado sin nutrientes o sin substrato, provocando una baja productividad y eficiencia biológica e incluso la muerte del hongo.

Las observaciones realizadas en este estudio muestran que la presencia de larvas ocurre principalmente en la estructura interna del basidioma formando galerías, principalmente en el estipe, mientras que adultos fueron observados en el himenóforo del hongo. Tsuneda y Arita (1982) sostienen que este comportamiento se debe a que los adultos se sitúan sobre hongos para alimentarse de ellos y en el caso de hembras de Diptera para depositar sus huevos; mientras que las larvas utilizan la estructura interna como refugio, alimentándose de hifas, pues no poseen mandíbulas desarrolladas para alimentarse de esporas cuya pared celular es más resistente.

Este trabajo reporta principalmente la familia Staphylinidae tanto en *P. djamor* como en *Pleurotus* sp., así como a la familia Nitidulidae en *Pleurotus* sp. Para este género *Pleurotus* spp. fueron reportados artrópodos del género *Cis* (Ciidae: Coleoptera) desarrollándose en píleo y estipe del hongo (ABREU et al., 2011) e individuos de la familia Tenebrionidae (Coleoptera) (VASCO-PALACIOS et al., 2008).

Ecológicamente la asociación hongo comestible-artrópodo permite la supervivencia de artrópodos usando como recurso alimenticio al hongo y la dispersión del hongo por medio del transporte de hifas o esporas sobre el cuerpo de artrópodos o en las heces (TSUNEDA; ARITA, 1982); sin embargo, en el sentido económico los artrópodos causan daños en el basidioma contribuyendo en la disminución del precio de la producción de hongos. La presencia de artrópodos, especialmente Coleoptera, en basidiomas de *Pleurotus* sp., ocasiona la caída de la producción comercial de hasta 20 % del

producto final (URBEN, 2001). Teniendo en cuenta que algunos artrópodos podrían ser exclusivamente micófagos, es importante considerar la posibilidad de infestación en cultivos de hongos comestibles en regiones tropicales.

De esta manera podemos afirmar que los artrópodos asociados a hongos comestibles amazónicos con potencial de cultivo, se constituyen por ser posibles plagas y considerando los daños causados por artrópodos podrían afectar la calidad comercial de los hongos en un cultivo comercial. La frecuencia de estos artrópodos encontrados, está relacionado con el ambiente de crecimiento del basidioma. Por lo que el conocimiento de artrópodos asociados a hongos comestibles en estados silvestres puede ayudar en el establecimiento de sistemas de prevención, que permitan controlar y manejar las posibles plagas potenciales de estas seis especies de hongos en el futuro.

5. Agradecimientos

La investigación fue financiada por la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) Programa PIPT, a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) Programa PNADB y al Centro de Estudos Integrados de Biodiversidade Amazônica (CENBAM). La segunda autora está agradecida por la bolsa de estudios otorgada por el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Los autores agradecen a la Dra. Marina Capelari, Instituto de Botânica, por la identificación taxonómica de los hongos y a la Dra. Elizabeth Franklin por la identificación de los ácaros.

6. Referencias

ABREU, R. L. S.; SALES-CAMPOS, C.; VIANEZ, B. F.; JESUS, M. A. Relação insetos versus cogumelos comestíveis e outros fungos xilófagos em substratos lenhosos. In: SALES-CAMPOS, C.; VAREJÃO, M. J. C. (Ed.). **Bioconversão de resíduos lignocelulolíticos da Amazônia para cultivo de cogumelos comestíveis**. Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2011. p. 29-33.

- BANDEIRA, A. G.; MARTIUS, C. Isoptera. In: FONSECA, C. R. V.; MAGALHÃES, C.; RAFAEL, J. A.; FRANKLIN, E. (Org). **A fauna de Artrópodos da Reserva Florestal Ducke: estado atual do conhecimento taxonômico e biológico**. Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009. p. 86-102.
- BARDALES, L. M. Los Hongos o setas: alternativas de suplemento alimenticio en la Región Loreto. **Bosques Amazónicos**, v. 3, p. 8, 1997.
- BARRETO, M. R.; ISHIKAWA, N. K.; ALBINO, U. B.; ANDRADE-NOBREGA, G. M.; PACCOLA-MEIRELLES, L. D. Insects associated with edible mushroom *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (Agaricales: Agaricaceae) cultivation in Brazil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 23, p. 83-86, 2002.
- BOA, E. **Wild edible fungi**. A global overview of their use and importance to people. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2004.
- BORROR, D.; DE LONG, B. **Introdução ao estudo dos insetos**. Ed. Edgar. Blücher, São Paulo, 1988.
- BRAGA-NETO, R.; LUIZÃO, R. C. C.; MAGNUSSON, W. E.; ZUQUIM, G.; CASTILLO, C. V. Leaf litter in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, p. 2701-2712, 2008.
- CAPELARI, M.; ASAI, T.; ISHIKAWA, N. K. Occurrence of *Lentinula raphanica* in Amazonas State, Brazil. **Mycotaxon**, v. 113, p. 355-364, 2010.
- CLINE, A. R.; LESCHEN, R. A. B. Coleoptera associated with the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* Fries, in North America. **Southeastern Naturalist**, v. 4, p. 409-420, 2005.
- DINDAL, D. L. **Soil Biology Guide**. Ed. John Wiley & Sons, New York, 1990.
- EVANS, H. C.; ELLIOT, S. L.; HUGHES, D. P. Hidden diversity behind the zombie-ant fungus *Ophiocordyceps unilateralis*: four new species describe from carpenter ants in Minas Gerais, Brasil. **Plos one**, v. 6, n. 3, p. e17024, doi:10.1371/journal.pone.0017024, 2011.
- FIDALGO, O.; HIRATA, J. M. Etnomicologia Caiabi, Txicão e Txucarramãe. **Rickia**, v. 8, p. 1-5, 1979.
- FIDALGO, O.; PRANCE, G. T. The ethnomycology of the Sanama Indians. **Mycologia**, v. 68, p. 201-210, 1976.
- JESS, S.; SCHWEIZER, H. Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: a comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. **Pest Management Science**, v. 65, p. 1195-1200, 2009.
- MENOLLI, N.; ASAI, T.; CAPELARI, M.; PACCOLA-MEIRELLES, L. D. Morphological and molecular identification of four brazilian comercial isolates of *Pleurotus* spp. and cultivation on corncob. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 2, p. 397-408, 2010.
- MINHONI, M. T. A.; ANDRADE, M. C. N.; ZIED, D. C.; KOPYTOWSKI FILHO, J. **Cultivo de *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (Shiitake)**. 3. ed. FEPAF, Botucatu, 2007.
- MOREIRA, F. G.; MOREIRA, C. C.; ANDALÓ, V.; MOINO JUNIOR, A.; MARTOS, E. T.; DIAS, E. S.; LOPES, P. L. Occurrence and characterization of injuries caused by *Mycotretus apicalis* Lacordaire, 1842 (Coleoptera: Erotylidae) on cultivation of *Pleurotus sajor-caju*. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 26, p. 573-575, 2010.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. **Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros**. Ed. Universidade Federal de Lavras-UFLA, 2008.
- MUELLER, G. M.; SCHMIT, J. P. Fungal biodiversity: What do we know? What can we predict? **Biodiversity Conservation**, v. 16, p. 1-5, 2007.
- OLIVEIRA, E. P. Collembola. In: FONSECA, C. R. V.; MAGALHÃES, C.; RAFAEL, J. A.; FRANKLIN, E. (Org). **A fauna de Artrópodos da Reserva Florestal Ducke: estado atual do conhecimento taxonômico e biológico**. Editora Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2009, p. 63-69.
- OMARINI, A.; LECHNER, B. E.; ALBERTÓ, E. *Polyporus tenuiculus*: a new natural occurring mushroom that can be industrially cultivated on agricultural waste. **Journal for Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 36, p. 635-642, 2009.
- OSPINA-SÁNCHEZ, C. M.; RODRIGUEZ, J. C.; PECK, D. C. Clave para la identificación de géneros de Collembola en agroecosistemas de Colombia. **Revista Colombiana de Entomología**, v. 35, p. 1-7, 2009.
- PEGLER, D. N. The genus *Lentinus*: a world monograph. **Kew Bulletin Additional Series**, v. 10, p. 1-273, 1983.
- PETERSEN, R. H.; DESJARDIN, D. E.; KRÜGER, D. Three type specimens designated in *Oudemansiella*. **Fungal Diversity**, v. 32, p. 81-96, 2008.
- PRANCE, G. T. An ethnobotanical comparison of four tribes of Amazonian Indians. **Acta Amazonica**, v. 2, p. 7-27, 1972.
- PRANCE, G. T. The mycological diet of the Yanomam Indians. **Mycologia**, v. 65, n. 1, p. 248-250, 1973.
- PRANCE, G. T. The use of edible fungi by Amazonian Indians. In: PRANCE, G. T.; KALLUNKI, J. A. (Eds.). **Ethnobotany in the Neotropics**. Advances in Economic Botany, 1984, p. 127-139.
- PRZYBYLOWICZ, P.; DONOGHUE, J. **Shiitake grower handbook**. The art and science of mushroom cultivation. Kendal/Hunt Publishing Company, Dubuque, IA, 1990.
- QUIMIO, T. H.; CHANG, S. T.; ROYSE, D. T. **Technical guidelines for mushroom growing in the tropics**. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 1990.
- RUEGGER, M. J. S.; TORNISIELO, S. M.; BONONI, V. L. R.; CAPELARI, M. Cultivation of the edible mushroom *Oudemansiella canarii* (Jungh.)

- Höhn. in lignocellulosic substrates. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, p. 211-214, 2001.
- SÁNCHEZ, C. Modern aspects of mushroom culture technology. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 64, p. 756-762, 2004.
- SÁNCHEZ, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 85, p. 1321-1337, 2010.
- SASAKAWA, M. Two new fungus gnats (Diptera: Mycetophilidae and Sciaridae) associated with cultivated shiitake mushroom. **Japanese Society of Applied Entomology and Zoology**, v. 27, p. 571-574, 1992.
- SCHNEIDER, K. **Feeding biology and diversity of oribatid mites (Oribatida, Acari)**. 2005. 127 p. Doctoral Theses, Technischen Universität Darmstadt, Germany, 2005.
- SOTOME, K.; AKAGI, Y.; LEE, S. S.; ISHIKAWA, N. K.; HATTORI, T. Taxonomic study of *Favolus* and *Neofavolus* gen. nov. segregated from *Polyporus* (Basidiomycota, Polyporales). **Fungal diversity**, v. 58, n. 1, p. 245-266, 2013.
- TSUNEDA, A.; ARITA, T. Mycophagous activity of a collembolan insect, *Hypogastrura reticulata* Börner on shiitake bed-logs. **Reports of the Tottori Mycological Institute**, v. 20, p. 70-75, 1982.
- URBEN, A. F. Pragas no cultivo de cogumelos e seu controle. In: URBEN, A. F.; OLIVEIRA, H. B. C.; VIEIRA, W.; CORREIA, M. J.; URIARTT, A. H. (Eds). **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, 2001, p. 139-151.
- VARGAS-ISLA, R.; HANADA, R. E.; ISHIKAWA, N. K. Sawdust and fruit residues of Central Amazonian for *Panus strigellus* spawn's production. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, p. 7-12, 2012.
- VARGAS-ISLA, R.; ISHIKAWA, N. K. Optimal conditions of in vitro mycelial growth of *Lentinus strigosus*, an edible mushroom isolated in the Brazilian Amazon. **Mycoscience**, v. 49, p. 215-219, 2008.
- VARGAS-NIÑO, A. P.; SANCHEZ-MUÑOZ, O. D.; SERNA-CARDONA, F. J. Lista de géneros de Termitidae (Insecta: Isoptera) de Colombia. **Biota Colombiana**, v. 6, p. 181-190, 2005.
- VASCO-PALACIOS, A. M.; SUAZA, S. C.; CASTAÑO-BETANCUR, M.; FRANCO-MOLANO, A. E. Conocimiento etnoecológico de los hongos entre los indígenas Uitoto, Muinane y Andoke de la Amazonía Colombiana. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 17-30, 2008.
- WITTE, V.; MASCHWITZ, U. Mushroom harvesting ants in the tropical rain forest. **Naturwissenschaften**, v. 95, p. 1049-1054, 2008.
- ZENT, E. L.; ZENT, S.; ITURRIAGA, T. Knowledge and use of fungi by a mycophilic society of the Venezuelan Amazon. **Economic Botany**, v. 58, p. 214-226, 2004.