

La identidad de la hojarasca de árboles tropicales determina la riqueza de hongos saprobios y la pérdida de biomasa

The identity of tropical tree litter determines the richness of saprobic fungi and the loss of biomass

Sergio Gómez-Cornelio^{1,2}, Alejandro Morón-Ríos^{1*}

¹El Colegio de la Frontera Sur. Av. Rancho, Polígono 2A, Ciudad Industrial de Lerma, CP. 24500. Campeche, Campeche, México.

²Universidad Politécnica del Centro. Carretera Villahermosa-Teapa Km. 22.5, CP. 86290. Centro, Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: amoron@ecosur.mx

Artículo científico recibido: 27 de junio de 2017 aceptado: 04 de mayo de 2018

RESUMEN. La descomposición de la hojarasca y la liberación de nutrientes depende de múltiples factores como la identidad y características de la hojarasca, las condiciones ambientales y los organismos involucrados, entre ellos la comunidad fúngica. El objetivo fue determinar la relación entre la hojarasca de *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* y *Cedrela odorata* con la pérdida de biomasa y la colonización fúngica, bajo condiciones de laboratorio a corto plazo. Se establecieron tratamientos monoespecíficos y en las combinaciones posibles de las hojas de las especies arbóreas mencionadas. Se aplicó humedad a cada tratamiento y se analizó la pérdida de biomasa de cada especie de hojarasca, así como la identidad de las especies de hongos en cada tratamiento. Se diferenciaron 48 morfoespecies de hongos, con mayor número de morfoespecies exclusivas para *Cedrela odorata*. La presencia de *Cedrela odorata* en las mezclas, incrementó la riqueza de morfoespecies de hongos para las otras especies de árboles, mientras que la presencia de *Bursera simaruba*, disminuyó esta variable, posiblemente por su composición química. A pesar del corto tiempo, se encontró pérdida de biomasa significativa en las mezclas de hojas con *Cedrela odorata* mientras que en las mezclas con *Piscidia piscipula* y *Bursera simaruba* no se encontraron diferencias significativas. También se observó que la pérdida de biomasa y la riqueza de morfoespecies de hongos fue determinada por la identidad de la hojarasca, más que por el número de especies en las mezclas de hojas.

Palabras clave: *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, morfoespecies fúngicas, *Piscidia piscipula*, similitud

ABSTRACT. The decomposition of litter and the release of nutrients depend on multiple factors such as the identity and characteristics of the litter, environmental conditions and the organisms involved, including the fungal community. The objective was to determine the relationship between the litter of *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* and *Cedrela odorata* with biomass loss and fungal colonization, under short-term laboratory conditions. Monospecific treatments were established and in the possible combinations of the leaves of the mentioned tree species. Moisture was applied to each treatment and the biomass loss of each litter species was analyzed, as well as the identity of the fungal species in each treatment. Forty-eight morphospecies of fungi were differentiated, with a greater number of exclusive morphospecies for *Cedrela odorata*. The presence of *Cedrela odorata* in the mixtures increased the richness of fungal morphospecies for the other tree species, while the presence of *Bursera simaruba* decreased this variable, possibly due to its chemical composition. Despite the short time, significant biomass loss was found in the leaf mixtures with *Cedrela odorata*, while in the mixtures with *Piscidia piscipula* and *Bursera simaruba* no significant differences were found. It was also observed that the loss of biomass and the richness of fungal morphospecies were determined by the identity of the litter, rather than by the number of species in the leaf mixtures.

Key words: *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, fungal morphospecies, *Piscidia piscipula*, similarity

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales se caracterizan por su alta diversidad y productividad, entre esta diversidad se encuentran los hongos saprobios, los cuales tienen múltiples funciones en el ecosistema, como la descomposición de la hojarasca (Zeugin *et al.* 2010). El reciclaje de nutrientes por los hongos facilita la transformación de moléculas orgánicas complejas a más simples, proceso clave en los ecosistemas para liberar los nutrientes de la materia vegetal muerta y promover la fertilidad del suelo (Carney y Matson 2006). Dependiendo de la identidad y las características químicas de las hojas de las especies arbóreas, a medida que la hojarasca se descompone, la composición química se modifica y la riqueza y diversidad de hongos saprobios varía de acuerdo a las condiciones ambientales, la biomasa y el grado de descomposición (Prakash *et al.* 2015).

Pocos estudios analizan la relación que existe entre las mezclas de hojarasca de diferentes especies, como un factor relevante en la estructuración de las comunidades de organismos degradadores en bosque tropicales y de los procesos del ecosistema en que ellos intervienen (Martínez y Galindo-Leal 2002, McGuire *et al.* 2012, Prakash *et al.* 2015). Debido a que las especies de plantas difieren en la calidad de la hojarasca que producen, la identidad de la planta es determinante en la estructura de la comunidad de degradadores (Osono 2003). Por esta razón, se ha incrementado el interés en las interacciones entre los tipos de hojarasca y sus efectos sobre la diversidad y el proceso que siguen los degradadores en la descomposición y mineralización de los nutrientes durante la sucesión (Paulus *et al.* 2006, Osono *et al.* 2008, Kerekes *et al.* 2013). La influencia de la mezcla de hojarasca en ambientes tropicales no está bien comprendida. Pero algunos estudios apuntan a una respuesta idiosincrática de los organismos degradadores hacia la mezcla de hojarasca, se han analizado los efectos de la mezcla de hojarasca sobre la biomasa microbiana (Ferreira *et al.* 2012) y el flujo de nutrientes (Zeugin *et al.* 2010, Ferreira y Graça 2016).

En el sur de la península de Yucatán, México,

las especies arbóreas *Piscidia piscipula* (L.) Sarg., *Bursera simaruba* (L.) Sarg. y *Cedrela odorata* L., usualmente coexisten en diferentes asociaciones vegetales (Martínez y Galindo-Leal 2002). Aunado al incremento de las plantaciones forestales monoespecíficas, principalmente de *Cedrela odorata* (Zamora-Crescencio *et al.* 2009). Los efectos que este tipo de plantaciones tiene sobre la disponibilidad de nutrientes y la biodiversidad asociada a la calidad de la hojarasca producida es desconocida (Zeugin *et al.* 2010). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar los efectos de la hojarasca de tres especies arbóreas, *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* y *Cedrela odorata*, solas y en todas las combinaciones posibles sobre la pérdida de biomasa de la hojarasca y la riqueza de especies de hongos que las colonizan.

MATERIALES Y MÉTODOS

La hojarasca de *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* y *Cedrela odorata* se colectó en un suelo de acahuil del rancho Yaxha ($19^{\circ} 39' 55''$ LN, $90^{\circ} 25' 04''$ LO), localizado en el centro - sur del municipio de Campeche, Campeche, México. La hojarasca recolectada se tomó del suelo, evitando colectar hojas con signos de daño.

Tratamientos

La hojarasca de *Piscidia piscipula*, *Bursera simaruba* y *Cedrela odorata*, se secó a temperatura ambiente. Para cada tratamiento, se pesaron 10 g de hojas de cada especie como tratamiento monoespecífico, mientras que las mezclas en pares de las tres especies de plantas fueron de 5 g de cada especie y una mezcla de 3.3 g de hojas de cada una de las tres especies completaron los tratamientos, con tres repeticiones por tratamiento. Cada tratamiento se colocó en bolsas "Ziploc®" con humedad constante que se aplicó con algodones húmedos estériles, debido a que la mayoría de los hongos en ambientes tropicales requieren humedad para desarrollar estructuras reproductivas sobre la hojarasca (Cannon y Sutton 2004). Las bolsas se abrieron todos los días en un ambiente protegido

para evitar la contaminación y permitir la aireación de la hojarasca. El experimento se realizó bajo condiciones de laboratorio con temperatura promedio de $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y condiciones diarias de luz-oscuridad de 12/12.

Identificación de los hongos

Los diferentes tratamientos monoespecíficos y la hojarasca de los diferentes tratamientos se separó para una revisión del crecimiento del micelio o en su caso de cuerpos fructíferos, después de 10 días de incubación. Las colonias que emergieron sobre las hojas con características macroscópicas morfológicamente diferentes se registraron con la ayuda de un microscopio estereoscópico. Las colonias diferentes se tomaron con una aguja delgada y se realizaron preparaciones permanentes para diferenciar las características microscópicas, en un microscopio de luz transmitida. Se documentaron y diferenciaron todas las características de los hongos, separando a especie y géneros cuando fue posible con ayuda de claves dicotómicas (Carmichael et al. 1980, Klich 2002, Seifert et al. 2011) y cuando no fue posible, se agruparon por morfoespecie asegurando que los ascomicetos, hongos con reproducción asexual (anamorfos) y micelios estériles presentarán diferentes características macro y microscópicas entre los tratamientos.

Análisis estadísticos

El diseño del experimento fue completamente al azar con siete tratamientos correspondientes al número de especies de hojas de los árboles y sus combinaciones, con tres repeticiones por tratamiento. Las variables de respuesta fueron la biomasa final y el número de morfoespecies de hongos en cada uno. Los datos de biomasa se transformaron a $\sqrt{x+1}$ para satisfacer los supuestos de normalidad, prueba de Lillefors (Kolmogorov-Smirnov) y prueba de Shapiro-Wilk, y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene), para posteriormente efectuar un análisis de varianza con el programa estadístico R 3.1.2 (2014). También se estimó la similitud entre la riqueza de hongos y la identidad de la hoja de los diferentes tratamientos

mediante un dendrograma de similitud por distancia euclidiana en el programa Past 3.14 (Hammer et al. 2001).

RESULTADOS

Riqueza de especies fúngicas

Se registraron 48 especies de hongos (Tabla 1). En los tratamientos monoespecíficos, *Cedrela odorata* presentó mayor riqueza de especies (29), mientras que *Bursera simaruba* tuvo 13 morfoespecies, de estos, cinco taxones fueron exclusivos para *C. odorata*, mientras que para *Piscidia piscipula* y *B. simaruba* se encontraron dos especies (Tabla 2). En las mezclas de especies de hojas, la mezcla de *P. piscipula* y *C. odorata* presentó el mayor número de morfoespecies (30), seguido de las hojas de *P. piscipula*, *B. simaruba* y *C. odorata* con 27 morfoespecies. Mientras que la mezcla de *P. piscipula* y *B. simaruba* tuvo el menor número de hongos. En cuanto a las especies exclusivas, se registraron dos especies en las mezclas *P. piscipula* y *B. simaruba* y en la mezcla de *P. piscipula* y *C. odorata*, mientras que la mezcla *P. piscipula* y *B. simaruba* solo presentó una especie.

Para la riqueza de especies por tratamiento *P. piscipula* presentó el mayor número de morfoespecies cuando se encontró combinada con *C. odorata*, *B. simaruba*, y cuando se combinó con *B. simaruba* y *C. odorata*. Para *C. odorata*, la mayor riqueza de especies se observó en el tratamiento monoespecífico (29) que al combinarse con las otras especies, pero *C. odorata* contribuyó a incrementar la riqueza de morfoespecies de hongos cuando se combino con *P. piscipula* y *B. simaruba*, mientras que *B. simaruba* tuvo menor riqueza de especies (Tabla 1). El análisis de varianza para comparar la riqueza de morfoespecies de hongos indica que *C. odorata* fue diferente estadísticamente a las otras especies.

En total, se registraron 34 morfoespecies en los tratamientos donde *C. odorata* estuvo presente, 33 con presencia de *P. piscipula* y 30 en los tratamientos que incluyeron a *B. simaruba*. De los 48 taxones diferenciados, entre las tres es-

Tabla 1. Morfoespecies de hongos observados en los diferentes tratamientos con solo una especie de hoja y en cada hoja de las diferentes mezclas, la hoja analizada en las mezclas se presenta entre paréntesis.

Morfoespecie	Tratamientos											
	A	B	C	AB (A)	AB (B)	BC (B)	BC (C)	AC (A)	AC (C)	ABC (A)	ABC (B)	ABC (C)
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus</i> sp. 1	-	-	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus</i> sp. 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus</i> sp. 3												
<i>Aspergillus</i> sp. 4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Aspergillus</i> sp. 5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cladosporium</i> sp. 1												
<i>Cladosporium</i> sp. 2	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Curvularia</i> sp. 1												
<i>Curvularia</i> sp. 2								+				
<i>Cylindrocarpon</i> sp.		+			+		+		+		+	+
<i>Oidiodendron</i> sp.								+				
<i>Penicillium</i> sp. 1							+		+			
<i>Penicillium</i> sp. 2		+			+		+		+		+	+
<i>Penicillium</i> sp. 3		+				+	+		+		+	+
<i>Penicillium</i> sp. 4	+	+	+	+		+	+		+		+	+
<i>Penicillium</i> sp. 5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp. 6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp. 7	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Penicillium</i> sp. 8	+	+				+	+		+	+	+	+
<i>Periconia</i> sp.										+		
<i>Trichoderma</i> sp. 1		+										
<i>Trichoderma</i> sp. 2			+		+	+		+				
<i>Trichoderma</i> sp. 3							+				+	
<i>Trichoderma</i> sp. 4						+	+	+	+		+	+
Ascomiceto 1	+											
Ascomiceto 2		+								+		
Ascomiceto 4									+			
Ascomiceto 3						+		+				
Ascomiceto 5						+				+		
Morfoespecie 1	+											
Morfoespecie 2	+	+				+	+		+	+		+
Morfoespecie 3	+	+	+		+	+			+	+		+
Morfoespecie 4	+											
Morfoespecie 5												+
Morfoespecie 6							+					
Morfoespecie 7			+									
Morfoespecie 8										+		
Morfoespecie 9						+						
Morfoespecie 10	+	+			+		+	+				
Micelio estéril 1												
Micelio estéril 2												
Micelio estéril 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Micelio estéril 4												
Micelio estéril 5	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+
Micelio estéril 6	+						+		+			+
Micelio estéril 7											+	+
Micelio estéril 8	+							+	+			+

A: *Piscidia piscipula*, B: *Bursera simaruba* y C: *Cedrela odorata*. +: Presencia del hongo en la especie de hoja.

pecies de hojas se compartieron 22 morfoespecies independientemente de si estaban en tratamientos monoespecíficos o combinados, particularmente las morfoespecies de los géneros *Aspergillus* P.

Michelli, *Cladosporium* Link y *Penicillium* Link; mientras que para *C. odorata* se registraron nueve morfoespecies exclusivas, independientemente si estaba combinada o sola, ocho morfoespecies en

Tabla 2. Número total de morfoespecies de hongos y número de especies exclusivas por tratamiento.

Tratamientos	No. especies por tratamiento	No. especies Exclusivas
<i>Piscidia piscipula</i>	17	2
<i>Bursera simaruba</i>	13	2
<i>Cedrela odorata</i>	29	5
<i>P. piscipula</i> y <i>B. simaruba</i>	24	2
<i>P. piscipula</i> y <i>C. odorata</i>	30	2
<i>B. simaruba</i> y <i>C. odorata</i>	25	1
<i>P. piscipula</i> , <i>B. simaruba</i> y <i>C. odorata</i>	28	3

las hojas de *P. piscipula* y cuatro en las de *B. simaruba*. Entre los diferentes tratamientos, tanto monoespecíficos como combinados, se encontraron dos morfoespecies compartidas entre la hojarasca de *P. piscipula* y *B. simaruba*, y dos entre *B. simaruba* y *C. odorata*, mientras que entre *P. piscipula* y *C. odorata* solo se compartió una morfoespecie.

Con el agrupamiento por distancia euclíadiana se diferenciaron dos grupos en función de la riqueza de morfoespecies de hongos sobre las hojas de cada especie. En el primer grupo se encuentran aquellos tratamientos donde no está *C. odorata*. Mientras que en el segundo grupo, se encuentran las morfoespecies fúngicas de *C. odorata* en el tratamiento monoespecífico y todos los tratamientos donde se encuentren las hojas de esta especie de árbol (Figura 1).

Pérdida de biomasa de la hojarasca

No se registraron cambios en la biomasa inicial y final de la hojarasca en los controles sin humedad. *C. odorata* fue la única especie que presentó pérdida de biomasa. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($F = 3.18$, $p < 0.05$) para la pérdida de biomasa entre los tratamientos, observándose diferencias significativas en aquellos tratamientos con mezcla de hojas donde se incluye *C. odorata*, mientras que en las combinaciones donde estuvo presente *B. simaruba* y *P. piscipula* no se encontraron diferencias (Tabla 3).

DISCUSIÓN

La humedad es un factor determinante para el desarrollo de estructuras reproductivas en la

mayoría de los hongos, particularmente en sustratos como hojarasca (Cannon y Sutton 2004). Por lo que la humedad es esencial para que los hongos se desarrollen y contribuyan a la descomposición de la hojarasca (Osono et al. 2003). La colonización fúngica durante la descomposición de la hojarasca depende de diversos factores como los ambientales, la composición química de las hojas, las características morfológicas y las interacciones entre especies (Osono 2007). Al analizar la riqueza de morfoespecies de hongos saprobios en los tratamientos, *C. odorata* tuvo el mayor número de morfoespecies en el tratamiento monoespecífico y en mezclas de hojarasca, probablemente por su composición química poco recalcitrante, por lo que *C. odorata* en las selvas tropicales podría ser una especie facilitadora de la colonización fúngica para las hojas de otras especies de plantas con menor riqueza de hongos degradadores como *Bursera simaruba*, que incrementó la riqueza de morfoespecies cuando se encontró mezclada con *C. odorata*. Esto podría ser resultado del efecto facilitador para los hongos que originalmente no colonizan a las otras especies de hojarasca (van Ruijven y Berendse 2005). Los resultados muestran que el 46% de la riqueza de hongos es exclusiva de la hojarasca de una especie de planta en los diferentes tratamientos combinados y 26% es exclusiva de los tratamientos monoespecíficos. Por lo que la riqueza de hongos saprobios es especie-específica, lo que indica que colonizan la hojarasca de una especie de árbol en particular, independientemente de que esté en una mezcla o sola.

Se observó que *C. odorata* tiene mayor impacto en la perdida de biomasa y la accesibilidad a la colonización por hongos, lo que podría sugerir un proceso de descomposición, ya que se ha en-

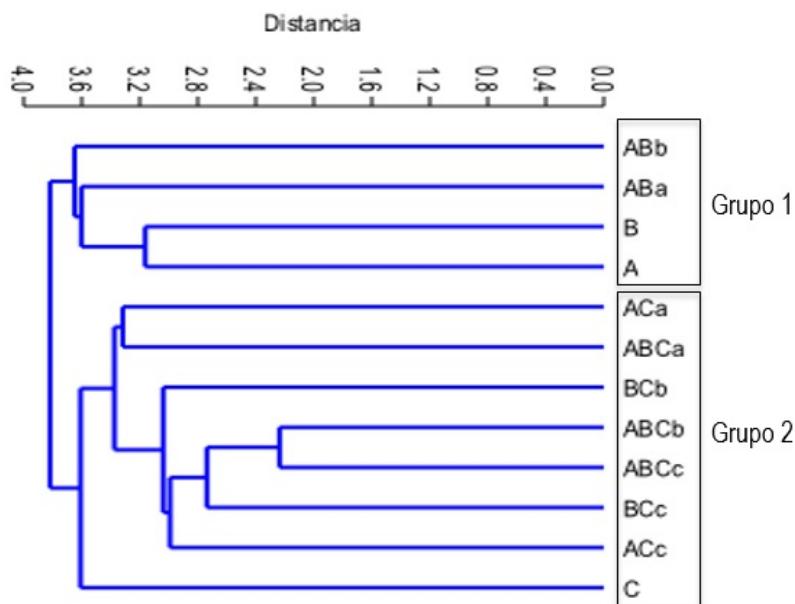


Figura 1. Dendrograma de similitud para los diferentes tratamientos de hojarasca utilizando el método de distancia euclidiana. A: *Piscidia piscipula*, B: *Bursera simaruba* y C: *Cedrela odorata*; las letras minúsculas en las combinaciones de dos y tres especies indican la especie de hoja analizada.

Tabla 3. Valores promedio de la perdida de biomasa para cada tratamiento evaluado.

Tratamientos	Promedio de perdida de biomasa (g)
<i>Piscidia piscipula</i>	0.010 ± 0.0006 ^b c
<i>Bursera simaruba</i>	0.040 ± 0.052 ^b c
<i>Cedrela odorata</i>	0.300 ± 0.173 ^a
<i>P. piscipula</i> y <i>B. simaruba</i>	0.010 ± 0.0006 ^c
<i>P. piscipula</i> y <i>C. odorata</i>	0.237 ± 0.203 ^{ab}
<i>B. simaruba</i> y <i>C. odorata</i>	0.233 ± 0.115 ^{ab}
<i>P. piscipula</i> , <i>B. simaruba</i> y <i>C. odorata</i>	0.233 ± 0.153 ^{abc}

Los datos de la tabla se presentan en su escala original de medición ($n = 3$ por cada tratamiento ± 1 DE). Las medias seguidas de diferentes letras indican diferencias significativas acorde a la prueba de Duncan ($p < 0.05$).

contrado que este árbol tiene compuestos poco recalcitrantes y altas concentraciones lignocelulósicas (Rosales-Castro et al. 2016). Lo que puede facilitar mayor colonización y descomposición de su hojarasca, además las morfoespecies fúngicas encontradas, potencialmente podrían tener una alta actividad enzimática. La relación positiva entre mayor riqueza de especies y mejor funcionamiento del ecosistema, ha sido un tema de discusión, debido a que no siempre se ha comprobado (Srivastava y Velland 2005, Scherer-Lorenzen et al. 2007). En el caso de los hongos, Robinson et al. (2005) han disku-

tido al respecto los procesos y las relaciones especie-específicas, destacando el hecho de que un conjunto de hongos en un mismo espacio puede no interactuar como lo hicieran en otras comunidades. No todas las especies fúngicas están en todos lados, por lo que la respuesta depende de la especie de hongo y el tipo de sustrato o huésped, por lo que las especies generalistas pueden estar en todos lados, pero las especies claves o raras, son las que deben estar estrechamente relacionadas con la estructura de la comunidad y la función del ecosistema (Robinson et al. 2005), como ocurre con la mayoría de las mor-

foespecies y ascomicetos que no fue posible identificar a nivel de género, algunos micelios estériles y las especies de los géneros *Oidiodendron* Robak y *Periconia* Tode (Tabla 1).

La dispersión por esporas en la hojarasca podría jugar un papel importante (Cannon y Sutton 2004), ya que 14 de las 22 morfoespecies que se compartieron en todos los tratamientos pertenecen a los géneros con mayor éxito en la dispersión por esporas, como *Aspergillus*, *Cladosporium* y *Penicillium*; y aunque estos géneros son comúnmente reportados para sustratos como el suelo (Domsch et al. 2007), se puede inferir que estos provenían del sitio de muestreo, que probablemente estaban esporulando, ya que después de la recolecta de la hojarasca se tuvo el mayor cuidado para evitar contaminación. Por lo que la estructura de las comunidades de degradadores fúngicos pudría tener un equilibrio entre las especies generalistas y las raras, permitiendo un balance en el proceso de descomposición, aunque esta composición fúngica puede diferir entre ecosistemas (Robinson et al. 2005).

En condiciones similares no todas las hojas se descomponen de forma uniforme, lo que depende de las características físicas y químicas de cada especie. Las hojas de las especies de árboles que presentan mayor riqueza de taninos tienen un proceso de descomposición más lento que aquellas con menos taninos (Loranger et al. 2002). La elevada cantidad de nutrientes que se ha reportado para *C. odorata* (Scherer-Lorenzen et al. 2007, CONABIO 2010, Rosales-Castro et al. 2016) podría explicar la alta colonización y exclusividad de especies fúngicas, pues proporcionaría un sustrato adecuado para el crecimiento de los hongos, ya que estas especies podrían contribuir a la pérdida de biomasa en el corto plazo (Hector et al. 2000).

Los fenoles que persisten durante el proceso de descomposición dificultan la colonización de hongos saprobios (Paulus et al. 2006). Entre las especies utilizadas, *B. simaruba* tiene alta concentración de fenoles, a diferencia de *Piscidia piscipula* (Loranger et al. 2002); lo que apoya la baja riqueza de hongos encontrada en *B. simaruba* comparada con *P. piscipula*. Debido a que *B. simaruba* es un

árbol resinoso (Guevara-Féfer 2010), y se ha documentado que la resina inhibe el crecimiento fúngico (Paulus et al. 2006). Los hongos que crecen sobre esta especie tienen especificidad y capacidad para desarrollarse mediante la asimilación de los fenoles y bajo la producción de resina. En *C. odorata* y *P. piscipula* no se ha reportado producción de resinas. Por lo que la disminución de morfoespecies fúngicas en las mezclas de hojarasca está determinada por la presencia de *B. simaruba*, lo que además de la composición química de las hojas, podría atribuirse a la producción de compuestos antifúngicos, como lo demuestran estudios previos (Salinas-Sánchez et al. 2009, Biabiany et al. 2013). La diversidad de especies de hojas en la hojarasca influye en su tasa de descomposición, ya que a mayor diversidad de especies la descomposición es menor; mientras que puede haber especificidad de alguna especie con mayor contenido de celulosa que permita una degradación más eficiente de la hojarasca (Scherer-Lorenzen et al. 2007), lo que explicaría la pérdida de peso en *C. odorata*.

CONCLUSIONES

Al aumentar el número de especies de hojas, no incrementó el número de morfoespecies de hongos, ni la pérdida de biomasa. La relación entre el número de morfoespecies de hongos y la pérdida de biomasa, fue positiva lo que indica que a mayor riqueza de degradadores, la función del ecosistema es más estable. La pérdida de biomasa en los tratamientos, la alta riqueza y la composición de especies fúngicas dependen de la identidad de la hoja que se encuentre en los tratamientos, como *C. odorata*.

AGRADECIMIENTOS

A Rene Calderón Mandujano en el trabajo de laboratorio y la M.C. Yuriko P. Cruz en el análisis de datos. Reconocemos el apoyo brindado por el laboratorio de Microbiología del DEMAB de la Universidad Autónoma de Campeche.

LITERATURA CITADA

- Biabiany M, Roumy V, Hennebelle T, François N, Sendid B, Pottier M, et al. (2013) Antifungal Activity of 10 Guadeloupean Plants. *Phytotherapy Research* 27: 1640-1645.
- Cannon PF, Sutton BC (2004) Microfungi on wood and plant debris. En: Mueller GM, Bills GF, Foster MS (ed). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier. Amsterdam. pp. 217-239.
- Carmichael JW, Kendrick WB, Connors IL, Sigler L (1980) Genera of Hyphomycetes. Univ. Alberta Press. USA. 386p
- Carney KM, Matson PA (2006) The influence of tropical plant diversity and composition on soil microbial communities. *Microbial Ecology* 52: 226-238.
- CONABIO (2010) Fichas: *Bursera simaruba*, *Piscidia piscipula*, *Cedrela odorata*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/indice_especies.html. Fecha de consulta 20 de septiembre de 2016.
- Domsch KH, Gams W, Anderson TH (2007) Compendium of soil fungi. 2nd ed. Academic press, England. 672p
- Ferreira V, Encalada AC, Graça MA (2012) Effects of litter diversity on decomposition and biological colonization of submerged litter in temperate and tropical streams. *Freshwater Science* 31: 945-962.
- Ferreira V, Graça MA (2016) Effects of whole-stream nitrogen enrichment and litter species mixing on litter decomposition and associated fungi. *Limnologica* 58: 69-77.
- Guevara-Féfer F (2010) Una nueva especie de *Bursera* (Burseraceae), endémica de la cuenca baja del río Balsas en los estados de Michoacán y Guerrero, México. *Acta Botanica Mexicana* 92: 119-128.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD (2001) PAST-palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontology Electronica* 4: 1-9.
- Hector A, Beale AJ, Minns A, Otway SJ, Lawton JH (2000) Consequences of the reduction of plant diversity for litter decomposition: effects through litter quality and microenvironment. *Oikos* 90: 357-371.
- Kerekes J, Kaspari M, Stevenson B, Nilsson RH, Hartmann M, Amend A, et al. (2013) Nutrient enrichment increased species richness of leaf litter fungal assemblages in a tropical forest. *Molecular Ecology* 22: 2827-2838.
- Klich MA (2002) Identification of common *Aspergillus* species. The Centraalbureau Voor Schimmelculture. Utrecht, The Netherlands. 122p
- Loranger G, Ponge JF, Imbert D, Lavelle P (2002) Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality. *Biology and Fertility of Soils* 35: 247-252.
- Martínez E, Galindo-Leal C (2002) La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 71: 7-32.
- McGuire KL, Fierer N, Bateman C, Treseder KK, Turner BL (2012) Fungal community composition in neotropical rain forests: the influence of tree diversity and precipitation. *Microbial Ecology* 63: 804-812.
- Osono T (2003) Effects of prior decomposition of beech leaf litter by phyllosphere fungi on substrate utilization by fungal decomposers. *Mycoscience* 44: 41-45.

- Osono T (2007) Ecology of ligninolytic fungi associated with leaf litter decomposition. *Ecological Research* 22: 955-974.
- Osono T, Ono Y, Takeda H (2003) Fungal ingrowth on forest floor and decomposing needle litter of *Chamaecyparis obtusa* in relation to resource availability and moisture condition. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 1423-1431.
- Osono T, Ishii Y, Hirose D (2008) Fungal colonization and decomposition of *Castanopsis sieboldii* leaves in a subtropical forest. *Ecological Research* 23: 909-917.
- Paulus BC, Kanowski J, Gadek PA, Hyde KD (2006) Diversity and distribution of saprobic microfungi in leaf litter of an Australian tropical rainforest. *Mycological Research* 110: 1441-1454.
- Prakash CP, Thirumalai E, Rajulu MG, Thirunavukkarasu N, Suryanarayanan TS (2015) Ecology and diversity of leaf litter fungi during early-stage decomposition in a seasonally dry tropical forest. *Fungal Ecology* 17: 103-113.
- R Core Team (2014) R: A Language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. Fecha de consulta 20 de septiembre de 2016.
- Robinson CH, Pryce JE, Deacon LJ (2005) Biodiversity of saprotrophic fungi in relation to their function: do fungi obey the rules? En: Bardgett RD, Usher MB, Hopkins DW (ed) *Biological diversity and function in soils*. Cambridge, UK. pp. 189-214.
- Rosales-Castro M, Honorato-Salazar JA, Santos-García AB, Pérez-López M, Colotl-Hernández G, Sánchez-Monsalvo V (2016) Composición química de las hojas y ramas de *Cedrela odorata* L. de dos plantaciones forestales como fuente de materia prima lignocelulósica. *Madera y Bosques* 22: 131-146.
- Salinas-Sánchez DO, Arteaga-Nájera GL, León-Rivera I, Dorado-Ramírez O, Valladares-Cisneros MG, Navarro-García VM (2009) Antimicrobial activity of medicinal plants from the Huautla sierra biosphere reserve in Morelos (México). *Polibotánica* 28: 213-225.
- Scherer-Lorenzen M, Luis Bonilla J, Potvin C (2007) Tree species richness affects litter production and decomposition rates in a tropical biodiversity experiment. *Oikos* 116: 2108-2124.
- Seifert K, Morgan-Jones G, Gams W, Kendrick B (2011) The genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Center, USA. 997p.
- Srivastava DS, Velland M (2005) Biodiversity-ecosystem function research: Is It Relevant to conservation? *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 36: 267-294.
- van Ruijven J, Berendse F (2005) Diversity-productivity relationships: initial effects, long-term patterns, and underlying mechanisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 695-700.
- Zamora-Crescencio P, Flores Guido JS, Ruenes Morales R (2009) Flora útil y su manejo en el cono sur del estado de Yucatán, México. *Polibotánica* 28: 227-250.
- Zeugn F, Potvin C, Jansa J, Scherer-Lorenzen M (2010) Is tree diversity an important driver for phosphorus and nitrogen acquisition of a young tropical plantation? *Forest Ecology and Management* 260: 1424-1433.

