Revista Científica
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Fructificación de *Marasmius* Fr. en respuesta a factores climáticos en remanentes de selva de la Ecorregión Lachuá, Alta Verapaz.

Marasmius Fr. fruiting in response to climatic factors in forest remnants Ecoregion Lachuá, Alta Verapaz.

Sunum, R[1], Quezada, M[1,2] y Bustamante, D[3].
[1]Herbario BIGU, [2]Herbario USCG, Centro de Estudios Conservacionistas, [3]Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).
r.sunum@gmail.com

Recibido: 6 de noviembre, 2014 • Aceptado: 6 de julio, 2015.
DOI: https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v25i2.91
Licencia: CC-BY 4.0

Resumen

Los hongos del género *Marasmius* Fr. son importantes degradadores de hojarasca y se reportan como los más abundantes en los trópicos. La Ecorregión Lachuá es uno de los remanentes más importantes de selvas tropicales en Guatemala, y de los más amenazados por la pérdida de hábitat debido al avance de la frontera agrícola. Se ha determinado que durante los últimos 5 años se ha perdido el 75% de cobertura original fuera de las áreas protegidas de la ecorregión, debido principalmente al aumento de la agricultura. Estos cambios ocasionados por la pérdida de cobertura vegetal influyen en las condiciones microclimáticas de las cuales los hongos dependen para poder reproducirse. Este estudio constituye el primer acercamiento para comprender como responde este grupo de hongos a las fluctuaciones causadas por el cambio en condiciones climáticas y su vulnerabilidad a la pérdida de hábitat. Se evaluó la producción de cuerpos fructíferos del género *Marasmius* en respuesta a los factores climáticos temperatura, humedad relativa, precipitación, temporalidad y tamaño de remanente en la en época de lluvias durante 2010 y 2011 en ocho remanentes boscosos en la Ecorregión Lachuá. Se recolectaron 98 ejemplares pertenecientes a 56 morfoespecies y 2 especies. Las mayores riquezas (r) y frecuencias acumuladas (a) de cuerpos fructíferos se presentaron en junio (r=16, a=21) y en la localidad de Santa Lucía Lachuá (r =15, a=16). Los rangos de las variables climáticas donde se presentó mayor frecuencia acumulada fue T°= 26°C–27°C; Precipitación= 8–12 mm y 40mm y H%= 88–90%. La composición de *Marasmius* está influenciada por la temporalidad que de junio a agosto presenta mayor número de especies

compartidas, disminuyéndose considerablemente en octubre y noviembre. No se observó un cambio en la composición de *Marasmius* en relación al tamaño de remanente, sin embargo espacialmente es posible diferenciar entre remanentes rodeados por áreas con cobertura y remanentes rodeados por áreas abiertas, determinando que este género responde a los cambios de hábitat. Estos cambios en riqueza y abundancia acumulada de hongos en el tiempo y el espacio, pueden ser utilizados como indicadores de estas perturbaciones. La información generada permite proponer el monitoreo de este género a través del tiempo para generar planes de manejo adecuados para el área.

Palabras claves: *Marasmius* Fr., fructificación, factores climáticos, remanentes de selva, Ecoregión Lachuá.

Abstract

Fungi of genus *Marasmius* Fr. are important litter decomposers and reported as abundant in tropics. Lachuá Ecoregion is the largest remaining tropical forests in Guatemala, and the most threatened by habitat loss due to the agricultural advance. It has been determined that over the past five years 75% of the original coverage outside protected areas in the ecoregion has been lost. This loss is mainly attributed to increased agriculture activity. These changes caused by the loss of plant cover influence the microclimatic conditions that depend on fungi to reproduce. This study is the first approach to understand how this group of fungi respond to currency fluctuations caused by changes in climatic conditions and vulnerability to habitat loss. Relationship of temperature, relative humidity, precipitation, temporality and patch size with *Marasmius* fruit bodies production were evaluated. The study was carried out in eight forest patches in the rainy season in 2010 and 2011 in Lachuá Ecoregion. 98 specimens of 56 morphospecies and 2 species were colected. The highest cumulative richness (r) and cumulative frequency (a) of fruit bodies were presented in June (r =16, a = 21) and Santa Lucia Lachuá locality (r =15, a = 16). *Marasmius* composition is influenced by temporality. June to August were the months with higher number of shared species, decreasing considerably in October and November. No change was observed in *Marasmius* composition allied to patch size, however spatially there is a difference between patches surrounded by coverage areas and patches surrounded by open areas. This shows that genera responds to changes in habitat. These changes in cumulative richness and abundance of fungi over time and space, can be used as disturbance indicators. This information allows proposed monitoring of this genera over time to produce a management plan for the area.

Keywords: *Marasmius* Fr., fructification, climatic factors, forest remmants, Ecoregion Lachuá.

Introducción

Las selvas tropicales mantienen la mayor diversidad biológica en ecosistemas terrestres. A su vez, juegan un papel importante para la regulación del clima, por su interacción con los ciclos de carbono y agua. A pesar de su importancia estos ecosistemas son hoy en día los más presionados para el establecimiento de nuevas tierras para la agricultura y ganadería (Gibbs et al., 2010; Organización de las Naciones Unidas parpa la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2011). El Parque Nacional Laguna Lachuá (PNLL) y su Zona de Influencia (ZI) llamada también Ecorregión Lachuá, constituye uno de los últimos remanentes de las selvas alta y mediana perennifolia de Guatemala. Esta Ecorregión es considerada actualmente uno de los humedales más amenazados en Guatemala, como consecuencia de la pérdida y fragmentación de hábitat y el creciente cambio climático (Ficha informativa de los humedales RAMSAR, 2004; Quezada, 2005).

Los hongos juegan un papel primordial en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que se encargan de la absorción y desplazamiento de nutrientes en el suelo, y participan activamente en el reciclaje de carbono y nitrógeno en el mismo (Tlalka, Bebber, Darrah & Watkinson, 2008). Marasmiaceae (Agaricales *sensu lato*) constituye una de las familias de hongos saprófitos más prominentes en los bosques tropicales, incluye especies degradadoras de hojarasca y madera muerta (Cannon & Kirk, 2007). Estas participan en la formación de suelo y sirven como fuente de alimento para miriápodos, moluscos, artrópodos y pequeños vertebrados (Tan et al., 2009). Dentro de esta familia, las especies del género *Marasmius* Fr. son las más abundantes y se reconocen como los principales recicladores de materia orgánica en los trópicos (Cannon & Kirk, 2007). Morfológicamente se distinguen por presentar cuerpos fructíferos pequeños (1–65mm) marcescentes; esporas lisas y blancas; estípite central y cartilaginoso (Gilliam, 1976). *Marasmius* ha sido documentado como el género con mayor riqueza en los remanentes de bosque de la Ecorregión Lachuá (Quezada, 2005).

Considerando la importancia de *Marasmius* en remanentes boscosos como degradadores de hojarasca; analizar los cambios en riqueza y composición relacionada con condiciones climáticas y pérdida de hábitat proporcionaría evidencia del efecto de estas perturbaciones en el reciclaje de nutrientes. Este estudio evaluó la producción de cuerpos fructíferos de *Marasmius* en respuesta a los factores climáticos (temperatura, humedad relativa y precipitación), temporalidad y tamaño de remanente boscoso en ocho remanentes boscosos durante la época de lluvias de 2010 y 2011.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Este estudio se realizó en la Ecorregión Lachuá, la cual está conformada por el (PNLL) y (ZI), se localiza en el municipio de Cobán, Alta Verapaz (15°90'N –16°00'N, 90°55'O –90°69'O). La Ecorregión Lachuá abarca 27,500 hectáreas de tierras bajas con una altura promedio de 170 msnm (Avendaño, 2002) al Norte de Guatemala. La región fisiográfica del área de estudio pertenece al "Cinturón Plegado del Lacandón" caracterizado por ser una región Kárstica con orígenes en el Cretácico superior. Forma parte de un cinturón de selva lluviosa verdadera, con clima cálido y húmedo donde la temperatura promedio anual es de 30°C (máxima de 41°C y una mínima de 15°C), la humedad relativa anual

alcanza el 91.02%, y la época de lluvia se extiende todo el año con una precipitación promedio anual de 2,500mm. Los meses de mayor precipitación son junio a noviembre y los meses de menor precipitación (época seca) son de febrero a abril (Monzón, 1999). La vegetación característica es selva alta y media perennifolia con predominancia de Asteraceae, Rubiaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Arecaceae, Lamiaceae, Lauraceae & Mimosaceae (Ávila, 2004).

En la Ecorregión Lachuá están asentadas 44 comunidades con alrededor de 12,500 habitantes, en su mayoría de la etnia Q'eqchi'. Diecinueve de ellas son colindantes al PNLL. La mayoría de comunidades (El 73.33%) provienen de un proceso migratorio constante en los años 70 y 80 (Secretaría de Planificación y Programación [SEGEPLAN], 2011). Las políticas agrarias promovidas desde la colonización de la Franja Transversal del Norte explica el avance de la frontera agropecuaria y la reducción de los ecosistemas con cobertura forestal (Hurtado, 2008; Instituto de Transformación de Conflictos para la Construcción de la Paz en Guatemala [INTRAPAZ], 2009). Datos de Monzón (1999) revelan que la pérdida de cobertura arbórea en la Zona de Amortiguamiento del Parque ha aumentado desde 1954. De esa fecha hasta 1996 (42 años) se dio una reducción de 20,707 hectáreas, lo que se puede expresar como un promedio de 493 hectáreas perdidas por año. Un análisis general fuera de los límites del parque muestra que al norte, la cobertura boscosa está altamente fragmentada, permaneciendo únicamente bosquetes aislados. Esta fragmentación se ha dado debido principalmente al desarrollo de cultivos anuales y la ganadería (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 2003).

Establecimiento de sitios de recolecta

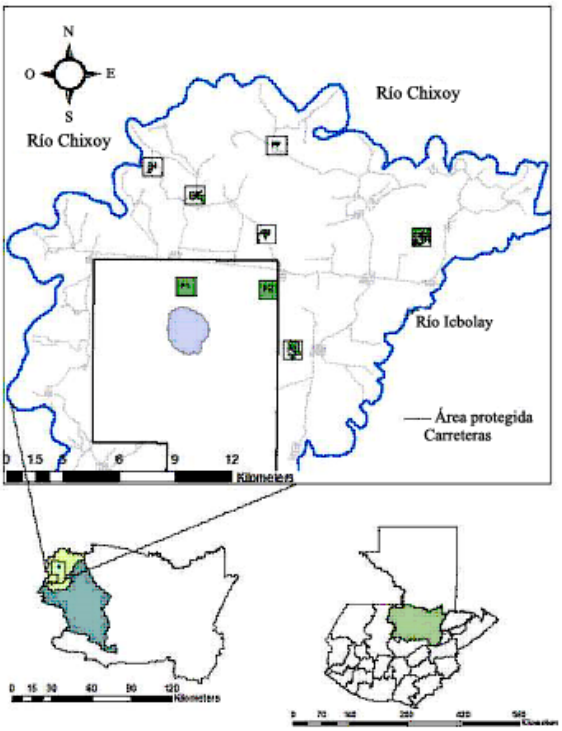
Se seleccionaron ocho sitios, dos de ellos ubicados dentro del (PNLL) y seis en otras localidades de la Ecorregión Lachuá (Tabla 1, Figura 1a).

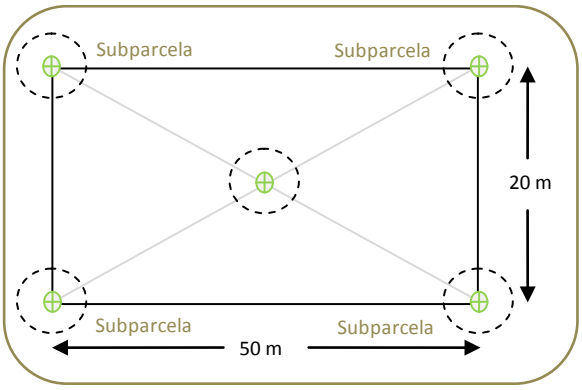
Tabla 1

Identificación de ocho sitios dentro de la Ecorregión Lachuá, seleccionados para la recolecta de hongos pertenecientes al género *Marasmius*

Remanente	Código	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Tamaño de remanente (m^2)	Matriz que rodea al remanente
Parque Nacional Laguna Lachuá 1	PL1	15.94076	-90.6741	181	1000000	1
Parque Nacional Laguna Lachuá 2	PL2	15.94073	-90.6338	180	986532	1
Tzetoc	TZE	15.90952	-90.6206	179	336783	2
Unión Buena Vista	UBV	15.99837	-90.6905	192	52384	2
Finca Entre Ríos, Icbolay	FER	15.96402	-90.557	165	596843	2
Las Promesas	PRO	15.98437	-90.6697	213	174368	3
Pie de Cerro	PDC	16.00964	-90.6263	162	60916	3
Santa Lucía Lachuá	SLL	15.96638	-90.6335	172	145718	3

1a.





1b.

FIGURA 1.

Localización del Área de Estudio y parcela de colecta. a. La Ecorregión Lachuá se ubica al norte del Departamento de Alta Verapáz. Los ocho sitios de colecta se distribuyen en el Parque Nacional Laguna Lachuá (P1 y P2), y seis comunidades: Tzetoc (P3), Unión Buena Vista (P4), Pie de Cerro (P5), Promesas (P6), Entre Ríos (P7) y Santa Lucía Lachuá (P8). b. Parcela para colecta de hongos. Los puntos grises indican la localización de subparcelas y la circunferencia a su alrededor representa un punto de colecta de 4 m de diámetro.

Procesamiento de datos

Los datos de temperatura, precipitación y humedad relativa se obtuvieron de la Estación Meteorológica del PNLL y fueron promediados para tres (Braga–Neto, 2006) días previos a la fecha de recolecta. Mientras que las recolectas de ejemplares se llevaron a cabo una vez al mes de la época lluviosa, junio, julio, agosto, octubre, noviembre de 2010 y octubre–noviembre de 2011 en parcelas de 20x50 m^2 (Figura 1b) en ocho remanentes de bosque de la Ecorregión Lachuá. Dentro de cada parcela se establecieron cinco subparcelas y dentro de cada subparcela una circunferencia de 4m de diámetro Quezada (comunicación personal, 24 de octubre, 2010). Los especímenes en el campo incluyendo sus variaciones morfológicas fueron fotografiados y descritos macroscópicamente utilizando una boleta asignada (Mata, 1999; Mata, 2011; Franco–Molano et al., 2005; Braga–Neto, 2006; Buyck et al., 2010; SAFRINET, 1999). Posteriormente en el laboratorio los ejemplares fueron descritos microscópicamente y determinados a especie o morfoespecie utilizando las claves de Singer (1986), Largent & Baroni (1977, 1988), Desjardin (1987) y Desjardin y Ovrebo (2006). Para la determinación se consideró como morfoespecie a cada *taxa* rápidamente separable en base a diferencias morfológicas (Oliver & Baettie, 1996). Las morfoespecies se determinaron a nivel de género, p.e. *Marasmius* sp.1. Finalmente cada ejemplar fue depositado en la colección de referencia del Herbario BIGU.

Análisis de datos

A partir de las morfoespecies determinadas se obtuvieron datos de riqueza por mes y remanente boscoso. Se utilizó gráficos exploratorios de dispersión para ubicar los rangos de mayor producción de cuerpos fructíferos. Para estimar el esfuerzo de muestreo se calculó la proporción de la cobertura total del muestreo por remanente (Chao & Jost, 2012).

Se empleó análisis de agrupamiento temporal y espacial (distancia Morisita-Horn), y análisis de ordenación (NMDS) para evaluar el cambio en la composición de morfoespecies de *Marasmius* en tiempo y espacio (Kindt & Coe, 2005). Para el procesamiento de la información se utilizaron los programas Microsoft Office Excel 2010® y R (paquete VEGAN) (R Development Core Team, 2011).

Resultados

Se recolectaron 98 ejemplares de *Marasmuis* correspondientes a 56 morfoespecies y dos especies, *M. helvolus* Berk. y *M. tageticolor* Berk; lo cual corresponde al 0.75 de la cobertura total de muestreo. El mes y el remanente que presentaron mayor riqueza fueron junio (r=16) y SLL (r=15) (Figura 2).

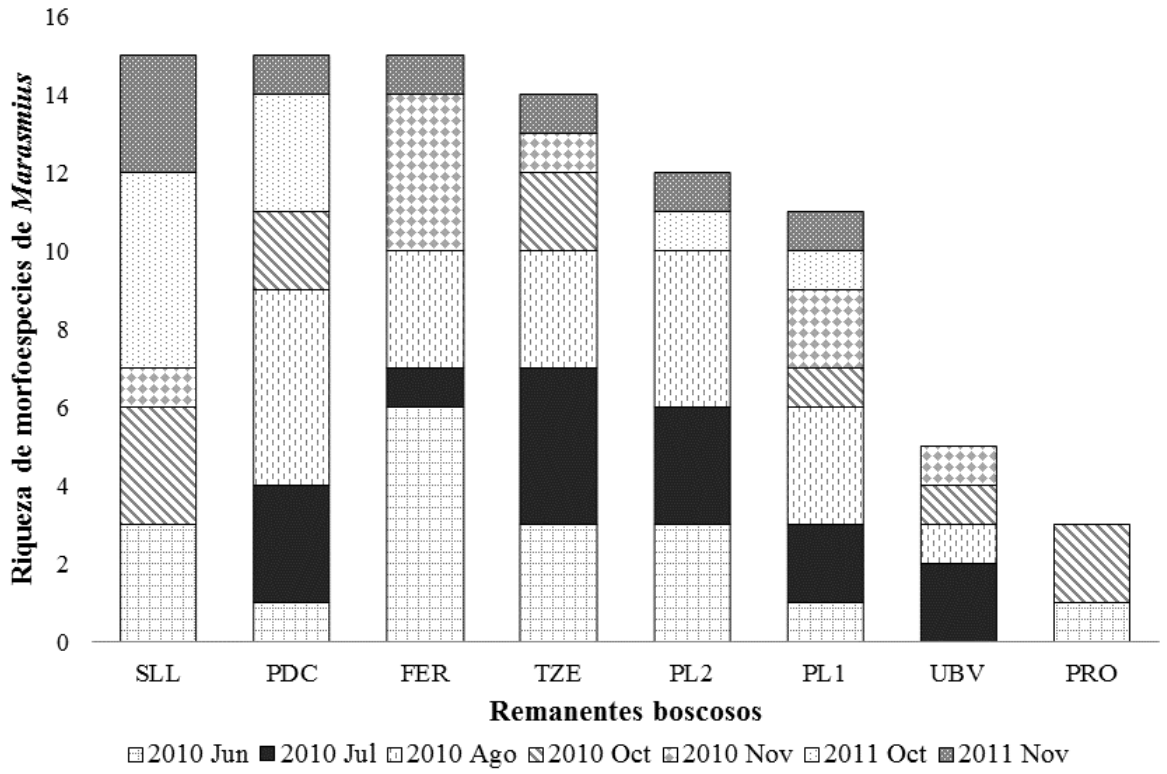


FIGURA 2.
Riqueza de morfoespecies de *Marasmius* a lo largo de siete meses en ocho remanentes boscosos en la Ecorregión Lachuá. Parque Nacional Laguna Lachuá (PL1 y PL2), y seis localidades: Tzetoc (TZE), Unión Buena Vista (UBV), Promesas (PRO), Santa Lucía Lachuá (SLL), Pie de Cerro (PDC) y Finca Entre Ríos (FER).

Valores promedio de los factores climáticos en los meses de colecta

La temperatura presentó fluctuaciones entre 20.78°C a 26.55°C, la mayor temperatura se registró en agosto de 2010 y la menor temperatura en noviembre de 2010. El año 2011 presentó mayores temperaturas en relación al 2010, con una diferencia de +2.22 °C en octubre y +4.18°C en noviembre. La precipitación presentó fluctuaciones entre 0.05 mm y 25.65 mm, las mayores precipitaciones se registraron en agosto de 2010 y las menores precipitaciones en noviembre de 2011. El mes de octubre de 2011 presentó mayor precipitación (3.04

mm) mientras que en noviembre 2011 fue menor (0.46 mm) en relación al 2010. La humedad relativa presentó fluctuaciones entre 83.55% y 88.89%, el mayor porcentaje de humedad se registró en agosto de 2010 y el menor porcentaje de humedad en octubre de 2010. El año 2011 presentó mayores porcentajes de humedad en relación al 2010, con una diferencia de +4.16% en octubre y +0.25% en noviembre (Tabla 2).

Tabla 2

Valores promedio y desviación estándar de los factores climáticos relacionados con la producción de cuerpos fructíferos de *Marasmius* Fr. en ocho remanentes boscosos de la Ecorregión Lachuá

Mes	Temperatura ºC				Precipitación mm				Humedad relativa %			
	2010		2011		2010		2011		2010		2011	
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
Ago	26.25	0.25	SD	SD	25.65	0.69	SD	SD	88.89	0.35	SD	SD
Oct	24.33	0.72	26.55	0.29	1.02	0.05	4.06	0.06	83.55	4.43	87.71	2.19
Nov	20.78	0.50	24.96	0.79	0.51	0.02	0.05	0.01	85.46	2.22	85.21	0.86

SD = Sin Datos

Efecto de las variables estudiadas en la fructificación de *Marasmius* Fr.

Al analizar las figuras de dispersión de la abundancia acumulada de cuerpos fructíferos de *Marasmius* y los factores climáticos se observó que la mayor producción de cuerpos fructíferos ocurre en un rango de temperatura entre 26°C–27ºC, precipitación de 8–12mm y 40mm, y humedad relativa entre 88–90% (Figura 3, a–c). En relación a la temporalidad, las mayores abundancias acumuladas se registraron en los meses de junio, agosto y octubre de 2010, alcanzándose dos picos de producción en los meses de junio (a=21) y agosto (a=21) (Figura 3, d). En cuanto al tamaño de remanente boscoso, las mayores abundancias acumuladas se registraron en los remanentes boscosos de SLL (a=16) y FER (a=18), se registraron individuos fructificando en remanentes boscosos de mayor tamaño como PL1 y PL2, así como remanentes boscosos de menor tamaño como PDC y FER (Figura 3, e).

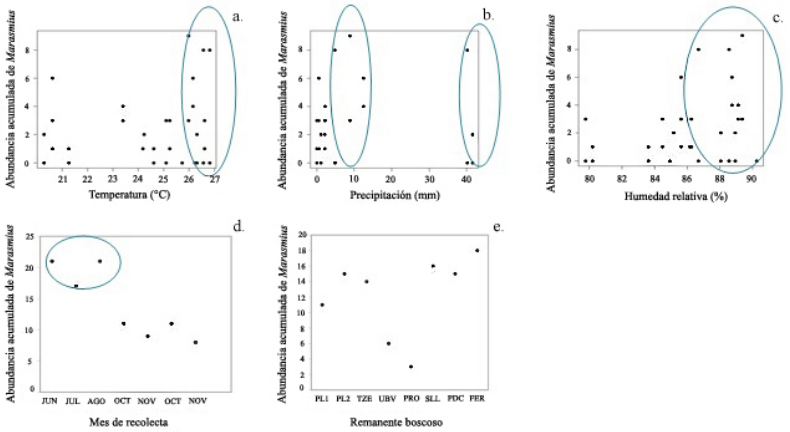


FIGURA 3

a. Abundancia acumulada de *Marasmius* en función de las variables estudiadas: (a) Temperatura, (b) Precipitación, (c) Humedad relativa (los círculos muestran los rangos donde se observó mayor producción de cuerpos fructíferos), (d) Temporalidad, y (e) Tamaño de remanente boscoso.

Cambio en la composición temporal y espacial de *Marasmius* Fr

En relación a la composición temporal, agosto presentó la mayor proporción de morfoespecies compartidas (0.72), seguido de julio (0.60) y junio (0.44), las menores proporciones se presentaron en octubre de 2010 (0.18) y octubre de 2011 (0.11). El mes de noviembre de 2011 no presentó morfoespecies compartidas. Estos resultados se ven reflejados en el análisis de agrupamiento (Figura 4, a) donde pueden diferenciarse dos grupos, uno conformado por los meses con mayor proporción de morfoespecies (junio, julio y agosto) y otro formado por los meses con menor proporción de morfoespecies (octubre y noviembre de 2010 y 2011). Cabe resaltar que en este último grupo los meses se separan en 2010 y 2011.

En la composición espacial, TZE presentó la mayor proporción de morfoespecies compartidas (0.6), seguido de PL2 (0.55) y PDC (0.42), las menores proporciones se presentaron en FER (0.28), SLL (0.27) y UBV (0.25). El análisis de agrupamiento para los remanentes boscosos evidenció la existencia de dos grupos, uno formado por remanentes que presentan continuidad boscosa (PL2, UBV, PL1 y FER) o algún otro tipo de cobertura como cardamomo (TZE). El segundo grupo está formado por remanentes rodeados de matriz abierta (SLL, PRO y PDC) (Figura 4. b).

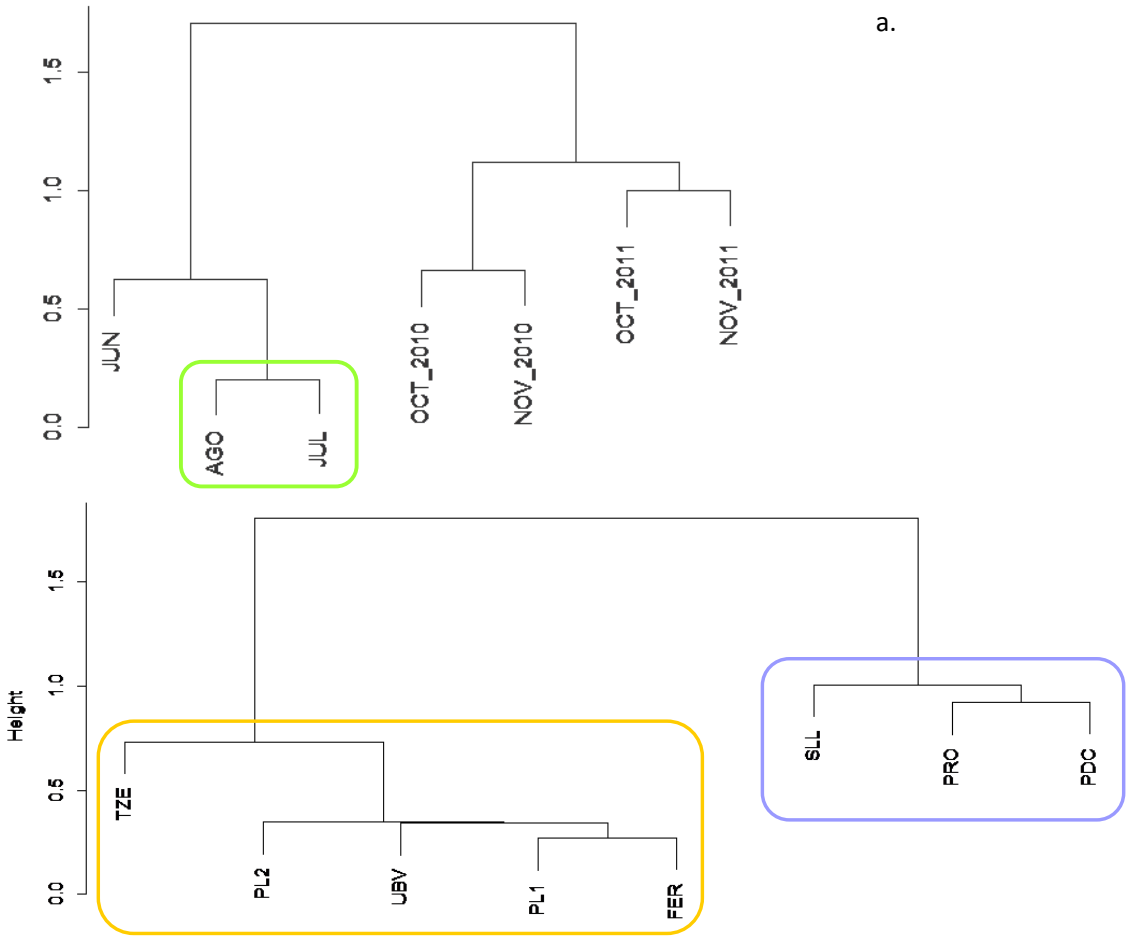


FIGURA 4
Análisis de Agrupamiento Jerárquico (Distancia Morisita-Horn) para la composición de *Marasmius* (a) a lo largo de siete meses de recolecta, (b) en ocho remanentes boscosos de la Ecorregión Lachuá.

El análisis de ordenación NMDS (estrés 0.071) evidenció que la composición de *Marasmius* está determinada espacial y temporalmente (Figura 5). Se observan dos grupos, en el primero se agrupan los sitios en función de la temporalidad de junio a agosto, en el segundo se agrupan de acuerdo a la temporalidad de octubre y noviembre de 2010 y 2011.

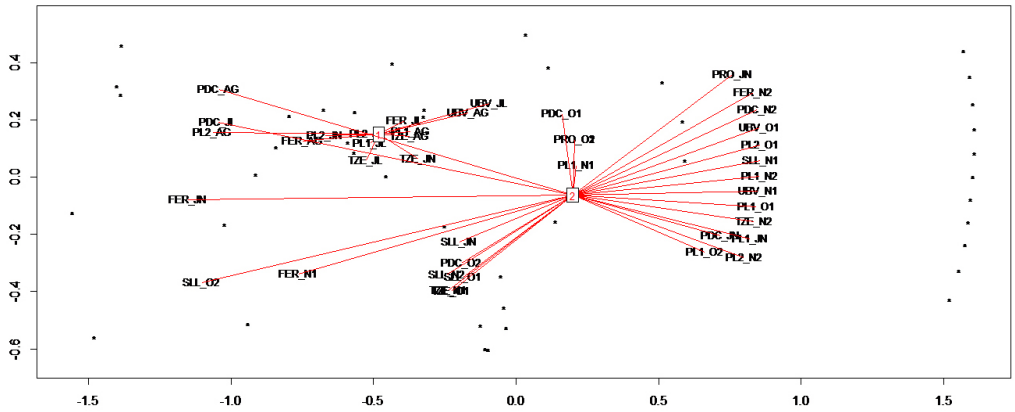


FIGURA 5.
Análisis de Escalamiento Multidimensional No Métrico para la composición espacio-temporal de *Marasmius* en la Ecorregión Lachuá

FIGURA 6:
Hongos de género *Marasmius* Fr. recolectados en la Ecorregión Lachuá.
1. *Marasmius helvolus* Berk. 2. *Marasmius tageticolor* Berk. 3.-7. *Marasmius* ssp. (Escala de regla: 1mm).
Fotografías 1, 3, 4, 6, y 7. Lic. Gandhi Ponce
Fotografías 2 y 5. PhD. Maura Quezada.

Discusión

Se reportan 56 morfoespecies y dos especies de *Marasmius* en ocho remanentes boscosos (Figura 6) con alta heterogeneidad en su fructificación espacial como temporal en la Ecorregión Lachuá. La estimación de la proporción de cobertura sugiere un alcance del muestreo de 75%, faltando por conocer un 25% de la diversidad de este grupo de hongos para la ecorregión. El porcentaje obtenido es alto, estos resultados coinciden con Braga–Neto (2008) & Singer (1976) quienes estudiaron el género y reportaron un alto número de especies, Singer reporta 233 especies para regiones tropicales y subtropicales y Braga–Neto reporta 148 para amazonia central. Es importante resaltar, a pesar de obtenerse un alto número de registros realizando colectas mensuales, es posible que se logre detectar un mayor número de morfoespecies aumentando la frecuencia de muestreo de mensual a semanal. Huhndorf (2004) indican que la frecuencia de muestreo depende de la cantidad de especies diferentes entre cada muestreo, en el caso de especies agaricales como *Marasmius*, donde el recambio de especies es alto en bosques tropicales, resaltando que estas especies deberían muestrearse a intervalos de una o dos semanas. Esta hipótesis se soporta según Egli, Ayer & Chatelai (1997) donde cuantificaron la pérdida en el registro de especies debido a una reducción de la frecuencia de muestreo semanal a intervalos mensuales.

Efecto de las variables estudiadas en la fructificación de *Marasmius* Fr.

Es importante resaltar los patrones observados entre las variables climáticas evaluadas en el proceso de fructificación. El efecto de la temperatura está relacionado con el potencial de evaporación del aire, la capacidad del aire de llevar agua se duplica cuando la temperatura aumenta 10°C. El tejido de los hongos se deshidrata con mayor facilidad a temperaturas altas y esta vulnerabilidad puede provocar retraso en el desarrollo de cuerpos fructíferos y en su crecimiento para madurar (Straatsma, Ayer & Egli, 2001. Los rangos de temperatura para la producción de cuerpos fructíferos han sido estudiados mayormente en hongos descomponedores de madera donde se ha determinado que puede variar entre 5º y 41ºC, siendo de 25°–30°C la temperatura óptima en regiones templadas y de 30°–40°C en regiones tropicales (Magan, 2008; Walker & White, 2005). En comparación con este grupo de hongos, *Marasmius* muestra rangos muy específicos que van de 26 – 27°C (Figura 3).

La precipitación muestra un patrón dado por dos picos de riqueza y abundancia acumulada en los meses de mayor precipitación en la ecorregión (Monzon, 1999). Al parecer, estos picos obedecen a rangos específicos requeridos por diferentes especies de *Marasmius* (Figura 3), si bien la mayoría se caracteriza por resistir cierto grado de falta de agua, se han reportado algunas especies susceptibles a la desecación (Braga–Neto, 2006). La precipitación puede considerarse como una variable importante para la fructificación de hongos marasmioides ya que dependen de condiciones adecuadas para mantener la actividad del micelio, crecer y reproducirse (Braga–Neto, 2006). La característica principal de *Marasmius* es la marcescencia o capacidad de revivir luego de haber perdido agua, que les permite responder a fluctuaciones del ambiente donde se desarrollan (Lodge et al., 1995).

Se registró que la abundancia acumulada se incrementa en un rango de humedad relativa entre 88–90%. Algunos estudios han determinado que la humedad relativa tiene mayor impacto en la fructificación de basidiomicetes (Lodge, 1996) debido a la

susceptibilidad a cambios en la humedad del sustrato. Calonge (1990) y Mata (1999) han documentado que una humedad relativa >70% es capaz de incrementar la producción de cuerpos fructíferos. Esto puede deberse a la acción directa de la humedad relativa sobre la tasa de descomposición de la hojarasca, que unido a la acción de la temperatura puede ofrecer condiciones favorables para la actividad de la biota responsable de la descomposición (Smith & Bradford, 2003). Arteaga & Moreno (2006) estudiaron la producción promedio de hongos en bosques de pino y encino, y encontraron que la humedad relativa ejercía un efecto importante aumentando la producción de cuerpos fructíferos (0.0388 kg–ha/1%). Por otra parte, Didham & Lawton (1999) determinaron que la humedad del suelo es de las variables que se modifican rápidamente en paisajes fragmentados.

En relación a la temporalidad, las mayores abundancias acumuladas se registraron en los meses de junio, agosto y octubre de 2010, con dos picos en los meses de junio y agosto. Se ha documentado que muchos basidiomicetos muestran una temporalidad o periodicidad marcada, lo cual significa que la producción de cuerpos fructíferos está restringida a cierta época del año. De acuerdo con Arnolds (1995) la temporalidad está fuertemente relacionada a condiciones climáticas y es más pronunciada en áreas donde las condiciones climáticas son marcadas. Si bien en los trópicos estas condiciones no son tan pronunciadas, se observa un patrón de relación entre la temporalidad y los factores climáticos lo que a su vez da una idea de un posible efecto de la temporalidad sobre la producción de cuerpos fructíferos de *Marasmius*.

En cuanto al tamaño de remanente boscoso, no se observó un patrón de abundancia acumulada de cuerpos fructíferos. Al parecer la abundancia acumulada de *Marasmius* no está restringida por el área del remanente. Esto evidencia la importancia de cada remanente en los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes en la ecorregión. Los cuerpos fructíferos evidencian la descomposición de hongos en los ecosistemas, como resultado de este proceso los cuerpos fructíferos exportan nutrientes como Ca, Fe, K, Mn, N, P, Zn de la madera y hojarasca y la restituyen al bosque cuando son ingeridos por insectos y otros animales, o durante la senescencia del cuerpo fructífero (Vogt et al., 1992). Si bien en este estudio el tamaño del remanente no mostró un patron sobre la abundancia acumulada de cuerpos fructíferos, es posible que analizando otros aspectos e incluso utilizando otras técnicas se obtenga un valor significativo para esta variable.

Es importante resaltar que las variables analizadas corresponden a nivel de la Ecorregión Lachuá, no obteniéndose datos de los cambios climáticos en cada remanente. Dado que los resultados de este estudio demuestran que *Marasmius* es un género susceptible a cambios del ambiente, se recomienda obtener datos climáticos para cada sitio de colecta. Para ello es aconsejable el uso de termohigrómetros Data Logger ya que poseen tamaño pequeño, resistencia a condiciones drásticas y capacidad de registrar temperatura y humedad a intervalos fijos.

Cambio en la composición temporal y espacial de *Marasmius* Fr.

Los análisis realizados a partir de los meses de recolecta y los remanentes de selva con cobertura boscosa indican que la composición de *Marasmius* en la Ecorregión Lachuá está compuesta temporal y espacialmente. A escala temporal es evidente una diminución en la proporción de morfoespecies compartidas en los meses de junio de 2010 a noviembre de 2011 (Figura 2).

En el análisis de agrupamiento se observan dos grupos, en el primer grupo sobresalen junio, julio y agosto (Figura 4, a) estos corresponden a los meses que presentaron mayor proporción de morfoespecies compartidas, la composición de hongos en estos meses es parecida. El segundo grupo está formado octubre y noviembre de 2010 y 2011. De octubre a noviembre de 2011, en relación a 2010, se registró un aumento de temperatura y precipitación, favoreciendo la fructificación de diferentes especies con requerimientos específicos, lo que explica el cambio en la composición de las mismas. Estos cambios en la composición pueden ser explicados principalmente por cambios en los factores climáticos evaluados los cuales están asociados a la disponibilidad de factores limitantes como agua, humedad del suelo y temperatura (Cooke, 1948; Manachère, 1980; Slankis, 1974;). De acuerdo con Pinna, Gerry, Coté & Sirois (2010) los patrones de producción de cuerpos fructíferos pueden variar grandemente entre especies (variación interespecífica) o incluso entre años en las mismas especies (variación intraespecífica).

A escala espacial se observó que cada remanente presenta una composición de especies particular (Figura 2). El análisis de agrupamiento (Figura 4, b) resalta la existencia de dos grupos, uno formado por remanentes rodeados con cobertura y uno con áreas abiertas. En el primer grupo se observó que TZE forma un grupo externo, cabe resaltar que a diferencia de los otros remanentes, TZE no presenta un bosque continuo pero sino está rodeado de cultivos de cardamomo. El tipo de uso que rodea al remanente influye en la composición de *Marasmius.* El tipo de uso de suelo es un factor importante, dado que en áreas cultivadas la carga de nitrógeno y otros elementos pueden causar cambios en la composición de las características del suelo, lo que a su vez también puede afectar a los hongos que se desarrollan en estos lugares. En remanentes rodeados por áreas abiertas, los efectos de cambios en temperatura, evapotranspiración y humedad ejercen mayor efecto que en remanentes rodeados con cobertura vegetal (Didham, Ghazoul, Stork & Davis, 1996; Lawton, 1999). Esto puede observase cuando altas temperaturas inducen un aumento en el potencial de evapotranspiración, lo que a su vez provoca un aumento de humedad disponible en el sustrato. Esta humedad es capaz de activar el micelio y esto favorece un aumento en la fructificación (Lodge, 1996; Moore, Gange, Gange & Body, 2008). La alta heterogeneidad en composición espacial, también puede responder a la especificidad de sustrato de los hongos (Lodge, 1996). Singer (1976) evaluó el género *Marasmius* en cinco localidades de selva virgen en el Amazonas y reportó pocas especies comunes. Estas observaciones lo llevaron a proponer que este grupo es extremadamente sensible a pequeños cambios en el microclima, distribución del hospedero y aislamiento geográfico.

El análisis espacio-temporal mostró que la composición de *Marasmius* está influenciada por la temporalidad en los meses de junio, julio y agosto, en estos meses la precipitación es más constante y esto se refleja en mayor fructificación y proporción de morfoespecies compartidas en los remanentes. A diferencia en los meses de octubre y noviembre en los cuales se registró una disminución evidente de precipitación, la composición de *Marasmius* está influenciada principalmente a nivel espacial, en estos meses se observó la fructificación de morfoespecies únicas en cada remanente. Los resultados evidencian que *Marasmius* responde a cambios en factores climáticos los cuales dependen de la temporalidad y a la espacialidad. Sin embargo, los factores evaluados no son las únicas variables capaces de explicar la producción de cuerpos fructíferos en los

remanentes de bosque. Para explicar de mejor manera este fenómeno en tiempo y espacio será necesario considerar otros factores tales como luz, edad y estructura de la vegetación, propiedades químicas del suelo y estructura del paisaje, así como el efecto de borde en los remanentes (Dighton y Mason, 1985; Vogt, Edmonds & Grier, 1981).

Estos cambios en riqueza y abundancia acumulada de hongos en el tiempo y el espacio, pueden ser utilizados como indicadores de estas perturbaciones. La información generada en este estudio permite proponer el monitoreo de *Marasmius* a través del tiempo para generar planes de manejo adecuados para el área.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por la Dirección General de Investigación (DIGI 7.95), el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FODECYT 29-2011) y la Red Latinoamericana de Botánica (RLB). Agradecemos a la Licda. Roxanda López, Emanuel Agreda y Licda. Gretchen Cohn por su apoyo en los viajes de recolecta. Al Lic. Gandhi Ponce por su colaboración en la toma de fotografías de hongos. A la Dra. Evangelina Pérez–Silva por su colaboración en la obtención de valiosas referencias para la investigación. A la administración del Parque Nacional Laguna Lachuá, especialmente a la Sra. Leticia Lemus. A las siguientes personas ya que por su valioso apoyo facilitaron la realización de los viajes de recolecta: Sr. Ángel Xo, Sr. Paulino Baleu, Sr. Ernesto Caal, Sr. Felipe Caal, Sr. Eustaquio Catalán, Sr. Alberto Cucul, Sr. Noe Pérez López y Sr. Jaime Hazard.

Referencias

Arnolds, E. (1995). Problems in measurements of species diversity of macrofungi. In D. Allsopp, R. Colwell, y D. Hawksworth (Eds.), *Microbial Diversity and Ecosystem Function* (pp. 337–353). Wallingfor: CAB International.

Arteaga, B. & Moreno, C. (2006). *Los hongos comestibles silvestres de Santa Catarina del Monte, Estado de México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 12*(2), 125–131..

Avendaño, C. (2002). Diversidad de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un paisaje tropical de la Región Lachuá, Guatemala (Tesis de Maestría). Colegio de la Frontera Sur, México.

Ávila, R. (2004). Estudio base para el programa de monitoreo de la vegetación en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Braga–Neto, R. (2006). *Diversidade e padroès de distribuiçào espacial de fungos de liteira sobre o solo em florestas de terra firme na amazònia central* (Tesis de Doctorado). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.

Braga–Neto, R., Costa, R., Magnusson, W., Zuquim, G. & Volkmer, C. (2008). *Leaf litter fungi in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. Biodiversity and Conservation, 17*, 2701–2712. https://doi.org/10.1007/s10531-007-9247-6

Burnham, K. & Anderson, D. (2002). *Model selection and multi–model inference: a practical information–theoretic apartproach*. New York: Springer.

Buyck, B., Laessøe, T., Meyer, M. & Hofstetter, V. (2010). Collecting the neglected kingdom: Guidelines for the field mycologist with emphasis on the larger fungi. In J. Eymann, J. Degreef, Ch. Häuser, J. Monje, Y. Samyn, & D. VandenSpiegel (Eds.), *Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring, Part. 1* (pp. 308–330). Nyon, Suecia: European Distributed Institute of Taxonomy.

Calonge, D. (1990). *Setas (Hongos) Guía Ilustrada* (2da. Ed.). Madrid: Ediciones Mundi–Prensa.

Cannon, P. & Kirk, P. (2007). *Fungal families of the world* (tenth ed.). Wallingford, United Kingdom: CAB International. https://doi.org/10.1079/9780851998275.0000

Chao, A. & Jost, L. (2012). *Coverage–based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. Ecology, 93*(12), 2533–2547. https://doi.org/10.1890/11-1952.1

Consejo Nacional de Áreas Protejidas (2003). Plan Maestro del Parque Nacional Laguna Lachuá. Recuperado de: http://www.conap.gob.gt/Members/admin/documentos/documentos-centro-de-documentacion/planes-maestros/parque-20nacional20laguna-20de-20lachua.pdf

Cooke, W. (1948). *A survey of literature on fungus sociology and ecology. Ecology 29,* 376–382. https://doi.org/10.2307/1930998

Crawley, M. (2006). *The R Book*. London, United Kingdom: John Wiley & Sons.

Didham, R. & Lawton, J. (1999). Edge structure determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation structure in tropical forest fragments. *Biotropica, 31*(1), 17–30. https://doi.org/10.2307/2663956

Didham, R., Ghazoul, J., Stork, N. & Davis, A. (1996). Insects in fragmented forest: a functional approach. *Perspectives Elsevier Science, 11*(6), 255–260. https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)20047-3

Dighton, J. & Mason, P. (1985) Mycorrhizal dynamics during forest tree development. In D. Moore, L. Casselton, D. Wood & J. Frankland (Eds), *Developmental Biology of Higher Fungi* (pp.117–139). Cambridge, UK: Cambridge,University Press.

Egli, S., Ayer, F. & Chatelain, F. (1997). *Die Beschreibung der Diversitaet von Makromyzeten. Erfahrungen aus pilzoekologischen Langzeitstudien Im Pilzreservat La Chaneaz,* FR. *Mycologia Helvetica 9*: 19–32.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2011). *Situación de los Bosques del Mundo.*

Ficha informativa de los humedales RAMSAR. (2004). Sitio Eco–región Lachuá. Recuperado de http://es.scribd.com/doc/72119085/Ficha–RAMSAR–Lachua

Franco–Molano, A., Aldana, R. & Halling, R. (2000). *Setas de Colombia (Agaricales, Boletales y otros hongos) Guía de Campo*. Medellín, Colombia: COLCIENCIAS.

Gibbs, H., Ruesch, A., Achard, F., Clayton, M., Holmgren, P., Ramankutty, N., et al. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proc Natl Aca Sci EUA, 107*, 16732–16737. https://doi.org/10.1073/pnas.0910275107

Gilliam, M. (1976). The genus *Marasmius* in the Northeastern United States and adjacent Canada. *Mycotaxon, 4,* 1–44.

Huhndorf, S., Lodge, J., Wang, C. & Stokland, J. (2004). Macrofungi on woody substrata. In L. G. Mueller, G. Bills & M. Foster (Eds.), *Biodiversity of fungi. Inventory and Monitoring Methods* (pp. 159–172). London: Elsevier.

Hurtado, D. (2008). *Dinámicas Agrarias y Producción Campesina en la Globalización: El Caso de Alta Verapáz, 1970-2007.* Guatemala: F&G Editores.

Instituto de Transformación de Conflictos para la Construcción de la Paz en Guatemala. (2009). *Conflicto y Uso de Tierra. Nuevas Expresiones de Conflictividad Agraria en Guatemala*. Universidad Rafael Landívar: Guatemala.

Kindt, R. & Coe, R. (2005). *Tree Diversity Analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies.* Nairobi, Kenya: World Agroforestry Centre (ICRAF).

Kutner, M., Nachtsheim, C., Neter, J. & Li, W. (2005). *Applied Linear Statistical Models* (5th ed.). New York: McGraw–Hill.

Lodge, J., Chapela, I., Samuels, G., Uecker, F., Desjardin, D., Horak, E., et al (1996). Diversidad mundial y regional de hongos. En H. Hernández, A. García, F. Alvarez y M. Ulloa, *Enfoque contemporáneos para el estudio de la biodiversidad* (pp. 291–304). México: Instituto de Biología, UNAM.

Magan, N. (2008). Ecophysiology: Impact of enviroment on growth, synthesis of compatible solutes an enzyme production. In L. Boddy, J. Frankland, y P. van West, *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 63–78). London: Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0275-0287(08)80006-9

Manachère, G. (1980). *Conditions essential for controlled fruiting of macromycetes a review. Transactions of the British Mycological Society, 75*, 255–270. https://doi.org/10.1016/S0007-1536(80)80088-X

Mata, M. (1999). *Hongos de Costa Rica* (Vol. 1). Santo Domingo de Heredia: INBIO.

Mata, M. (2011). *Manual recolección, descripción y preservación de macrohongos.* San José, Costa Rica: INBIO.

Monzón, R. (1999). *Estudio general de los recursos agua, suelo y uso de la tierra en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia, Cobán, Alta Verapaz* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala.

Moore, D., Gange, A., Gange, E. & Boddy, L. (2008). Fruit bodies, their production and development in relation to enviroment. In L. Boddy, J. Frankland, y P. van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 79–103). London: Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0275-0287(08)80007-0

Pinna, S., Gévry, M., Coté, M. & Sirois, M. (2010). Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canadá. *Forest Ecology and Management, 260*, 294–301. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.04.024

Quezada, M. (2005). Análisis de la diversidad y distribución de Macrohongos (Órdenes Agaricales y Aphylloporales) en relación con los paisajes antropogénicos en la zona de influencia del Parque Nacional Laguna Lachuá, Cobán, Alta Verapaz (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.

R Development Core Team. (2011). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Recuperado de http://www.R–project.org/.

SAFRINET. (2010). Collecting and processing of field material. In Baxter, A., y Van der Linde, P (Eds.), *Collecting and Preserving Fungi. A manual for Mycology* (pp. 13–19). Johanesburg: BioNET Interntional.

Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia. (2011). Plan de Desarrollo Integral Franja Transversal del Norte. Diagóstio Territorial. Tomo I. (SEGEPLAN)

Shapiro S. & Wilk, M. (1965). *An analysis of variance test for normality. Biométrica, 52*(3), 591–9. https://doi.org/10.2307/2333709

Singer, R. (1976). *Marasmieae (Basidiomycetes–Tricholomataceae).* Flora Neotropica. Nueva York, EUA: The New York Botanical Garden.

Singer, R. (1986). *The Agaricales in modern taxonomy* (4th ed). Germany: Koeltz Scientific Books.

Slankis, V., (1974). *Soil factors influencing formation of mycorrhizae. Ann. Rev. Phytopathol. 12,* 437–457. https://doi.org/10.1146/annurev.py.12.090174.002253

Smith, V. & Bradford, M. (2003). *Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. Applied Soil Ecology, 24*, 197–203. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00094-5

Straatsma, G., Ayer, F. & Egli, S. (2001). Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in a Swiss forest plot. *Mycological Research, 105*(5), 515–523. https://doi.org/10.1017/S0953756201004154

Tan, Y., Desjardin, D., Perry, B., Vikineswary, S. & Noorlidah, A. (2009). Marasmius sensu stricto in Peninsular Malaysia. *Fungal Diversity*, *37,* 9-100.

Tlalka, M., Bebber, D., Darrah, P. & Watkinson, S. (2008). Mycelial networks: nutrient uptake, translocation and role in ecosystems. In L. Boddy, J. Frankland, y P. van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 43-62). London: Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0275-0287(08)80005-7

Tsujino, R., Sato, H., Imamura, A. & Yumoto, T. (2009). Topography–emergence of fungal fruiting bodies in warm temperate evergreen broad–leaved forests on Yakushima Island, Japan. *Mycoscience, 5,* 388–399. https://doi.org/10.1007/S10267-009-0494-0

Vogt, K., Edmonds, R. & Grier, C. (1981). Biomass and nutrient concentrations of sporocarps produced by mycorrhizal and decomposer fungi in *Abies amabilis* stands. *Oecologia 50*: 170–175. https://doi.org/10.1007/BF00348033

Vogt, K., Bloomfield, J., Ammirati, J. & Ammirati, S. (1992). Sporocarp production by Basidiomycetes, with emphasis on Forest Ecosystems. In G. Carroll & D. Wicklow, (Eds), *The Fungal Community; its organization and role in the ecosystem* (pp. 563 – 581). Marel Dekker : New York.

Walker, G. & White, N. (2005). Fungal growth and reproduction. In K. Kavanagh (Ed.), *Fungi, biology and applications* (pp. 26–33). Chichester, England: John Wiley & Sons.

Zuur,A., Ieno, E. & Smith, G. (2007). *Analysing Ecological Data*. New York, USA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-45972-1

Copyright (c) 2015 R. Sunum, M. Quezada, y D. Bustamante

Este texto está protegido por una licencia *CreativeCommons 4.0*.

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, , incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

Resumen de licencia - *Texto completo de la licencia*