

Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MACROHONGOS PRESENTES EN TRONCOS DE ROBLE EN DOS BOSQUES MONTANOS NEOTROPICALES DE COSTA RICA

COMPARATIVE STUDY OF MACROFUNGI ON DEAD OAK WOOD IN TWO NEOTROPICAL MONTANE FORESTS IN COSTA RICA

Carranza-V., J.: J.F. DiStéfano-G., M. Walter-Marín, y M. Mata-H.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MACROHONGOS PRESENTES EN TRONCOS DE ROBLE EN DOS BOSQUES MONTANOS NEOTROPICALES DE COSTA RICA

COMPARATIVE STUDY OF MACROFUNGI ON DEAD OAK WOOD IN TWO NEOTROPICAL MONTANE FORESTS IN COSTA RICA

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MACROHONGOS PRESENTES EN TRONCOS DE ROBLE EN DOS BOSQUES MONTANOS NEOTROPICALES DE COSTA RICA

COMPARATIVE STUDY OF MACROFUNGI ON DEAD OAK WOOD IN TWO NEOTROPICAL MONTANE FORESTS IN COSTA RICA

Carranza-V., J.: J.F. DiStéfano-G., M. Walter-Marín, y M. Mata-H.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS MACROHONGOS PRESENTES EN TRONCOS DE ROBLE EN DOS BOSQUES MONTANOS NEOTROPICALES DE COSTA RICA

COMPARATIVE STUDY OF MACROFUNGI ON DEAD OAK WOOD IN TWO NEOTROPICAL MONTANE FORESTS IN COSTA RICA

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 45: 35-56. Enero 2018

DOI:

10.18387/polibotanica.45.4

J. Carranza-V. /julieta.carranza@ucr.ac.cr

Escuela de Biología

Lab. de Recursos Forestales, Instituto de Investigaciones en Ingeniería, Universidad de Costa Rica

J.F. DiStéfano-G.

Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica

W. Marín-M.

M. Mata-H.

Escuela de Biología

Lab. de Recursos Forestales, Instituto de Investigaciones en Ingeniería Universidad de Costa Rica

RESUMEN: Se estudió la presencia de macrohongos en troncos caídos de roble en dos bosques montanos neotropicales en Costa Rica durante los años 2008-2012. Se seleccionó un bosque maduro (aprox. de 200 años) y uno en proceso de regeneración (32 años). Se identificaron 181 taxones (80 especies y 101 morfoespecies). Un número similar de especies se presentó en ambos bosques, aunque la composición de éstas fue diferente en cada uno. De acuerdo a los resultados obtenidos, se sugiere que los porcentajes de especies diferentes y compartidas para cada bosque, pueden representar cada uno un tercio de la diversidad presente en estos bosques. *Xylobolus subpileatus* e *Hymenochaete rubiginosa* fueron las especies más comunes. Varias especies de hongos ectomicorrízicos se encontraron sobre los troncos caídos, pertenecientes principalmente a los géneros *Inocybe*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Leccinum* y *Russula*. Se discute la relación entre la aparición de los cuerpos fructíferos y las condiciones ambientales presentes durante el periodo de estudio; así como la importancia de la conservación de estos bosques en procesos de regeneración.

Palabras clave: macrohongos de la madera, macrohongos en troncos caídos, bosque neotropical montano de roble, diversidad fúngica, dinámica de hongos, robles, Costa Rica, conservación.

ABSTRACT: The presence of macrofungi on dead oak wood was studied in two neotropical montane forests in Costa Rica during 2008-2012. The two sites chosen for the study were a mature forest (approx. 200 yr. old) and a secondary forest (32 yr. old). One hundred and eighty-one taxa (80 species and 101 morpho species) were identified. A similar number of species was present in both forests, but there were some differences in the species composition of each forest. According to the results, it is suggested that the percentage of different and shared species could each represent a third of the diversity present in these forests. *Xylobolus subpileatus* and *Hymenochaete rubiginosa* were the most common species in both forests. Several ectomycorrhizal species were found growing on logs, and the genera most commonly found were: *Inocybe*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Leccinum* and *Russula*. The relationship between fungal fructifications and the environmental conditions present during the

study period is discussed, as well as the importance of conserving fragments of secondary forest.

Key words: dead wood macrofungi, neotropical montane oak forests, fungal diversity, fungal dynamics, oaks, Costa Rica, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los bosques montanos en Costa Rica son considerados como uno de los ecosistemas más frágiles y de más lenta recuperación, tanto por sus factores edáficos como climáticos. Dada su fragilidad, cualquier alteración en su estructura tiene efectos dramáticos sobretodo en la diversidad de especies (Kappelle, 1996, 2006a, 2006b; Kappelle, Kennis, & de Vries, 1995).

Por muchos años, principalmente entre 1950 y 1970, estos bosques estuvieron expuestos a fuertes alteraciones debidas al cambio del uso del suelo, y a la extracción de madera de roble para construcción y consumo doméstico. Sin embargo, a partir de la década de 1980, esta región pasó a ser una zona protegida, gracias a la creación de la Reserva de la Biosfera La Amistad (Kappelle, 1996). A pesar de esto, se desconoce si estos bosques montanos tropicales son capaces de recuperarse después de una tala intensiva y si podrían llegar a un nivel de diversidad y complejidad que se acerque al estado primario encontrado en los bosques maduros no intervenidos (Kappelle, 1996). Se ha calculado que el tiempo mínimo teórico de recuperación florística podría ser de 65 años (Kappelle, 2006b).

Es bien conocido que la destrucción y fragmentación de hábitats conduce a una disminución de la biodiversidad a escala local, regional y global y este efecto se incrementa cuando se suman cambios climáticos (Kappelle, Van Vuuren, & Baas, 1999; Mueller, Halling, Carranza, Mata, & Schmit, 2006; Oosterhoorn & Kappelle, 2000). Los hongos son uno de los grupos de organismos que se ven más afectados por estos cambios, ya que muchas variables influyen en su desarrollo, y, por lo tanto, en su diversidad. Entre ellas se citan la cubierta boscosa, la densidad de cobertura, la abundancia y tipo de especies arbóreas y otras plantas caídas, la presencia de sustratos, la edad del hospedero, el microclima y el tiempo de perturbación (Lindblad, 2001; Lodge *et al.*, 2004). Dada la influencia de múltiples variables en su desarrollo, estos organismos han sido considerados elementos esenciales cuando se desea analizar e interpretar la dinámica de los bosques primarios y la importancia de su conservación (Lindblad, 2001; Mueller *et al.*, 2006).

Varios autores han mencionado que en el caso de los hongos degradadores de la madera, estos sufren una drástica disminución en su diversidad cuando son removidos sus sustratos (Jonsson, Kruys, & Ranius, 2005). Asimismo, que el microclima y varias características del sustrato como: tamaño, tipo, estado de podredumbre y contenido de humedad, tienen un impacto en la colonización (Huhndorf, Lodge, Wang, & Stokland, 2004; Lisiewska, 1992).

Las comunidades de estos hongos cambian durante el proceso de degradación, lo cual está generalmente relacionado con variaciones en la calidad del sustrato y con la influencia del clima local. Se ha observado que se dan secuencias de producción de esporocarpos. Muchas especies pueden estar presentes desde el principio, pero no fructifican al mismo tiempo. Algunas fructifican en etapas tempranas de la descomposición y otras lo hacen más tarde (Kubartová, Ottosson, Dahlberg, & Stenlid, 2012; Lindblad, 2001; Lodge *et al.*, 2004).

Lodge *et al.* (2004) han informado sobre diferencias en la fructificación de especies, lo cual varía de año a año y a diferentes elevaciones y latitudes. La máxima riqueza de especies que fructifican ocurre sólo durante periodos cortos y difiere cada año. Por lo tanto, cuando se van a realizar muestreos para estudios de diversidad, deben considerarse las variables ambientales y los procesos ecológicos que afectan la posibilidad de registrar una especie.

Estos cambios en las comunidades fúngicas han sido estudiados en bosques primarios y secundarios, especialmente en zonas templadas (Lindblad, 2001; Mueller *et al.*, 2006), en donde se ha demostrado una mayor ocurrencia de especies diferentes en el primario comparado con el secundario; sin embargo, se han encontrado algunas especies más abundantes en el secundario que en el primario (Lisiewska, 1992). Lindblad (2001) en su trabajo con hongos degradadores de la madera en Santa Rosa, Guanacaste, señala poca diferencia en riqueza de especies entre un bosque primario y uno secundario. Por otro lado, Muñoz Rivera (2009) en la Cordillera de Talamanca, encontró un 55% de especies compartidas entre un bosque primario y uno secundario, y un 45% de especies específicas para cada tipo de bosque. Su estudio es pionero en bosques montanos de Costa Rica ya que incluyó macrohongos en diferentes sustratos.

El objetivo de la siguiente investigación fue comparar la riqueza y la variación temporal de macrohongos de troncos en dos bosques de roble de altura de Costa Rica con diferentes grados de alteración estructural en diferentes estaciones a lo largo de cinco años.

MÉTODOS

Sitio de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en un bosque en proceso de regeneración de aprox. 32 años (secundario, 2 751 m s.n.m., latitud norte de 9° 35' 44'', longitud oeste de 83° 47' 49'') (fig. 1a), y en un bosque maduro de aprox. 200 años (Kappelle, 1993) (primario, 2 577 m s.n.m., latitud norte de 9° 35' 30'', longitud oeste de 83° 47' 28'') (fig. 1b), ubicados cerca de los pueblos de San Gerardo y Jaboncillo, distrito de Copey, cantón de Dota, Provincia de San José, durante los años 2008-2012. La distancia entre ambos bosques es de 6 km. La vegetación del bosque maduro se caracteriza por una dominancia de *Quercus copeyensis* C.H. Mull., y *Q. costaricensis* Liebm. que alcanzan diámetros de un metro o más, y alturas mayores a 30 m. La vegetación del bosque en regeneración se encuentra dominada por *Fuchsia arborescens* Sims y *Abatia parviflora* Ruiz & Pav. junto con las mismas especies de roble (Muñoz Rivera, 2009). En ningún caso se logró identificar a nivel de especie los troncos o tocones de roble seleccionados.

Recolección de los hongos

El muestreo en troncos (30 en bosque primario, 11 en secundario) y tocones de robles (20 sólo en secundario) se llevó a cabo de forma oportunista de acuerdo a la metodología recomendada por Huhndorf *et al.* (2004) y Mueller *et al.* (2004). Cada sustrato se marcó con una banderola y con pintura fluorescente. En cada muestreo se determinó el estado de podredumbre según la metodología indicada por Mueller *et al.* (2004). Se realizaron un total de 37 giras de campo, distribuidas tanto en la época seca como lluviosa entre el 2008 y el 2012 (19 al bosque primario y 18 al secundario) y en cada una de ellas se muestrearon los troncos y tocones marcados. Durante cada visita se recolectaron los cuerpos fructíferos y muestras de los sustratos en los cuales se encontraban y de suelo para determinar el porcentaje de humedad (Donahue, Miller, & Shickluna, 1983). Todos los hongos fueron identificados, fotografiados previo y posterior a su recolección, para mantener un registro del color y de la forma de la muestra fresca.

Procesado de las muestras e identificación

Las muestras recolectadas fueron colocadas en cajas plásticas y llevadas a la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. Se anotaron las características de cada una y se procedió al secado al aire libre o en estufa. Se realizaron cortes de los tejidos himeniales para la observación de las diferentes estructuras y se montaron en diferentes reactivos (Melzer, Floxina, KOH) para determinar reacciones importantes utilizadas en la identificación. Se siguió la metodología propuesta por Gilbertson y Ryvardeen (1986, 1987) y Largent, Johnson, y Watling (1977) para Polyporales y Agaricales, respectivamente. Asimismo, se utilizaron claves

específicas para la identificación de los macrohongos de otros grupos (Chaverri, Huhndorf, Rogers, & Samuels, 2010; Halling & Mueller, 2005; Ju & Rogers, 1996; Ju, Rogers, San Martin, & Granmo, 1998; Mata, 1999; Mata, Halling, & Mueller, 2003; Rogers & Ju, 1998). En los casos en que no se logró identificar la especie, se contó con la ayuda de especialistas. Las especies identificadas fueron depositadas en el Herbario de la Escuela de Biología (USJ).

Muestras de madera y suelo para cálculo de humedad

Durante todas las visitas se recolectaron muestras de suelo y de madera para determinar su porcentaje de humedad y determinar las variaciones durante las diferentes épocas del año y a través del período de estudio. Las muestras fueron llevadas al laboratorio, pesadas y secadas a 65°C en un horno durante una semana. El porcentaje de humedad fue calculado de acuerdo a Donahue, Miller, & Shickluna (1983).

Datos meteorológicos

Medidas puntuales de las condiciones climáticas se registraron durante las giras con una microestación meteorológica HOBO® HB-21-002. Las variables climáticas registradas fueron: temperatura (°C) y (%) humedad relativa por medio de un sensor S-THA-M002. La microestación se colocó en el sotobosque y fue activada por medio de programación computarizada para registro de datos continuos a intervalos de cinco minutos para las variables señaladas. El sensor S-THA-M002 se colocó a la sombra, protegido de exposición directa a luz y humedad según especificaciones de la casa fabricante.

Dado que la información obtenida con esta microestación era puntual, se solicitó al Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería-Hidrología, Instituto Costarricense de Electricidad, datos sobre precipitación y temperatura para los años 2008-2012 de las estaciones cercanas a la zona de estudio [Ojo de Agua (9°36'44"N, 83°48'22.5"O) y Cerro de la Muerte (9°33'35.4"N, 83°45'10.6"O)] para contar con información más completa.

RESULTADOS

Riqueza de hongos

Se recolectaron 2 481 especímenes, 1 637 en los troncos y 844 en los tocones de roble durante los cinco años de estudio, que representaron un total de 181 taxones (80 especies y 101 morfoespecies). En el bosque primario se encontraron 125 especies, que representan un 69% de las especies presentes y en el secundario 110 (61%) (cuadro 1).

Los dos bosques mostraron diferencias con respecto a las especies de hongos presentes en cada uno durante los cinco años de estudio. De las especies identificadas en el bosque primario, 71 no se recolectaron en el secundario (39% del total), y de las especies recolectadas en el secundario, 56 (31% del total) no estaban presentes en el primario. Ambos bosques compartieron 54 especies, o sea un 30% del total de especies presentes (cuadro 1).

Dominancia de fructificaciones

Xylobolus subpileatus e *Hymenochaete rubiginosa* fueron las especies más comunes y persistentes en ambos bosques (fig. 1c y d).

En el bosque primario 25 troncos presentaron cuerpos fructíferos de *X. subpileatus* (83%) y 15 de *H. rubiginosa* (50%). Los porcentajes de ocurrencia de estas especies en el bosque secundario a diferencia del primario, fueron muy semejantes: 61.3% para *X. subpileatus* (19 troncos) y 67.7% para *H. rubiginosa* (21 troncos).

Cuadro 1. Lista de los macrohongos recolectados sobre troncos y tocones de roble en los bosques primario, secundario, y en ambos. Dota, San José, Costa Rica, 2008-2012.

Especies recolectadas en bosque primario	Especies recolectadas en bosque secundario	Especies recolectadas en ambos bosques
*CLASE/Orden/Familia		
ASCOMYCETES	ASCOMYCETES	ASCOMYCETES
Pezizales	Helotiales	Helotiales
Pezizaceae	Lachnaceae	Helotiaceae
<i>Peziza</i> sp.1 (Obs.)	<i>Dasyscyphus</i> sp. (USJ104503)	<i>Bisporella citrina</i> (Batsch) Korf & S.E. Carp. (USJ 104502)
<i>Peziza</i> sp. 2 (Obs.)		<i>Hymenoscyphus</i> sp. (USJ104844)
	Orbiliales	<i>Chlorociboria aeruginascens</i> (Oeder) Seaver (USJ104876)
Pyronemataceae		
<i>Scutellinia scutellata</i> (L.) Lambotte (USJ108898)	Orbiliaceae	Hemiphacidiaceae
	<i>Hyalorbilia</i> sp. (JCV11-11)	<i>Chlorencoelia</i> sp. (Obs.)
Sarcosomataceae		
<i>Plectania</i> sp. (USJ108920)	Pezizales	Hyaloscyphaceae
	Pyronemataceae	<i>Arachnopeziza aurelia</i> (Pers.) Fuckel (USJ83248)
Xylariales	<i>Humaria</i> sp. (Obs.)	
Xylariaceae	Discinaceae	Lachnaceae
<i>Annulohyphoxylon thouarsianum</i> (Lév.) Y.M. Ju, J.D. Rogers & H.M. Hsieh (USJ83239)	<i>Gyromitra esculenta</i> (Pers.) Fr. (USJ108902)	<i>Lachnum</i> sp. (Obs.)
<i>Daldinia concentrica</i> (Botton) Ces. & De Not (JCV 66-12)		
<i>Hypoxylon bovei</i> var. <i>microsporum</i> (USJ83241)	Xylariales	Leotiaceae
<i>Hypoxylon lienhwacheense</i> Y.M. Ju & J.D. Rogers (USJ83514)	Xylariaceae	<i>Leotia lubrica</i> (Scop.) Pers. (USJ83010)
<i>Hypoxylon</i> sp.1 (Obs.)	<i>Xylaria adscendens</i> (Fr.) Fr. (USJ83234)	Orbiliales
<i>Xylaria</i> cf. <i>coccophora</i> (USJ83509)	<i>Xylaria aff. brevipes</i> (USJ104497)	Orbiliaceae
<i>Xylaria</i> cf. <i>consociata</i> (USJ83511)	<i>Xylaria badia</i> Pat. (USJ83512)	<i>Orbilia</i> sp. (USJ108874)
<i>Xylaria</i> sp.1 (USJ104532)	<i>Xylaria cubensis</i> (Mont.) Fr. (USJ104498)	
	<i>Xylaria</i> cf. <i>filiformis</i> (OME 761)	Pezizales
BASIDIOMYCETES	<i>Xylaria</i> sp.2 (USJ104784)	Pyronemataceae
		<i>Scutellinia</i> sp.1 (Obs.)
Agaricales	BASIDIOMYCETES	
Agaricaceae		Helvellaceae
<i>Lycoperdon</i> sp. (Obs.)	Agaricales	<i>Helvella macropus</i> (Pers.) P. Karst. (USJ108918)
	Agaricaceae	
Clavariaceae	<i>Lepiota</i> sp. (Obs.)	BASIDIOMYCETES
<i>Clavaria</i> sp. 2 (Obs.)	<i>Morganella</i> sp. (Obs.)	
<i>Ramaria</i> sp. (JCV86-09)		Agaricales
	Clavariaceae	
Clavulinaceae	<i>Clavaria</i> sp.1 (Obs.)	Clavariaceae

Especies recolectadas en bosque primario	Especies recolectadas en bosque secundario	Especies recolectadas en ambos bosques
<i>Clavulina</i> sp. 3 (USJ104868)		<i>Clavaria</i> cf. <i>acuta</i> (USJ104543)
	Clavulinaceae	
Cortinariaceae	<i>Clavulina</i> sp.2 (USJ108865)	Cortinariaceae
<i>Cortinarius</i> cf. <i>violaceus</i> (Obs.)	<i>Clavulinopsis</i> cf. <i>fusiformis</i> (USJ104791)	<i>Cortinarius</i> cf. <i>iodes</i> (Obs.)
<i>Cortinarius</i> Subgen. <i>Sericeocybe</i> (USJ104875)	<i>Clavulinopsis</i> sp.1 (JCV81-11)	<i>Cortinarius</i> Subgen. <i>Telamonia</i> (USJ104890)
<i>Cortinarius</i> sp.2 (USJ108807)		<i>Gymnopilus</i> sp.1 (USJ104874)
<i>Cortinarius</i> sp.6 (USJ104561)	Cortinariaceae	<i>Galerina</i> sp.1 (USJ104894)
	<i>Cortinarius</i> Subgen. <i>Cortinarius</i> (USJ108846)	
Entolomataceae	<i>Cortinarius</i> Subgen. <i>Phlegmacium</i> : (JCV75-11)	Cyphellaceae
<i>Entoloma</i> sp. (USJ104878)	<i>Cortinarius</i> sp.1 (Obs.)	<i>Campanophyllum proboscideum</i> (Fr.) Cifuentes & R.H. Petersen (USJ83018)
	<i>Cortinarius</i> sp. 3 (USJ104802)	
Hydnangiaceae	<i>Gymnopilus</i> sp.2 (USJ108827)	Entolomataceae
<i>Laccaria</i> sp.1 (JCV235-12)		<i>Nolanea</i> sp. (Obs.)
<i>Laccaria</i> sp.3 (USJ104854)	Entolomataceae	
<i>Laccaria</i> sp.6 (Obs.)	<i>Leptonia</i> sp. (USJ108837)	Fistulinaceae
		<i>Fistulina hepatica</i> (Schaeff.) With. (Obs.)
Hygrophoraceae	Hydnangiaceae	
<i>Hygrocybe cantharellus</i> (Fr.) Murrill (USJ104541)	<i>Laccaria</i> sp. 2 (Obs.)	Hydnangiaceae
<i>Hygrocybe laeta</i> (Pers.) P. Kumm. (USJ83478)		<i>Laccaria amethystina</i> Cooke (USJ83014)
<i>Hygrocybe</i> sp.1 (USJ108804)	Hydnodontaceae	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.) Cooke (USJ104540)
<i>Hygrocybe</i> sp.2 (JCV90-09)	<i>Trechispora microspora</i> (P. Karst.) Liberta (JCV40-11)	<i>Laccaria gomezii</i> Singer & G.M. Muell. (USJ104528)
<i>Hygrocybe</i> sp.3 (Obs.)	<i>Trechispora</i> sp. (JCV39-11)	
		Inocybaceae
Inocybaceae	Hygrophoraceae	<i>Crepidotus</i> sp.1 (Obs.)
<i>Inocybe</i> Subgen. <i>Inocybe</i> (USJ104864)	<i>Hygrophorus</i> Subgen. <i>Hygrophorus</i> (USJ108825)	<i>Inocybe hystrix</i> (Fr.) P. Karst. (JCV57-11)
	Inocybaceae	
	<i>Inocybe calamistrata</i> (Fr.) Gillet (Obs.)	
<i>Inocybe</i> sp. 2 (USJ104520)		<i>Inocybe</i> Subgen. <i>Inocibium</i> (USJ104861)
	Marasmiaceae	<i>Inocybe</i> sp.1 (USJ104520)
Marasmiaceae	<i>Marasmius</i> sp.2 (USJ104514)	<i>Inocybe</i> sp.3 (USJ104767)
<i>Marasmius</i> sp.1 (USJ104514)	<i>Marasmius</i> sp.3 (JCV200-12)	<i>Inocybe</i> sp.4 (USJ8917)
<i>Crinipellis</i> sp. (Obs.)		<i>Inocybe</i> sp.6 (USJ104524)
	Meruliaceae	<i>Phaeocollybia</i> sp. (Obs.)
Meruliaceae	<i>Phlebia</i> cf. <i>albida</i> (JCV37-11)	
<i>Merulius tremellosus</i> Schrad. (USJ108803)		Mycenaceae
	Mycenaceae	<i>Mycena</i> Sect. <i>Mycena</i> sp.1

Especies recolectadas en bosque primario	Especies recolectadas en bosque secundario	Especies recolectadas en ambos bosques
		(USJ108812)
Mycenaceae	<i>Mycena Sect. Mycena</i> sp.6 (USJ104841)	<i>Mycena Sect. Mycena</i> sp.2 (USJ104822)
<i>Dictyopanus pusillus</i> (Pers.ex Lév.) Singer (USJ108857)	<i>Cf. Mycena</i> sp.8 (USJ104873)	<i>Mycena Sect. Mycena</i> sp.4 (USJ104842)
<i>Mycena Sect. Hygrocyboideae</i> sp. (USJ104545)		<i>Mycena Sect. Mycena</i> sp.7 (USJ104566)
<i>Mycena Sect. Mycena</i> sp.9 (USJ104817)	Physalacriaceae	<i>Mycena</i> sp.3 (USJ104823)
<i>Mycena Sect. Mycena</i> sp.10 (USJ104547)	<i>Armillaria puiggarii</i> Speg. (USJ108860)	<i>Xeromphalina</i> sp.(USJ108817)
Omphalotaceae	Pluteaceae	Pluteaceae
<i>Lentinula boryana</i> (Berk. & Mont.) Pegler (Obs.)	<i>Pluteus</i> sp.1 (Obs.)	<i>Pluteus cervinus</i> (Schaeff.) P. Kumm. (USJ104768)
Physalacriaceae	Psathyrellaceae	Schizoporaceae
<i>Cyptotrampa</i> sp. (Obs.)	<i>Psathyrella</i> sp.2 (USJ104776)	<i>Xylodon</i> sp. (JCV103-12)
Pleurotaceae	Schizoporaceae	Strophariaceae
<i>Pleurotus djamor</i> (Rumph: Fr.) Boedijn (Obs.)	<i>Schizopora paradoxa</i> (Schrad.) Donk (USJ104500)	<i>Hypholoma capnoides</i> (Fr.) P. Kumm. (USJ108832)
		<i>Hypholoma subviride</i> (Berk. & Curtis) M.A. Dennis (USJ 108831)
Pluteaceae	Tricholomataceae	
<i>Pluteus</i> sp.2 (Obs.)	<i>Gymnopus</i> sp.3 (Obs.)	Tricholomataceae
<i>Pluteus</i> sp.3 (Obs.)	<i>Gymnopus</i> sp.4 (Obs.)	<i>Gymnopus</i> sp.2 (USJ108827)
	<i>Gymnopus</i> sp.5 (Obs.)	
Psathyrellaceae	<i>Gymnopus</i> sp.6 (Obs.)	Boletales
<i>Psathyrella</i> sp.1 (USJ108806)	<i>Tricholoma</i> sp. (Obs.)	Boletaceae
	<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke (USJ82890)	<i>Aureoboletus auriporus</i> (Peck) Pouzar (USJ83222)
Tricholomataceae		<i>Chalciporus chontae</i> Halling & M. Mata (USJ108862)
<i>Cf. Arrhenia</i> sp. (USJ108809)	Boletales	<i>Harrya chromapes</i> (Frost) Halling, Nuhn, Osmundson & Manfr. Binder (USJ108833)
<i>Gymnopus</i> sp.1 (USJ104549)	Boletaceae	<i>Leccinum talamancae</i> Halling, L.D. Gómez & Lannoy (USJ104886)
<i>Omphalina</i> sp. (Obs.)	<i>Boletus</i> sp.1 (USJ108864)	
<i>Tricholoma saponaceum</i> s.l. (USJ108849)	<i>Leccinum andinum</i> Halling (Obs.)	Cantharellales
	<i>Leccinum monticola</i> Halling & G. M. Muell. (Obs.)	Cantharellaceae
Boletales	<i>Leccinum cf. rugosiceps</i> (JCV244-09)	<i>Craterellus fallax</i> A.H. Sm. (USJ83488)
Boletaceae		
<i>Boletus</i> sp.2 (Obs.)	Auriscalpiaceae	Hydnaceae
<i>Boletus</i> sp.3 (Obs.)	<i>Lentinellus ursinus</i> (Fr.) Kühner (Obs.)	<i>Hydnum repandum</i> L. (USJ104828)

Especies recolectadas en bosque primario	Especies recolectadas en bosque secundario	Especies recolectadas en ambos bosques
Cantharellales	Cantharellales	Hymenochaetales
Cantharellaceae	Cantharellaceae	Hymenochaetaceae
<i>Cantharellus ignicolor</i> R.H. Petersen (USJ83482)	<i>Cantharellus</i> sp.1 (Obs.)	<i>Coltricia cinammomea</i> (Jacq.) Murrill (USJ83594)
<i>Craterellus boyacensis</i> Singer (USJ83483)		<i>Hymenochaete rubiginosa</i> (Dicks.) Lév. (USJ104569)
	Hymenochaetales	
Hymenochaetales	Hymenochaetaceae	Polyporales
Hymenochaetaceae	<i>Phellinus</i> cf. <i>fastuosus</i> (USJ104533)	Fomitopsidaceae
<i>Phellinus sarcites</i> (Fr.) Ryvarden (USJ82902)	<i>Phellinus</i> sp. 3 (Obs.)	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.) Murrill (USJ83227)
<i>Phellinus</i> sp.1 (USJ104574)	<i>Coltricia perennis</i> (L.) Murrill (USJ104504)	
<i>Phellinus</i> sp.2 (Obs.)	<i>Inonotus fimbriatus</i> L.D. Gómez & Ryvarden (Obs.)	Ganodermataceae
<i>Inonotus</i> sp. (Obs.)		<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.) Pat. (Obs.)
<i>Trichaptum bifforme</i> (Fr.) Ryvarden (USJ104509)	Russulales	
	Albatrellaceae	Russulaceae
Polyporales	<i>Albatrellus</i> sp. 1 (Obs.)	<i>Lactarius fragilis</i> (Burl.) Hesler & A.H. Sm. (USJ104564)
Fomitopsidaceae		<i>Russula</i> cf. <i>emetica</i> (Obs.)
<i>Ischnoderma resinatum</i> (Schrad.) P. Karst. (Obs.)	Russulaceae	
	<i>Lactarius</i> sp.3 (USJ104777)	Stereaceae
Ganodermataceae	<i>Russula</i> cf. <i>xeromphalina</i> (USJ104774)	<i>Xylobolus subpileatus</i> (Berk. & M.A. Curtis) Boidin (USJ104573)
<i>Ganoderma</i> cf. <i>lucidum</i> (USJ104499)		
	Tremellales	Tremellales
Phanerochaetaceae	Tremellaceae	Tremellaceae
<i>Ceriporiopsis costaricensis</i> M. Mata & Ryvarden (USJ104507)	<i>Tremella mesenterica</i> Retz. (USJ104796)	<i>Tremella fuciformis</i> Berk. (USJ82589)
Polyporaceae		
<i>Perenniporia</i> sp (Obs.)		
<i>Trametes</i> sp. (Obs.)		
Russulales		
Albatrellaceae		
<i>Albatrellus</i> cf. <i>dispansus</i> (USJ83739)		
Russulaceae		
<i>Lactarius</i> cf. <i>chrysorrhoeus</i> (USJ108805)		
<i>Lactarius</i> sp.2 (USJ108811)		
<i>Russula</i> cf. <i>nigricans</i> (Obs.)		
<i>Russula</i> cf. <i>raoulti</i> (Obs.)		
<i>Russula</i> sp.1 (USJ104883)		

Especies recolectadas en bosque primario	Especies recolectadas en bosque secundario	Especies recolectadas en ambos bosques
<i>Russula</i> sp.2 (USJ108813)		
Stereales		
Stereaceae		
<i>Stereum ostrea</i> (Blume & T. Nees) Fr. (Obs.)		
<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers. (USJ104510)		

*Clasificación de acuerdo al Index Fungorum, oct. 10, 2016; acrónimo Herbario (USJ), Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica; especie observada, no recolectada (Obs.); recolectores: Julieta Carranza Velázquez (JCV) y Osberth Morales Esquivel (OME).

Hongos micorrízicos

En el presente trabajo, varias especies ectomicorrízicas se encontraron sobre los sustratos muestreados en ambos bosques (cuadro 1). En el bosque primario, se recolectaron 38 especies y en el secundario, 36. Las más abundantes correspondieron a los géneros de *Cortinarius*, *Leccinum*, *Inocybe*, *Laccaria* y *Russula* (figs. 1, 2 y 4).

La aparición de los cuerpos fructíferos de estos hongos varió a través del año, en cada bosque y en cada año de muestreo. La mayoría se presentaron en el bosque primario durante los meses de junio a diciembre y en el secundario a partir de julio o de septiembre. Algunos tuvieron periodos de fructificación muy cortos, por ejemplo, las especies de *Boletus*, *Aureoboletus*, *Leccinum*, *Coltricia* y *Craterellus*, que solo se observaron durante junio, septiembre o noviembre en el primario, y *Cantharellus* (octubre) y *Craterellus* (de septiembre a diciembre) en el secundario (fig. 2).

Lactarius fragilis fue la especie micorrízica más común en el bosque primario, se encontró en la mayoría de los troncos de mayo hasta diciembre (fig. 2b). Las especies de *Coltricia* (*C. cinammomea* y *C. perennis* desde febrero hasta diciembre) y las de *Boletus* y *Leccinum* (abril hasta noviembre) fueron las más frecuentes en el secundario, especies de estos dos últimos géneros han sido comunicadas más frecuentemente en bosques más jóvenes (figs. 1f y 2c). Asimismo, hubo especies muy poco frecuentes en los troncos, por ejemplo, *Cantharellus ignicolor* (fig. 2 d), que, sin embargo, fue muy abundante en el suelo del bosque primario. Algunas especies de este género han sido reportadas como más abundantes en bosques maduros (Dunham, O' Dell, & Molina, 2006).

Relación de aparición de fructificaciones y condiciones ambientales

Los datos de temperatura y precipitación utilizados en este estudio fueron obtenidos de dos estaciones meteorológicas cercanas (Ojo de Agua y Cerro de la Muerte). Las precipitaciones más altas se presentaron durante los años 2008 (3 500-4 000 mm) y 2010 (2 500-3 500 mm) en los meses de mayo, octubre y noviembre. Además, se observó un patrón bimodal típico de la vertiente pacífica con un periodo de menor precipitación de diciembre a abril, y una disminución (aunque no muy marcada) en julio que coincide con lo mencionado por Kappelle (2006b) (fig. 3a y b). La temperatura más alta se dio durante el 2010 (12°C) y la más baja en el 2008 (1.6°C), los meses más calientes fueron abril, mayo y junio (fig. 3c y d). La humedad relativa (HR) se mantuvo por encima del 85% durante todos los años de estudio; durante el 2008 tendió a ser más baja y durante el 2010 y el 2011 fue más alta. Los meses con una menor HR lo fueron enero, febrero, marzo, abril y diciembre, y se observó una alta variabilidad entre años [coeficientes de variación (CV) entre 15 y 25%] (fig. 3e y f). Medidas puntuales realizadas

durante las giras, mostraron cambios de temperaturas durante el día de hasta 11°C en ambos bosques y HR que fluctuaron de 53-95%.



Fig. 1 a-f. Bosques montaños neotropicales de Costa Rica y hongos asociados a la madera de roble.
a. Bosque secundario o en proceso de regeneración; b. Bosque primario o maduro; c. *Xylobolus subpileatus*;
d. *Hymenochaete rubiginosa*; e. *Cortinarius iodes* (micorrízico); f. *Leccinum monticola* (micorrízico)



Fig. 2a-f. Hongos micorrízicos asociados a los troncos o tocones de roble. a. *Aureoboletus auriporus*; b. *Lactarius fragilis*; c. *Coltricia cinnamomea*; d. *Cantharellus ignicolor*; e. *Inocybe calamistrata*; f. *Craterellus fallax*

Los porcentajes de humedad en las maderas fluctuaron durante los diferentes meses del año, pero fueron casi siempre mayores de 60%, excepto en los meses de febrero (2010 y 2012), marzo (2012) y abril (2011), donde se presentaron porcentajes de humedad de 19-33%.

Se observaron variaciones en la producción de cuerpos fructíferos durante los años de estudio, lo cual estuvo relacionado con la distribución de las lluvias. La mayoría de los cuerpos fructíferos empezaron a salir en mayo y su periodo se extendió hasta diciembre, con leves diferencias en abundancia en los diferentes periodos (fig. 3 e y f). Resultados semejantes han sido comunicados por Moore, Gange, Gange, y Boddy (2008).

Durante los cinco años de muestreo, la cantidad de recolectas varió durante los diferentes meses y años. Al relacionar la aparición de las especies con las precipitaciones presentes en las zonas aledañas al área de estudio, se observó que oscilaciones en precipitación favorecieron la aparición y producción de las fructificaciones (fig. 3e y f). Como se ha mencionado en varios estudios, (Boddy & Heilmann-Clausen, 2008) altas concentraciones de humedad en el suelo y en la madera no favorecen la producción de cuerpos fructíferos. Esto se comprueba al observar las pocas especies que formaron cuerpos fructíferos durante el 2008, año que además de presentarse la precipitación más alta (4 000 mm), también se dieron las temperaturas más bajas, dos factores que pueden influir en el comportamiento de los hongos (Moore, Gange, Gange, & Boddy, 2008). En el 2009 las precipitaciones disminuyeron (2 000 mm), y la aparición de cuerpos fructíferos de diferentes especies fue baja, pero superior a la del 2008. En el año 2010, hubo un nuevo aumento en las precipitaciones (3 600 mm), así como un ligero aumento en las temperaturas, a pesar del aumento en las precipitaciones, se favorece una mayor aparición de cuerpos fructíferos de diferentes especies, sobre todo durante el mes de noviembre. En el 2011 las lluvias vuelven a disminuir (2 500 mm), con un pico alto en octubre, pero aumentan el número de especies con respecto a los años anteriores.

Sin embargo, fue en el 2012 donde se recolectó el mayor número de especies, posiblemente debido a la mejora en las condiciones climáticas del año anterior y a la continuidad de una precipitación más baja (2 000 mm), sin picos muy altos a través del año, y temperaturas que favorecieron la aparición de fructificaciones (fig. 3f).

Familias de Ascomycotina y Basidiomycotina

Las familias mejor representadas en el bosque primario fueron: *Inocybaceae*, *Mycenaceae*, *Hydnangiaceae* y *Cortinariaceae*, seguidas por *Hygrophoraceae* y *Russulaceae*, debido principalmente a la riqueza de especies de los géneros *Inocybe*, *Mycena*, *Cortinarius*, *Laccaria*, *Hygrocybe* y *Russula*. En el bosque secundario fueron: *Mycenaceae*, *Inocybaceae* y *Cortinariaceae*, seguidas por *Xylariaceae*, *Tricholomataceae* e *Hydnangiaceae*, en este caso debido a la riqueza de especies de los géneros *Mycena*, *Inocybe*, *Cortinarius*, *Xylaria*, *Gymnopus* y *Laccaria* (cuadro 1) (figs. 1, 2 y 4). En las figuras 5 y 6 se presentan géneros representativos de algunas familias de ascomicetes y basidiomicetes presentes en los troncos o tocones de roble en ambos bosques.

DISCUSIÓN

Muñoz Rivera (2009) en su estudio sobre el efecto de la alteración del bosque sobre la estructura de ensamblaje de especies de macrohongos, realizado en los mismos bosques, comunicó un total de 352 taxones, de estas 242 especies se recolectaron en el bosque primario (109 sólo presentes en este bosque) y 243 en el secundario (110 sólo presentes en este bosque); este trabajo incluyó recolección de especímenes en diferentes sustratos (árboles vivos, troncos caídos, ramas, hojarasca y suelo). De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis de diversidad, el autor menciona que los ensamblajes correspondientes a las especies presentes sólo en uno de los bosques y las especies compartidas (133) representaron cada uno un tercio de la diversidad encontrada (31%, 31% y 38%).

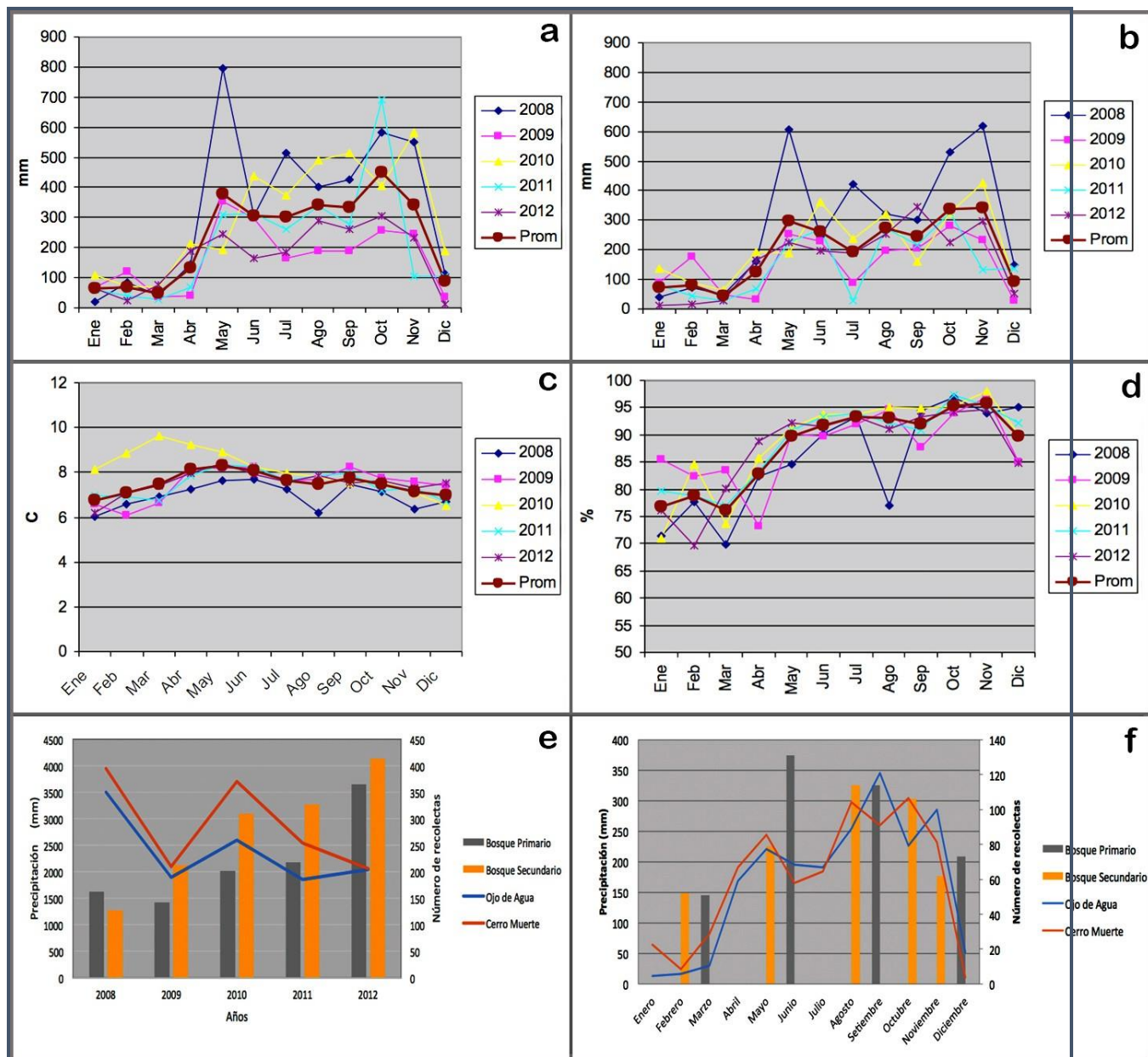


Fig. 3a-f. Datos climatológicos de las Estaciones Cerro de la Muerte, y Ojo de Agua, Cordillera de Talamanca, para los años 2008-2012. Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería-Hidrología, Instituto Costarricense de Electricidad, Costa Rica. a. Precipitación total mensual por año y promedio (2008 al 2012), Cerro de la Muerte; b. Precipitación total mensual por año y promedio (2008 al 2012), Ojo de Agua; c. Temperatura promedio mensual por año y para el periodo 2008 al 2012, Cerro de la Muerte; d. Humedad relativa promedio mensual por año y para el periodo 2008 al 2012, Cerro de la Muerte; e. Precipitación total anual para ambas estaciones y número de recolectas totales anuales en los bosques primario y secundario para el periodo 2008 al 2012; f. Número de recolectas totales mensuales en los bosques primario y secundario, y precipitación total mensual en ambas estaciones para el año 2012.



Fig. 4a-f. Géneros representativos de las familias más comunes de basidiomicetes presentes en los troncos o tocones de roble e interacción de *X. subpileatus* con *H. rubiginosa*. a. *Mycena* sp. (Mycenaceae); b. *Laccaria* sp. (Hydnangiaceae); c. *Hygrocybe cantharellus* (Hygrophoraceae); d. *Russula raoulti* (Russulaceae); e. *Gymnopus* sp. (Tricholomataceae); f. *X. subpileatus* con *H. rubiginosa*.



Fig. 5a-f. Géneros representativos de familias de basidiomicetes presentes en los troncos o tocones de roble.
a. *Hydnum repandum* (Hydnaceae); b. *Ganoderma cf lucidum* (Ganodermataceae); c. *Phellinus sarcitus* (Hymenochaetaceae); d. *Stereum ostrea* (Stereaceae); e. *Arrhenia* sp. (Tricholomataceae); f. *Laetiporus sulphureus* (Fomitopsidaceae).

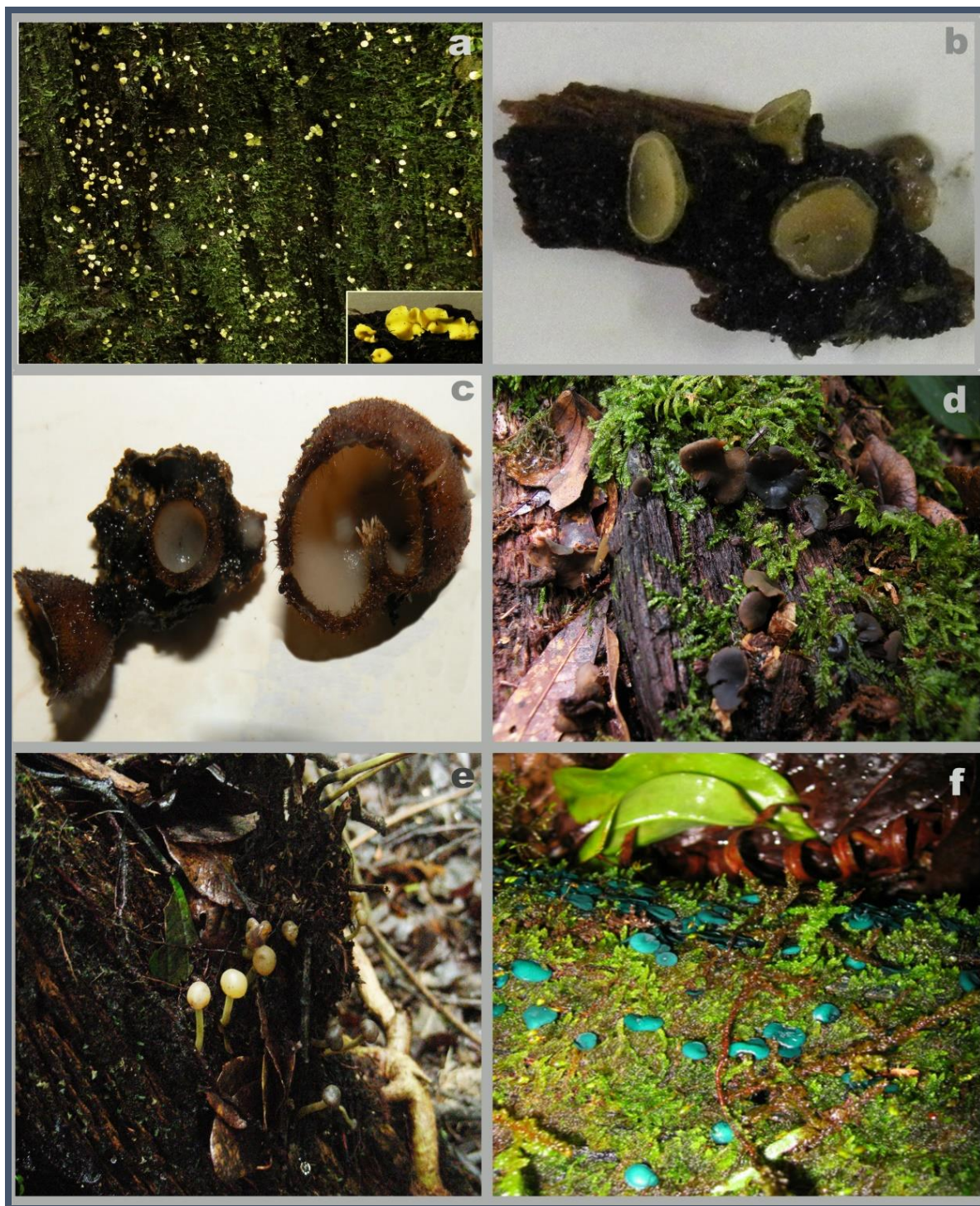


Fig. 6a-f. Géneros representativos de algunas familias de ascomicetes presentes en los troncos o tocones de roble.
a. *Bisporella citrina* (Helotiaceae); b. *Hymenoscyphus* sp. (Helotiaceae); c. *Humaria* sp. (Pyronemataceae);
d. *Chlorenchocelia* sp. (Hemiphacidiaceae); e. *Leotia lubrica* (Leotiaceae); f. *Chlorociboria aeruginascens* (Helotiaceae).

Esta investigación abarcó sólo hongos presentes en troncos o tocones, por lo cual se esperaba una cantidad de especies inferior a la comunicada por Muñoz Rivera (2009). Asimismo, se encontró una diferencia mayor entre los porcentajes de especies solo presentes en uno de los bosques y un porcentaje menor de especies compartidas; sin embargo, podrían al igual que el estudio de Muñoz Rivera (2009) representar cada uno un tercio de la diversidad presente en estos bosques (39%, 31% y 30%) (cuadro 1).

Lindblad (1998) en su estudio comparativo de dos bosques de zona templada bajo diferentes regímenes de manejo, encontró una riqueza más alta de hongos de la madera en el bosque natural (109 spp.) comparada con la de un bosque intervenido (46 spp.), y sólo un 31% de especies compartidas. Sin embargo, esta misma autora (Lindblad, 2001) en un estudio en bosques en el trópico seco, comunicó pocas diferencias en cuanto a la riqueza de especies de hongos de la madera, entre un bosque primario (62 spp.) y uno secundario (54 spp.), y un porcentaje alto (43%) de especies compartidas. De acuerdo a los resultados obtenidos, indica que la riqueza de especies en el bosque secundario tiende a acercarse al nivel del primario, gracias a la permanencia de los troncos caídos y a su proximidad al bosque primario.

Los resultados de este trabajo son semejantes en cuanto a que la riqueza de especies presentes en los troncos de roble del bosque secundario, se aproxima a la encontrada en el primario; sin embargo, hay mayores diferencias entre las especies sólo presentes en uno de los bosques. En este caso, el poco tiempo que tiene el bosque secundario de estar en proceso de regeneración (alrededor de 32 años), puede influir en la diferencia de especies presentes, a pesar de su proximidad al bosque primario. Las especies presentes sólo en el secundario podrían estar mejor adaptadas a las condiciones imperantes en este bosque, pero luego son posiblemente reemplazadas durante los procesos de sucesión en el bosque maduro.

Estudios comparativos llevados a cabo en bosques primarios y secundarios han demostrado una mayor ocurrencia de especies diferentes en el primario comparado con el secundario; sin embargo, en este último, algunas de las especies presentes se encuentran en mayor número a diferencia del primario (Lisiewska, 1992).

No se puede descartar; sin embargo, la posibilidad de que algunas de las especies estuvieran presentes en el bosque primario, pero que no fructificaran durante las visitas efectuadas a este bosque, como ha sido mencionado en otros trabajos (Moore *et al.*, 2008; Mueller *et al.*, 2006; Nordén & Paltto, 2001).

La alta frecuencia de *X. subpileatus* y *H. rubiginosa* en un mismo tronco, aprox. en un 50% en ambos bosques, hace pensar en un bajo nivel de competencia entre ellas por el mismo sustrato (fig. 4f). Sin embargo, en muchos casos no se observó desarrollo de fructificaciones de otros hongos en ellos, por lo que se podría considerar que ambos exhiben mayores habilidades competitivas que otros hongos, y no pueden ser fácilmente reemplazados. Un caso semejante ha sido comunicado para *Fomes fomentarius*, hongo común en roble, el cual invade la madera relativamente temprano y permanece en ella por largo tiempo (Větrovský, Voříšková, Šnajdr, Gabriel, & Baldrian, 2011).

Ambas especies han sido citadas con frecuencia asociadas a árboles vivos y muertos de roble en zonas templadas y tropicales tanto en bosques primarios como secundarios (Berry & Lombard, 1978; Iršėnaitė & Kutorga, 2006; Lindblad, 2000, 2001; Nakasone, 1990; Papp, 2011; Stasińska, 2008). Miembros de las familias Stereaceae e Hymenochaetaeae han sido consideradas especies pioneras en procesos de sucesión primaria y abundantes en la secundaria, con un alto grado de ocurrencia en bosques de roble y en troncos de diferentes especies de árboles (Iršėnaitė & Kutorga, 2006; Kubartová *et al.*, 2012; Lisiewska, 1992).

Algunas de las familias de Agaricales, Russulales, Hymenochaetales, Cantharellales y Boletales presentes en los bosques de roble de altura poseen especies ectomicorrízicas, cuyos cuerpos

fructíferos se encuentran; por lo general, en el suelo (Halling & Mueller, 2005; Mueller *et al.*, 2006). Sin embargo, varios autores han comunicado algunas especies en troncos, sobretudo, cuando alcanzan estados avanzados de descomposición (Methven, 1997; Tedersoo, Kõljalg, Hallenberg, & Larsson, 2003). Se ha mencionado que la colonización de los troncos por hongos micorrízicos se puede llevar a cabo no sólo vía micelio desde el suelo, sino también por dispersión de esporas, sobretudo, en las especies de *Russula* y *Lactarius* (Tedersoo *et al.*, 2003). Estos hongos ocurren mayormente en la parte superior de los troncos y tocones y degradan la madera; sin embargo, no compiten con los otros hongos saprófitos (Kubartová *et al.*, 2012).

Es interesante anotar que los estadios de podredumbre de los sustratos, donde estas especies se recolectaron, no fueron siempre los más avanzados, se presentó una gradación de descomposición con troncos casi intactos (podredumbre 1) hasta algunos con partes muy podridas (podredumbre 4). Tedersoo *et al.* (2003) comunican datos similares en su estudio, en donde los hongos micorrízicos se encontraban en troncos en fases intermedias de pudrición (estadios de podredumbre 2-3).

Se ha comunicado que el micelio de estos hongos crece desde las raíces a la parte inferior del tronco, de donde obtiene nutrimentos de la madera, para luego fructificar y completar su ciclo reproductor (Huhndorf *et al.*, 2004; Muñoz Rivera, 2009; Read, Leake, & Langdale, 1989). Asimismo, en aquellas maderas con altos grados de descomposición, pueden asociarse a plántulas recién germinadas y contribuir a su establecimiento (Pyle & Brown, 1999).

La humedad y la temperatura son dos de los factores que se han relacionado con la aparición de fructificaciones de los hongos (Boddy & Heilmann-Clausen, 2008; Moore *et al.*, 2008; Mueller *et al.*, 2006; Pyle & Brown, 1999). La zona de estudio se caracteriza por precipitaciones y temperaturas anuales de alrededor de 2 700 mm y de 10-14°C, respectivamente y una corta estación seca. Se pueden observar fluctuaciones grandes en temperaturas durante un día que pueden pasar de 20-24°C a medio día a un mínimo de 2-6°C en la noche (Kappelle, 2006b).

Varios autores comunican que las condiciones más adecuadas de humedad en la madera para el desarrollo de los hongos son entre 30-60%, o sea sobre el punto de saturación de la fibra. Porcentajes más bajos o más altos pueden retardar o inhibir el crecimiento (Boddy & Heilmann-Clausen, 2008; Magan, 2008; Pyle & Brown, 1999). En el caso de los bosques de zonas templadas y en bosques montanos neotropicales se ha observado que la gruesa cubierta de musgos y la cantidad de hojarasca que cubre los troncos crean y mantienen gradientes microclimáticos con una alta humedad (Boddy & Heilmann-Clausen, 2008).

Variaciones en la humedad favorecen la producción de cuerpos fructíferos, tal como han mencionado varios autores (Boddy & Heilmann-Clausen, 2008; Moore *et al.*, 2008; Mueller *et al.*, 2006). Los hongos de estos bosques montanos se han adaptado a fluctuaciones significativas de temperatura durante el día y a niveles altos de humedad a través del año (Kappelle, 2006b).

El muestreo de hongos en este trabajo coincidió con la aparición de los fenómenos del Niño-Niña 2009-2010, lo cual pudo tener un efecto marcado en la disminución o aumento de fructificaciones. El mayor número de especies se recolectó en el 2012, posiblemente debido a la mejora en las condiciones climáticas del año anterior y a la continuidad de una precipitación más baja (2000 mm), sin picos muy altos a través del año, y temperaturas que favorecieron la aparición de fructificaciones.

Es importante anotar que se observó una fluctuación en la producción de cuerpos fructíferos de diferentes especies a través del año y durante los años de estudio. Se ha comunicado que conforme la madera se descompone ocurre una variación en la aparición de cuerpos fructíferos, esto debido a la disminución en recursos disponibles por lo que muchos sobreviven en forma de

micelio dentro de la madera, otros producen cuerpos fructíferos más pequeños o la fructificación es poco frecuente (Kubartová *et al.*, 2012).

Con respecto a las familias presentes en este estudio, los resultados difieren de los encontrados por Muñoz Rivera (2009) para hongos que crecen en troncos o tocones en ambos bosques, ya que al considerar él no solo el número de especies sino también el número de cuerpos fructíferos, fueron otras las familias más abundantes, entre ellas Hymenochaetaceae, Stereaceae, Xylariaceae y Pleuroteaceae en el primario, e Hydnaceae y Dacryomycetaceae en el secundario. De acuerdo a lo señalado por Mueller *et al.* (2006), fueron pocas las especies de hongos poroides presentes en ambos bosques, posiblemente debido a las condiciones de alta humedad presentes en las maderas a través del año.

CONCLUSIONES

A pesar de la fragilidad de los bosques montanos en Costa Rica y su susceptibilidad a la pérdida de especies cuando son alterados, en este estudio se encontró que la riqueza presente en el bosque en regeneración o secundario se asemeja en número a la encontrada en el bosque maduro o primario. La conservación de este fragmento de bosque ha favorecido la aparición de especies de hongos en los troncos o tocones que no se encontraron o fueron poco frecuentes en el bosque primario durante los años que se llevó a cabo este estudio. Estos resultados confirman la importancia de conservar estas áreas en estadios jóvenes de sucesión ya que su riqueza de especies se aproxima a la del bosque maduro.

La información generada en esta investigación contribuye al conocimiento de la diversidad y dinámica de macrohongos en troncos de roble en un ecosistema de montaña tropical intacto y en uno en proceso de regeneración. Dicha información podrá ser utilizada para un manejo sustentable de los recursos que aún se encuentran en estos ambientes y para monitorear cambios a través del tiempo.

AGRADECIMIENTOS

A Jocelyn Villeaux y Jorge Rojas propietarios de los bosques por permitirnos realizar esta investigación. A Jack D. Rogers y Rosario Medel por su ayuda en la identificación de Xylariales. A Héctor Espinoza por su colaboración en la caracterización de los bosques. A Alejandro Muñoz-Rivera por la revisión del manuscrito y sus comentarios. A los estudiantes que nos ayudaron en la recolecta de muestras y trabajo de laboratorio. Al Centro de Servicios Estudios Básicos de Ingeniería-Hidrología, Instituto Costarricense de Electricidad por facilitarnos los datos de precipitación de las dos estaciones cercanas al sitio de estudio. A los revisores anónimos por sus acertados comentarios y sugerencias. La presente investigación fue financiada por la Vicerrectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica (proyecto 731-A8-039).

LITERATURA CITADA

- Berry, F., & Lombard, F. (1978). Basidiomycetes associated with decay of living oak trees. *Forest Service Research Paper*, (NE-413), 11.
- Boddy, L., & Heilmann-Clausen, J. (2008). Basidiomycete Community Development in Temperate Angiosperm Wood. In L. Boddy, C. Frankland, & P. Van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 211–237). London: Elsevier Academic Press.
- Chaverri, P., Huhndorf, S., Rogers, J., & Samuels, G. (2010). *Microhongos comunes de Costa Rica y otras regiones tropicales (Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes)*.

- Common microfungi of Costa Rica and other tropical regions (Ascomycota, Pezizomycotina, Sordariomycetes)*. Costa Rica: INBio.
- Donahue, R., Miller, R., & Shickluna, J. (1983). *Soils. An Introduction to soils and plant growth*. New Jersey: Prentice Hall.
- Halling, R. E., & Mueller, G. M. (2005). *Common Mushrooms of the Talamanca Mountains, Costa Rica*. New York: The New York Botanical Garden Press.
- Huhndorf, S. M., Lodge, D. J., Wang, C. J., & Stokland, J. N. (2004). Macrofungi on woody substrata. In G. M. Mueller, G. F. Bills, & M. S. Foster (Eds.), *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods* (pp. 159–168). New York: Elsevier Academic Press.
- Iršénaitė, R., & Kutorga, E. (2006). Diversity of fungi on decaying common oak coarse woody debris. *Ekologija*, 4, 22–30.
- Jonsson, B. G., Kruys, N., & Ranius, T. (2005). Ecology of species living on dead wood – Lessons for dead wood management. *Silva Fennica*, 39, 289–309.
- Ju, Y.-M., & Rogers, J. D. (1996). A revision of the genus *Hypoxylo*. *Mycologia Memoir*, 20.
- Ju, Y.-M., Rogers, J. D., San Martin, F., & Granmo, A. (1998). The genus *Biscogniauxia*. *Mycotaxon*, 66, 1–98.
- Kappelle, M. (1993). Recovery following clearing of an upper montane *Quercus* forest in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 41, 47–56.
- Kappelle, M. (1996). *Los bosques de roble (Quercus) de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica*. *Biodiversidad, Ecología, Conservación y Desarrollo* (I). Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, Universidad de Amsterdam.
- Kappelle, M. (2006a). Changes in Diversity and Structure Along a Successional Gradient in a Costa Rica Montane Oak Forest. In M. Kappelle (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (pp. 223–233). Berlin: Springer-Verlag.
- Kappelle, M. (2006b). Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. *Ecological Studies*, 185.
- Kappelle, M., Kennis, P. A. F., & de Vries, R. A. J. (1995). Changes in diversity along a successional gradient in a Costa Rican upper montane *Quercus* forest. *Biodiversity and Conservation*, 4, 10–34.
- Kappelle, M., Van Vuuren, M. M. I., & Baas, P. (1999). Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity and Conservation*, 8, 1383–1397.
- Kubartová, A., Ottosson, E., Dahlberg, A., & Stenlid, J. (2012). Patterns of fungal communities among and within decaying logs, revealed by 454 sequencing. *Molecular Ecology*, 1–19.
- Lindblad, I. (2000). Host specificity of some wood-inhabiting fungi in a tropical forest. *Mycologia*, 92, 399–405.
- Lindblad, I. (2001). Wood-inhabiting fungi in primary and secondary seasonally dry tropical forest, Costa Rica. In I. Lindblad (Ed.), *Diversity and distribution of Wood-inhabiting Basidiomycetes on decomposing logs-examples from tropical and boreal forests* (pp. 1–23). Norway: University of Oslo.
- Lisiewska, M. (1992). Macrofungi on special substrates. In H. Lieth (Ed.), *Handbook of vegetation science* (pp. 151–182). London: Kluwer.
- Lodge, J. D., Ammirati, J. F., O'Dell, T. E., Mueller, G. M., Huhndorf, S. M., Wang, C. J., ... Czederpiltz, D. L. (2004). Terrestrial and Lignicolous Macrofungi. In G. M. Mueller, G. F. Bills, & M. S. Foster (Eds.), *Biodiversity of Fungi. Inventory and Monitoring Methods* (pp. 127–158). Maryland: Elsevier Academic Press.
- Magan, N. (2008). Ecophysiology: Impact of Environment on Growth, Synthesis of Compatible Solutes and Enzyme Production. In L. Boddy, C. Frankland, & P. Van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 63–78). London: Elsevier Academic Press.
- Mata, M. (1999). *Macrohongos de Costa Rica (Costa Rica Mushrooms)*. (I). Costa Rica: INBio.
- Mata, M., Halling, R. E., & Mueller, G. M. (2003). *Macrohongos de Costa Rica (Costa Rica Macrofungi)*. Costa Rica: INBio.

Recibido:
07/noviembre/2016

Aceptado:
18/septiembre/2016

- Methven, A. S. (1997). *The Agaricales of California 10. Russulales II: Lactarius*. Eureka, California: Mad River Press.
- Moore, D., Gange, A. G., Gange, E. G., & Boddy, L. (2008). Fruit Bodies: Their Production and Development in Relation to Environment. In L. Boddy, C. Frankland, & P. Van West (Eds.), *Ecology of Saprotrophic Basidiomycetes* (pp. 79–103). London: Elsevier Academic Press.
- Mueller, G. M., Halling, R. E., Carranza, J., Mata, M., & Schmit, J. P. (2006). Saprotrophic and Ectomycorrhizal Macrofungi of Costa Rican Oak Forest. In M. Kappelle (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (pp. 55–68). Berlin: Springer-Verlag.
- Muñoz Rivera, A. (2009). *Efecto de la alteración del bosque sobre la estructura de ensamblajes de especies de macrohongos en San Gerardo de Dota*. San Jose: Universidad de Costa Rica.
- Nakasone, K. K. (1990). Cultural Studies and Identification of Wood-Inhabiting Corticiaceae and Selected Hymenomycetes from North America. *Mycologia Memoir*, (15).
- Nordén, B., & Paltto, H. (2001). Wood-decay fungi in hazel wood: species richness correlated to stand age and dead wood features. *Biological Conservation*, 101, 1–8.
- Oosterhoorn, M., & Kappelle, M. (2000). Vegetation structure and composition along an interior-edge-exterior gradient in a Costa Rican montane cloud forest. *Forest Ecology and Management*, 126, 291–307.
- Papp, V. (2011). Data on the Hungarian occurrence of the genus *Xylobolus*. *Mikológiai Közlemények Clusiana*, 50, 173–182.
- Pyle, C., & Brown, M. M. (1999). Heterogeneity of wood decay classes within hardwood logs. *Forest Ecology and Management*, 114, 253–259.
- Read, D. L., Leake, J. R., & Langdale, A. R. (1989). The nitrogen nutrition of mycorrhizal fungi and their host plants. In L. Boddy, R. Marchant, & D. J. Read (Eds.), *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur Utilization by Fungi*. (pp. 181–204). Cambridge: Cambridge University Press.
- Rogers, J. D., & Ju, Y.-M. (1998). The genus *Kretzschmaria*. *Mycotaxon*, 68, 345–393.
- Stasińska, M. (2008). Contribution to chorology of *Xylobolus frustulatus* in Poland. *Acta Mycologica*, 43, 167–171.
- Tedersoo, L., Kõljalg, U., Hallenberg, N., & Larsson, K.-H. (2003). Fine scale distribution of ectomycorrhizal fungi and roots across substrate layers including coarse woody debris in a mixed forest. *New Phytologist*, 159, 153–165.
- Větrovský, T., Voříšková, J., Šnajdr, J., Gabriel, J., & Baldrian, P. (2011). Ecology of coarse wood decomposition by the saprotrophic fungus *Fomes fomentarius*. *Biodegradation*, 22, 709–718.