



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ECOLOGÍA DE LOS HONGOS MACROSCÓPICOS DE
LA CANTERA ORIENTE DE CIUDAD UNIVERSITARIA,
D.F. (MÉXICO)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

KAREN GUADALUPE RAMÍREZ ANTONIO

DIRECTOR DE TESIS:

DR. ZENÓN CANO SANTANA

2015



Ciudad Universitaria, D. F.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Ramírez
Antonio
Karen Guadalupe
55 35 56 90 26
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
410060502

2. Datos del Tutor

Dr.
Zenón
Cano
Santana

3. Datos del Sinodal 1

Dra.
Hermelinda Margarita
Villegas
Ríos

4. Datos del Sinodal 2

Dr.
Sigfrido
Sierra
Galván

5. Datos del Sinodal 3

Dra.
Irene
Sánchez
Gallen

6. Datos del Sinodal 4

M. en C.
Andrés
Argüelles
Moyao

7. Datos del trabajo escrito

Ecología de los hongos macroscópicos de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria,
D.F. (México)
110 pp.
2015

A mis padres, Olga y Carino

Porque todo este esfuerzo ha sido de ustedes también.

*No permitas que el hábito de tu disciplina científica
de creer en algo sólo cuando se prueba, influya demasiado
en tu mente para otras cosas que no pueden probarse de
la misma manera y que, si son verdad, es probable que se
hallen por encima de nuestra comprensión*

Charles Darwin

ÍNDICE

CONTENIDO	Pág.
AGRADECIMIENTOS	1
RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Biología de los hongos y su diversidad	6
1.2 Ecología y estudio de los hongos macroscópicos	8
1.3 La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y su Cantera Oriente	11
1.4 Antecedentes de estudios ecológicos en sistemas artificiales	12
1.5 Justificación	13
II.OBJETIVOS E HIPÓTESIS	16
III. MATERIAL Y MÉTODOS	18
3.1 Sitio de estudio	18
3.2 Muestreo y registro de datos en el campo	19
3.3 Manejo en el laboratorio	21
3.4 Determinación taxonómica	21
3.5 Análisis de los datos	22
IV. RESULTADOS	25
4.1 Composición	25
4.2 Curva de acumulación de especies y estimación de riqueza	29
4.3 Fenología reproductiva y su relación con las variables climáticas	32

4.4 Estructura de la comunidad	41
4.4.1 Registros por género	41
4.4.2 Especies por género	41
4.4.3 Abundancia de esporomas por especie	43
4.4.4 Curva de rango-abundancia	44
4.4.5 Biomasa por especie	44
4.4.6 Valor de Importancia	45
4.4.7 Uso de diferentes sustratos	47
4.4.8 Uso de diferentes microhábitats	48
4.4.9 Hábito de crecimiento	49
4.5 Intervalos ambientales de producción de esporomas	49
4.6 Funciones ecológicas	58
V DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	61
5.1 La Cantera Oriente y su diversidad de macromicetos	61
5.2 Comparación con otras comunidades	64
5.3 Estructura de la comunidad	68
5.4 Fenología reproductiva	71
5.5 El microclima del hábitat de los esporomas	72
5.6 Perspectivas de estudio	73
5.7 Conclusiones	74
LITERATURA CITADA	77
APÉNDICES	94

AGRADECIMIENTOS ACADÉMICOS

Agradezco de manera muy especial a la Dra. Margarita Villegas Ríos, cotutora no oficial de este trabajo, por mostrarme el increíble mundo de los hongos y por ser parte medular de este trabajo. Sin ella este trabajo no podía haberse llevado a cabo. Es una pena que la burocracia impidiera que no fuera mi cotutora oficial, tal como ella se merece.

Al Dr. Zenón Cano Santana por asesorar este trabajo, por sus importantes y necesarias aportaciones e ideas, por su paciencia y por todo el apoyo que me ha brindado desde que ingresé al primer nivel del taller. Puedo afirmar que tengo en él a un gran amigo además de un excelente asesor.

Esta tesis se llevó a cabo en el marco del Taller “Ecología Terrestre y Manejo de Recursos Bióticos”. Agradezco a los profesores asociados a mismo por por todo lo aprendido en las clases, así como por sus valiosas correcciones, sugerencias, opiniones y observaciones hechas tanto a mi trabajo escrito como a mis presentaciones orales al final de cada semestre.

Esta tesis se llevó a cabo en el Laboratorio de Taxonomía y Sistemática de Hongos Clavarioides y Gomfoides y en el Laboratorio de Interacciones y Procesos Ecológicos. Agradezco Al M. en C. Iván Castellanos Vargas por el apoyo técnico en el Laboratorio de Interacciones y Procesos Ecológicos. Al Dr. Sigfrido Sierra Galván por la identificación taxonómica de un ejemplar de *Tremella mesentérica*. A la Dra. Rosa María Fonseca, por la identificación taxonómica de algunos árboles de la Cantera Oriente, y a la Dra. María Eugenia Vera, por permitirme el uso de la balanza analítica en el Taller de Plantas para pesar mis ejemplares deshidratados de hongos.

A mis sinodales por tomarse el tiempo de leer este trabajo y hacerle mejoras. Gracias por sus atinados comentarios y enseñanzas.

Al proyecto PAPIIT IN223114 “Estudios de sistemática y aspectos ecológicos de macromicetos con énfasis en basidiomicetos clavarioides y gomfoides de bosques tropicales y subtropicales de México” otorgado a la Dra. Margarita Villegas por el apoyo económico recibido para la realización de esta tesis.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias por brindarme una educación de calidad y permitir mi desarrollo de manera integral dentro de mi área de estudio.

AGRADECIMIENTOS PERSONALES

A mi mamá por estar cada día al pendiente de mí y enseñarme que no debo rendirme fácilmente. Por su amor incondicional, por los regaños y llamadas de atención que me han formado (y me siguen formando) como la persona que soy.

A mi papá por el apoyo incondicional, por creer en mí y darme siempre la oportunidad de lograr cada cosa que me propongo, por haberme dado siempre una educación de calidad y estar al pendiente de mi desarrollo académico brindándome todas las herramientas necesarias, por los consejos y enseñanzas de la vida, por el cariño.

A Amyneh por ser la mejor hermana del universo, por acompañarme en cada nueva etapa de la vida siempre con nuevas y brillantes ideas, por regalarme dos sobrinos a los que adoro con todo el corazón, y por ser el mejor ejemplo a seguir que tengo.

A Karino, por su alegría natural, porque siempre necesitamos un hermano mayor que nos transmita emoción y entusiasmo en cada cosa nueva que comenzamos, por darme un sobrino al que adoro tantísimo.

A María Esther y Alberto, porque son ya parte de mi familia y los quiero como a un par de hermanos más, por el apoyo y por todos los largos ratos de carcajadas y alegrías que me han brindado.

A Bruno, Emiliano y Matías por ser unos seres pequeñitos que me llenan de alegría el corazón con un solo abrazo o beso.

A mis primos, tíos y abuelos, quienes siempre están ahí para hacerme feliz y que me han dado una identidad cultural de la que me siento orgullosa. A mi abuelita Adelina que desde el cielo me sigue observando y seguramente regañando a veces también.

A mi familia del D.F. (aunque oaxaqueños de sangre y corazón). A Soledad, Martín, Mariela y Christian por abrirme las puertas de su casa en todo momento, por hacerme parte de su vida cotidiana, por alegrar mis días, por no dejarme nunca sola y animarme a seguir siempre adelante. Créanme que están ya en un lugar muy especial de mi corazón de por vida.

A Rodolfo, Itzel, Eduardo y Margarita quienes hicieron siempre muy agradable mi estancia en el laboratorio y de quienes aprendí mucho en las salidas al campo.

Martha: ¡qué alegría haberte conocido en el taller! Los días nunca volvieron a ser aburridos y encontré en ti una amistad increíble que sé que perdurará.

Lalo: gracias por todos los momentos chuscos y divertidos que hemos pasado; ha sido un placer aprender junto contigo todo lo que sé sobre los hermosos hongos. Te quiero mucho. Gracias por convertirte en un gran amigo.

Lina: gracias por todo, desde el día que coincidimos en el equipo “suertudo” hasta los últimos meses viviendo juntas, aprendiendo la una de la otra y divirtiéndonos tanto.

Daniel: has sido un gran amigo, siempre escuchando mis historias y conversando de mil y un temas diferentes. Sé que lo seguiremos haciendo y seguiremos paseando por las tardes.

Jéssica: eres mi amiga más duradera de la carrera. Me alegras siempre con tus ocurrencias y me siento muy feliz de tenerte en mi vida queriéndote muchísimo y sabiendo que me quieres también.

Gracias a Lina, Jero, José Antonio, Erwin y Lalo por haberme acompañado en mis labores de campo, y a Martha por ayudarme a identificar las especies de árboles de la Cantera (créeme que ese día aprendí mucho).

A mis amiguitos del taller, especialmente a Tania, Leilani, Jazmín, José Antonio, Gabriel, Nahual e Isaí por todos los momentos sonrientes.

A mis oaxaqueños, a Paola y Emma porque con el tiempo continuamos con una gran amistad a pesar de la distancia, siempre dándonos tiempo para tomarnos un café o platicando a distancia casi diario cada quien en su laboratorio. A Paco por acompañarme en esta última etapa del trabajo, siempre empujándome y dándome ánimos.

Ramírez-Antonio, K.G. 2015. Ecología de los hongos macroscópicos de la Cantera Oriente, D.F. (México). Tesis profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 110 pp.

RESUMEN

El estudio de los macromicetos en zonas urbanas es útil para conocer la riqueza de especies que ahí habitan, las características de los hábitats que les son favorables a cada especie y la manera en que éstas comienzan a colonizar un ecosistema de reciente creación. La Cantera Oriente es un sistema artificial creado a partir de 1996 con rellenos y vegetación exótica asentada en una depresión alargada que en su parte más baja tiene 18.5 m de profundidad que cuenta con cuerpos de agua y riego artificial todo el año debido al manejo de jardinería que se le da al sitio. Este trabajo busca conocer la comunidad de macromicetos de la porción de la Cantera Oriente protegida dentro de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., así como los rasgos del hábitat en donde éstos desarrollan sus esporomas. El muestreo de esporomas se realizó de agosto de 2011 a febrero de 2013 y acumuló un esfuerzo de recolecta de 78 días-colector. Fueron determinadas 41 especies (40 Basidiomycota y un Ascomycota). La abundancia y riqueza de esporomas estuvo correlacionada de manera positiva y significativa con la temperatura ambiental y la precipitación. *Coprinus* fue el género saprobio dominante por su número de especies y de registros; *Inocybe*, por su parte, fue el género ectomicorrizógeno dominante. *Laccara tortilis* fue la especie con mayor frecuencia en los muestreos y con el mayor número de

esporomas registrados. *Coprinus micaceus*, por su parte, registró la mayor biomasa y el mayor valor de importancia. Además, se encontró una mayor dominancia de las especies saprobias sobre las ectomicorizógenas. El índice de similitud de Sørensen calculado para la comunidad de macromicetos de la Cantera Oriente y la reportada previamente para la REPSA fue de 0.45. Para estudios posteriores es deseable contar con mayor tiempo de muestreo para lograr una lista taxonómica más representativa de la diversidad del sitio. Este trabajo es sólo un ejemplo de la importancia que tiene el estudio de las áreas urbanas para el conocimiento de la diversidad existente en las ciudades.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Biología de los hongos y su diversidad

Los hongos son un grupo de eucariontes heterótrofos ampliamente distribuidos en todos los ecosistemas, soportando temperaturas extremas, presiones atmosféricas muy elevadas o muy bajas, en diferentes condiciones de salinidad y pH, e incluso en sitios que han sido expuestos a radiación nuclear (Zhdanova *et al.*, 2000). Esta gran versatilidad, resultado de la gran variabilidad de características fisiológicas y genéticas que presentan, así como a peculiares adaptaciones morfológicas, les permite ser un grupo exitoso bajo diferentes condiciones ambientales (Moore-Landecker, 1996; Dighton, 2003; Webster y Weber, 2007; Cepero de García *et al.*, 2012). Los hongos son uno de los grupos más diversos del planeta, calculándose que existen entre 1.5 millones y 5.1 millones de especies, de las cuales sólo unas 75,000 a 120,000 han sido descritas, y cada año son descubiertas alrededor de 1,500 especies nuevas (Hawksworth, 2005; Blackwell, 2011).

La mayoría de los hongos están formados por células alargadas y filamentosas llamadas hifas, que cuando se agrupan forman micelios, los cuales realizan funciones de respiración, nutrición y crecimiento (Lorenzana, 2008). De acuerdo al tamaño de las estructuras que forman, los hongos pueden ser subdivididos en dos grandes grupos: los micromicetos, cuyas estructuras son visibles solo bajo algún lente de aumento y los macromicetos, cuyas estructuras reproductivas, los esporomas, son visibles a simple vista (Herrera y Ulloa, 1998).

De hecho, sólo algunos Zygomycota y Ascomycota y la mayoría de los Basidiomycota forman esporomas macroscópicos de diversas formas (copa, estromas cilíndricos o globosos, sombrillas, entre otras) (Kirk *et al.*, 2008).

El estudio de los hongos macroscópicos enfrenta diferentes dificultades metodológicas. Por ejemplo, existen ambigüedades para poder definir lo que es un individuo, puesto que se puede denominar así a un "geneto" (*i.e.*, un módulo generalmente constituido de múltiples rametos) o a cada uno de los esporomas que llegan a formar (un rameto) (Pugh, 1980; Gow y Gadd, 1995; Moore-Landecker, 1996). Otra dificultad radica en que no es posible identificarlos hasta que forman esporomas o por técnicas moleculares, debido a que el talo generalmente no es visible, ya que se encuentra dentro de los sustratos que invade (Gow y Gadd, 1995). Por lo anterior, la mayoría de los estudios de campo de hongos macroscópicos con fines taxonómicos, ecológicos o de otro tipo, se realizan tomando en cuenta las características morfológicas de los esporomas, los cuales generalmente se deshidratan para su preservación y depósito en las colecciones biológicas (Qiuxin *et al.*, 2004).

La problemática asociada con el muestreo de los hongos a través de sus esporomas, es que únicamente indican la presencia de las especies que los producen, pero no evidencia a los individuos que, estando presentes en un hábitat, no los producen (Heilmann-Clause y Vesterholt, 2008), ni a aquéllos que son hipógeos o los corticioides que raramente son recolectados, de modo que en la mayoría de los casos se hace un inventario incompleto de la micobiota. Además,

existen especies que no producen esporomas todos los años, por lo cual podría tomar décadas tener un registro completo de todas las especies en un lugar (Straatsma, 2003).

Otro inconveniente en el estudio de la diversidad de los hongos radica en que muchos grupos de especies aún están pobremente resueltos taxonómicamente (Straatsma, 2003), puesto que son organismos poco conocidos (Halme *et al.*, 2012) y, comparado con las plantas vasculares y algunos grupos de animales, el interés por su conocimiento y conservación es limitado (Heilmann-Clause y Vesterholt, 2008).

1.2. Ecología y estudio de los hongos macroscópicos

Los hongos cumplen funciones ecológicas importantes dentro de los ecosistemas, los macromicetos pueden comportarse principalmente como saprobios, mutualistas o parásitos; fungiendo como desintegradores de la materia orgánica y participando en los ciclos biogeoquímicos (Moore-Landecker 1996; Hobbie, 2005). Algunas de las interacciones que establecen han sido de gran interés por el impacto que tienen en los ecosistemas. Una de las más extendidas es aquella formada por algunos hongos con las plantas, denominada micorriza, que es una interacción ecológica mutualista donde las plantas se benefician al obtener minerales y elementos del suelo, mientras que el hongo recibe a cambio carbohidratos y algunas vitaminas que éste es incapaz de sintetizar por sí mismo;

así también les proporcionan protección física contra patógenos y el frío (Sánchez-Colín, 2005). Por otro lado, diversos macromicetos son importantes degradadores de madera con especial énfasis en la lignina y celulosa, humus o restos de animales, por lo que su participación en el reciclaje de elementos dentro de la cadena trófica es relevante (Herrera y Ulloa, 1998).

Los hongos macroscópicos viven en diversos sustratos, pues mientras unos aprovechan elementos del suelo para su desarrollo (los terrícolas), otros se establecen sobre la madera (los lignícolas), la materia orgánica en proceso de descomposición (los humícolas), el excremento de algunos animales (los coprófilos), y algunos más se desarrollan sobre plantas, animales u otros hongos que aún están vivos (los biotrofos, endófitos y parásitos) (Delgado *et al.*, 2005), la especificidad en dichos sustratos, tiene que ver con la capacidad de degradar diversos componentes de los mismos. A su vez, los esporomas sirven también de refugio y alimento a diversos organismos como insectos, colémbolos y nematodos entre otros, además de ofrecer un buen sustrato para el desarrollo de otros hongos microscópicos (Müller *et al.*, 2004).

Grainger (1946) discute sobre las condiciones adecuadas para el desarrollo de los esporomas de los macromicetos, que consisten en mantener niveles particulares de un pH generalmente ácido (aunque una minoría habita en sustratos alcalinos), pero siempre con altos niveles de humedad. Es bien conocido también que la formación de esporomas en los hongos es un evento que depende de que llueva y se mantengan niveles particulares de temperatura (Lagana *et al.*, 2002).

Se sabe que las bajas temperaturas afectan a la producción de esporomas debido a que en estas condiciones el metabolismo se torna más lento (Boddy *et al.*, 2014) y también que la incidencia de luz juega un papel relevante en este proceso (Ramírez-López, 2011; Ramírez-López *et al.*, 2014).

Los estudios ecológicos sobre macromicetos han consistido mayoritariamente en el monitoreo de las poblaciones a través del muestreo de los esporomas, los cuales son realizados mediante caminatas aleatorias (Halme *et al.*, 2012). No obstante, como lo menciona Straatsma (2003) estos estudios se ven limitados porque: (1) varias especies no producen esporomas fáciles de evidenciar, (2) hay patrones impredecibles de producción de estas estructuras, y (3) en muchas especies los esporomas están presentes por un corto tiempo dentro de un ciclo anual y hay ocasiones en las que no los producen anualmente. De manera alternativa, actualmente se utilizan métodos como la secuenciación de ADN entre otros para evidenciar a los hongos en los sustratos en que se encuentran (Vainio y Hantula, 2000); sin embargo, el problema con estas metodologías es que hasta hace unos años era costosa. En el caso de los muestreos con esporomas hay una serie de ventajas: (1) permiten la colecta de datos de grandes extensiones espaciales en un solo día (Heilmann-Clause y Vesterholt, 2008), (2) es más fácil registrar a las especies raras, y (3) en estudios de sucesión ecológica arrojan mayor información que los estudios con el micelio (Halme *et al.*, 2012). Lo anterior sugiere que el uso de ambas técnicas se

complementa para tener una visión más integral para el estudio y conservación de los hongos.

1.3. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y su Cantera

Oriente

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA) está ubicada en la Ciudad de México, dentro del campus principal de la Universidad Nacional Autónoma de México y comprende una extensión de 237.3 ha cubiertas en su mayoría por un sustrato basáltico que sostiene una vegetación de tipo matorral xerófilo (Lot, 2008). Su sustrato volcánico se originó hace aproximadamente 1670 ± 35 años tras la erupción del volcán Xitle y conos adyacentes (Siebe, 2000), cubriendo un área de 80 km² con lava volcánica, tras lo cual se formó un ecosistema único (Carrillo, 1995).

La Cantera Oriente está integrada a la REPSA como la zona de amortiguamiento A3 y tiene características ambientales muy distintas a las demás áreas que ésta protege, ya que mantiene un sustrato heterogéneo no basáltico producto del relleno por diversos materiales. Dentro de su territorio, esta área cuenta con cuatro cuerpos de agua que cubren 11.9 ha de superficie, 1.92 ha de ambientes palustres o de ciénaga, 0.17 ha de zonas inundables, 0.19 ha de jardines y 3.14 ha de paisajes arbóreos y arbustivos (Ortiz *et al.*, 2007). Se ubica en el borde oriental de Ciudad Universitaria, la cual, como zona de

amortiguamiento, cumple con la función de disminuir los efectos del disturbio antropogénico sobre las zonas núcleo (Cano-Santana *et al.*, 2009).

Durante casi 25 años (de abril de 1970 a octubre de 1996), la Cantera Oriente fue un lugar de extracción de basalto utilizado en la pavimentación de vialidades de la Ciudad de México; posteriormente, en diciembre de 1997, se comenzaron los trabajos para su recuperación y rehabilitación ecológica basadas en la introducción de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas en su mayoría exóticas (Lot, 2007). Dado lo anterior, la vegetación presente en el sitio está conformada por diversos grupos taxonómicos. Así, en los cuerpos de agua encontramos vegetación acuática como el tule (*Schoenoplectus* sp.) y el chichicastle (*Urtica* sp.), así como vegetación herbácea y de pastos en las zonas inundables; en los jardines es común la presencia de fresnos (*Fraxinus* spp.), liquidámbares (*Liquidambar styraciflua*), florifundios (*Brugmansia* spp.) y helechos., En tanto que en la zona de paisajes arbóreos y arbustos, se introdujeron árboles de carácter ornamental y especies subcaducifolias (Ortiz *et al.*, 2007; obs. pers.).

1.4. Antecedentes de estudios ecológicos en sistemas artificiales.

La mayor parte de estudios de macromicetos en sistemas creados por el humano (parques, cultivos, etc.) son para monitorear la diversidad de estos sitios, dado que las áreas verdes urbanas mantienen una gran diversidad y en muchas ocasiones crean comunidades inusuales o únicas, además estos sitios son parte importante

de los paisajes urbanos al brindar servicios ecosistémicos, incluyendo el esparcimiento y acercamiento a la naturaleza (Barrico *et al.*, 2012). Muchos de los estudios en sistemas artificiales se han realizado en cultivos forestales, haciendo hincapié en las relaciones existentes entre la diversidad de macromicetos y las especies vegetales cultivadas, principalmente las relaciones ectomicorrizógenas de plantas exóticas que han sido introducidas (Ferris *et al.*, 2000; Packham *et al.*, 2002; Díez, 2005; Pennington *et al.*, 2011; Hobart, 2012). En otros estudios, se compara la diversidad entre distintos sitios con tipos de vegetación diferente, tal es el caso del trabajo de O'Hanlon y Harrington (2012) que hacen una comparación de la diversidad fúngica en cuatro tipos diferentes de bosques en Irlanda. Recientemente, Barrico *et al.* (2012) utilizaron a la comunidad de macromicetos como un indicador de conservación en áreas urbanas de la ciudad de Coimbra en Portugal, encontrando que son indicadores sensibles de la calidad del hábitat en ecosistemas urbanos, siendo de gran importancia principalmente los hongos ectomicorrizógenos, los cuales son componentes importantes del suelo en ecosistemas terrestres.

1.5. Justificación

En México, los estudios relacionados con el conocimiento de los macromicetos son menos abundantes que los realizados para otros grupos biológicos como las plantas. Esto a pesar de que la riqueza de macromicetos es muy alta en los

ecosistemas húmedos, donde los presentes en zonas urbanas no son la excepción. Según estimaciones de Guzmán (2008; Aguirre-Acosta *et al.*, 2014), con base en los cálculos de Hawksworth (2005) para el mundo, la diversidad de hongos para México podría ser de más de 200,000 especies, de las cuales sólo se conocen alrededor del 4%, y de este gran número, a los macromicetos les corresponde un aproximado de 50,000 especies, de las cuales actualmente se conoce menos del 10 % (Guzmán, 2008).

Aunque existen estudios que han abordado la diversidad de macromicetos de la REPSA y Ciudad Universitaria (Pérez-Silva *et al.*, 1986, 2009; Valenzuela *et al.* 2004, 2009; Herrera *et al.*, 2006); éstos no han considerado la zona de amortiguamiento Cantera Oriente y han tenido un enfoque delimitado a dar a conocer listados de especies que hasta ahora son de 60 en la REPSA y 75 en Ciudad Universitaria, sin incluir, como ya se mencionó, a la Cantera Oriente (ver Apéndice I).

El estudio de la diversidad de hongos y en particular de macromicetos es relevante si consideramos el impacto que tiene esta información en estudios de sistemática, ecología, conservación y manejo de recursos. Es evidente que siendo la REPSA un área donde están implicadas diferentes condiciones ambientales naturales y artificiales, su estudio resulta interesante. Un seguimiento de la diversidad de macromicetos que en ella se desarrollan, además de dar a conocer algunos de los aspectos ecológicos implicados en este proceso, nos permitirá tener un mejor entendimiento de los hongos distribuidos en distintos ambientes.

Las condiciones particulares de la Cantera Oriente son interesantes para entender cómo este grupo de organismos coloniza un ecosistema recientemente formado por la acción humana. También resulta importante conocer los rasgos microambientales que favorecen la colonización de distintas especies de macromicetos, de acuerdo a su sensibilidad hacia factores ambientales, tales como el tipo de suelo, la temperatura del suelo y del aire, la humedad relativa del aire, la cantidad de radiación solar incidente y la disponibilidad de nutrientes, así como también la variabilidad en la abundancia y distribución de especies vegetales que pueden modificar la posibilidad de que los hongos estén presentes y produzcan esporomas.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

El objetivo general de este trabajo es analizar la estructura de la comunidad de hongos macroscópicos en un ambiente heterogéneo en la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, D.F. Los objetivos particulares derivados son:

1. Conocer la estructura de la comunidad (composición, riqueza específica y frecuencia temporal relativa) de los hongos macromicetos presentes en la localidad.
2. Conocer la fenología reproductiva de la comunidad de los macromicetos observados en función de los niveles de precipitación y temperatura registrados en la zona.
3. Describir las características de los hábitats que usan los macromicetos para producir sus esporomas.

Dado lo anterior, se formulan las siguientes hipótesis:

1. Como los hongos dependen de los niveles de humedad del suelo, se espera que la mayor abundancia y diversidad de macromicetos con esporomas se registre en la temporada de mayor precipitación pluvial.
2. Al ser la Cantera Oriente un área totalmente diferente al matorral xerófilo, con características artificiales y especies y sustrato introducidos, además de que el sustrato es más húmedo la mayor parte del año debido al riego y a la

presencia de cuerpos de agua, se espera una mayor diversidad que la registrada en estudios previos para las zonas de matorral xerófilo de la REPSA (Pérez-Silva *et al.*, 1986, 2009; Valenzuela *et al.* 2004, 2009; Herrera *et al.*, 2006).

3. Dado que la Cantera Oriente tiene cuerpos de agua permanentes y riego artificial constante, se espera que haya presencia de esporomas de macromicetos todo el año.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Sitio de estudio

La Cantera Oriente de Ciudad Universitaria (19° 19' 2" N, 99° 10' 23" O, 2,270 msnm en su parte central) es una depresión en forma de bota creada por la extracción de roca basáltica para elaborar asfalto que mide 813 m en su parte más alargada y 309 m en su parte más ancha. Se encuentra en la delegación Coyoacán y limita al oeste y al norte con la avenida Antonio Delfín Madrigal, al este con la calle Anacahuita de la colonia Pedregal de Santo Domingo y al sur con la calle Zapotecas en la colonia Ajusco, localizadas en la misma delegación. La parte norte de esta depresión está protegida dentro de la REPSA como el área de amortiguamiento 3 (A3), denominada por su ubicación como "Cantera Oriente". Esta porción en particular tiene 357 m en su parte más alargada y 195 m en su parte más ancha y hasta 18.5 m de profundidad (datos estimados a partir de los mapas y figuras de Ortiz *et al.*, 2007; Figura 3.1). No hay datos meteorológicos particulares de esta depresión; pero en sus partes altas se registra una temperatura media anual de 16.1°C con variaciones que van desde los 6°C hasta los 34.6°C y una precipitación acumulada anual de 870.2 mm (Cano-Santana *et al.*, 2009). Existe una clara diferenciación entre la época de lluvias (que ocurre entre mayo y octubre) y la época de estiaje (que ocurre entre noviembre y abril), lo cual produce una temporalidad en el desarrollo de las especies que ahí habitan (Rzedowski, 1954).

especie, tomando en cuenta que éstos no estuvieran separados entre sí más de 2 m, esto último con la finalidad de tratar de delimitar individuos. Cada vez que se encontró un parche o un esporoma solitario, se tomaron los siguientes datos ambientales: (1) temperatura, (2) humedad relativa, (3) contenido de agua en el suelo a 5 cm de profundidad, y (4) radiación solar a nivel del suelo (W/m^2). Todo esto se llevó a cabo con la ayuda de una microestación (HOBO Microstation Data Logger). Asimismo, se registraron los siguientes datos adicionales: (1) tipo de sustrato (terricola, lignícola o humícola), fueron ubicados en el rubro de hábito humícola aquéllos macromicetos con esporomas que se encontraban en la parte más superficial del suelo y que se removían muy fácilmente (2) número de esporomas, (3) tipo de microhábitat en que se encontraba el esporoma (zona inundable, zona de pasto, jardines, suelo desnudo o cajete de árbol), el cajete de los árboles es la parte de tierra suelta donde se sembraron y que se encuentra a su alrededor.

Una vez registrados los datos ambientales, los esporomas fueron recolectados, seleccionando aquéllos que se encontraban en mejor estado de conservación y en diferente estado de desarrollo con el fin de facilitar su determinación taxonómica. Los esporomas fueron envueltos en papel encerado o en hojas frescas de las plantas de la zona para conservar la humedad y se llevaron al laboratorio para la toma de datos perecederos, imágenes fotográficas y deshidratación.

Con el fin de tener un listado de las especies de árboles del sitio para saber cuáles son las potencialmente ectomicorrízogenas, se hizo un recorrido en mayo del 2014 identificando cada árbol y tomando fotografías y recolectas de aquéllos que no se lograron identificar en el sitio para su posterior revisión.

3.3. Manejo en el laboratorio

Los esporomas frescos fueron descritos con el apoyo del manual de Delgado *et al.* (2005), considerando los siguientes datos: forma, tamaño, color y ornamentación del píleo, estípite e himenio en el caso de los pileados-estipitados o de cada una de sus partes en otras formas. El color de las diferentes partes fue definido con base en la guía de colores de Kornerup y Wanscher (1991). Una imagen digital fue obtenida de cada uno de los especímenes. Los ejemplares debidamente etiquetados se depositaron en bolsas de papel para su proceso de deshidratación. Una vez deshidratados, los esporomas fueron pesados en una balanza analítica para obtener su biomasa en peso seco.

3.4. Determinación taxonómica

La determinación genérica de los ejemplares se realizó con la clave de Largent y Baroni (1988), para lo cual fue necesario, además de los datos macroscópicos, la observación de características micromorfológicas de las esporas, los basidios, las células estériles y las hifas. La determinación específica de los ejemplares se realizó con claves puntuales para cada género, para lo cual se hicieron

preparaciones del píleo, himenio y estípite (en caso de estar presente) de cada ejemplar, pues estas claves se basan principalmente en las características micromorfológicas mencionadas anteriormente. Las preparaciones fueron todas hidratadas con hidróxido de potasio (KOH) al 5%, reactivo de Melzer o contrastadas con floxina, según el taxón de que se trate y obtener la mayor aproximación taxonómica posible. Se utilizaron claves específicas para la identificación de los ejemplares de los géneros *Thelephora* (Corner, 1968), *Cyathus* (Da Cruz *et al.*, 2012), *Hohenbuehelia* (Gándara y Ramírez, 2005), *Setchelliogaster* (Moreno *et al.*, 1997), *Laccaria* (Müller, 1992), *Inocybe* (Nishida, 1989), *Schizophyllum* (Olivo-Aranda y Herrera, 1994), *Coprinus* (Van de Bogart, 1979; Redhead *et al.*, 2001) y *Psathyrella* (Vasutova *et al.*, 2008).

Los ejemplares se identificaron al nivel más fino posible.

3.5. Análisis de los datos

Con el propósito de evaluar la representatividad del muestreo, se construyó una curva de acumulación de especies en función de los días-colector y las especies encontradas. Por otro lado, se calculó la riqueza de macromicetos estimada para la zona de estudio utilizando el estimador ICE (Cobertura Basada en Incidencias) con un total de 400 aleatorizaciones con el apoyo del software EstimateS 9 (Colwell, 2012) y la ecuación de Clench en el programa Statistica 7 (Statsoft). La ecuación de Clench es la siguiente:

$$S(t) = \frac{at}{1+bt} \quad (1)$$

donde: $S(t)$ = número de especies estimado, a = tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del análisis, b = pendiente de la curva, y t = número acumulativo de registros.

Se obtuvo además el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H' , utilizando logaritmo base 2) tomando en cuenta la frecuencia relativa de cada especie y a partir de este se estimó el índice de Pielou para obtener un valor entre 0 y 1.

Para conocer la relación existente entre los diferentes parámetros obtenidos de los esporomas (número de especies, número de registros en cada período, biomasa seca y abundancia absoluta de esporomas) con los niveles de precipitación (mm) mensual y la temperatura mensual promedio ($^{\circ}\text{C}$), se hicieron correlaciones de Spearman, con el programa Statistica 7. Los datos de temperatura y precipitación se obtuvieron del Programa de Estaciones Meteorológicas de Bachilleratos Universitarios en la estación del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur localizada a 2.8 Km de distancia de la Cantera Oriente.

Para conocer la relación entre la producción de esporomas de las diferentes especies y las variables microambientales (contenido de agua del suelo, humedad relativa, intensidad luminosa y temperatura) se realizó un Análisis de Componentes Principales en el software PAST 3 (2013) tomando las medianas transformadas mediante la fórmula \sqrt{x} con el fin de normalizar los datos.

También se realizó un análisis de cluster para las distintas especies mediante el método de varianza mínima de Ward con distancias euclidianas en el programa PAST 3 (2013) usando las medianas de las variables microambientales transformadas mediante la fórmula \sqrt{x} con el fin de normalizar los datos.

El Valor de Importancia (VI_i) para cada especie i , fue calculado con la siguiente fórmula (modificada de Garibay-Orijel *et al.*, 2009):

$$VI_i = AR_i + BR_i + FTR_i \quad (2)$$

donde: AR_i = abundancia relativa de esporomas (%), BR_i = biomasa seca relativa (%), y FTR_i = frecuencia temporal relativa (%). Dado lo anterior, los valores de VI_i van de 0 a 300.

Se elaboró una curva de rango-abundancia con la abundancia de esporomas para cada especie con el fin de conocer la distribución de la abundancia de los esporomas en el programa PRIMER (Clark y Warwick, 1994), los datos de abundancia fueron transformados utilizando logaritmo base dos, basado en el trabajo de Richard *et al.* (2004).

Fueron obtenidos los índices de similitud de Sørensen y Tulloss para comparar la riqueza de géneros de la Cantera Oriente con otros sitios cercanos. (Ver Apéndice XI para el cálculo del índice de similitud de Tulloss)

IV. RESULTADOS

4.1 Composición

Se identificaron 41 morfoespecies pertenecientes a 26 géneros, 19 familias, ocho órdenes, cinco clases y dos Phyla (Tabla 4.1). Dos especies pertenecen al Phylum Ascomycota y 39 al Phylum Basidiomycota. El 51% de los ejemplares se identificaron a nivel de especie, 17% a sección y subsección; en tanto que el 32% a nivel genérico.

Tabla 4.1. Lista de taxones de macromicetos registrados en la Cantera Oriente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel entre agosto de 2011 y febrero de 2013. La clasificación se basó en Kirk *et al.* (2008).

Phylum Basidiomycota

Clase Agaricomycetes

Orden Agaricales

Familia Agaricaceae

Agaricus sp. 1

Agaricus sp. 2

Agaricus campestris L.

Coprinopsis lagopus (Fr.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo

Coprinus sp. 1

Coprinus sp. 2

Coprinus sp. 3

Coprinus cf. *atramentarius* (Bull.) Fr.

Coprinus cf. *micaceus* (Bull.) Fr.

Leucoagaricus sp. 1

Leucoagaricus sp. 2

Lepiota subgen. *Eulepiota* sección *Integrellae* sp. 1

Cyathus aff. *earlei* Lloyd

Familia Bolbitiaceae

Bolbitius *titubans* (Bull.) Fr.

Bolbitius sp. 1

Setchelliogaster *tenuipes* (Setch.) Pouzar

Familia Pluteaceae

Volvariella sp. 1

Pluteus aff. *pouzarianus* Singer

Pluteus *pellitus* (Pers.) P. Kumm.

Pluteus *xylophilus* (Speg.) Singer

Familia Cortinariaceae

Cortinarius sp. 1

Familia Inocybaceae

Inocybe subgen. *Inocybe* sección *Inocybe* sp. 1

Inocybe subgen. *Inocybe* sección *Inocybe* sp. 2

Inocybe subgen. *Inocybe* sección *Inocybe* sp. 3

Inocybe subgen. *Inocybe* sección *Inocybium*

subsección *Acroconiatae* sp. 4

Inocybe subgen. *Inocybe* sección *Inocybium* subsección

Acroconiatae sp.5

Familia Hydnangiaceae

Laccaria tortilis (Bolton) Cooke

Familia Strophariaceae

Stropharia aurantiaca (Cooke) M. Imai

Familia Tricholomataceae

Omphalina sp. 1

Familia Pleurotaceae

Hohenbuehelia petaloides (Bull.) Schulzer

Familia Psathyrellaceae

Parasola auricoma (Pat.) Redhead, Vilgalys & Hopple

Psathyrella subgen. *Psathyra* sección *Spintrigerae* sp. 1

Familia Schizophyllaceae

Schizophyllum commune Fr.

Orden Thelephorales

Familia Thelephoraceae

Thelephora caryophyllea (Schaeff.) Pers.

Orden Polyporales

Familia Ganodermataceae

Ganoderma curtisii (Berk.) Murrill

Familia Polyporaceae

Trametes versicolor (L.) Lloyd

Orden Russulales

Familia Stereaceae

Chondrostereum purpureum (Pers.) Pouzar

Clase Tremellomycetes

Orden Tremellales

Familia Tremellaceae

Tremella mesenterica Retz.

Clase Phallomycetidae

Orden Phallales

Familia Phallaceae

Phallus hadriani Vent.

Phylum Ascomycota

Clase Xylariomycetes

Orden Xylariales

Familia Xylariaceae

Xylaria sp. 1

Clase Pezizomycetes

Orden Pezizales

Familia Morchellaceae

Morchella sp. 1

El orden más representado es Agaricales, con 33 especies, seguido de Polyporales con únicamente dos especies; los seis órdenes restantes están representados solo por una especie (Figura 4.1). Por otro lado, la familia más representativa es Agaricaceae con 13 especies, seguida de Inocybaceae que

agrupa a cinco especies y Pluteaceae con cuatro (Figura 4.2). De las 19 familias presentes, 14 sólo se encuentran representadas por una sola especie. El índice de diversidad fue $H' = 4.6$ y a partir de este valor se obtuvo 0.86 en el índice de Pielou.

4.2. Curva de acumulación de especies y estimación de la riqueza

La curva de acumulación de especies no tiende a una asíntota (Figura 4.3), sino que con el incremento del esfuerzo de recolecta, nuevas especies siguen apareciendo, lo cual es un claro reflejo del manejo que tiene este ecosistema, por lo que aún es necesario seguir haciendo recolectas en la zona para conocer la diversidad de macromicetos de la Cantera Oriente. La curva ajustada por la ecuación de Clench, arrojó un estimado total de 71 especies, mientras que el programa EstimateS (Colwell, 2005) arrojó un estimado de 78 especies. Por lo cual en este estudio, estuvieron representadas de acuerdo a estos índices, entre el 53 y 58% de la riqueza estimada.

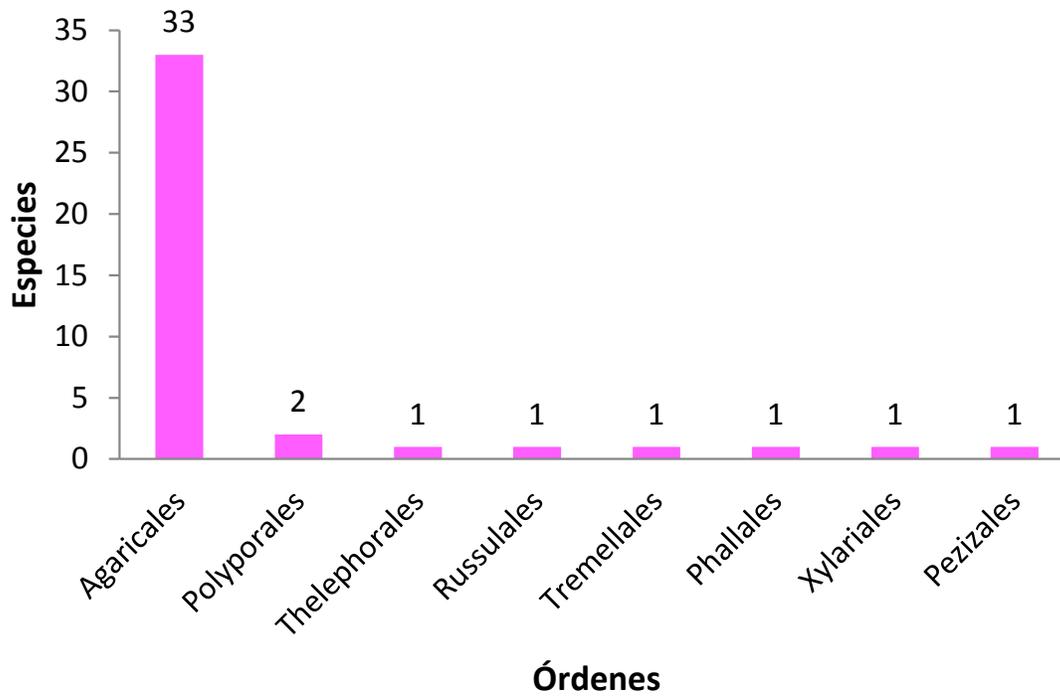


Figura 4.1. Número de especies por cada orden de macromicetos encontrados en la Cantera Oriente, D.F. Datos de agosto de 2011 a febrero de 2013. $N = 41$.

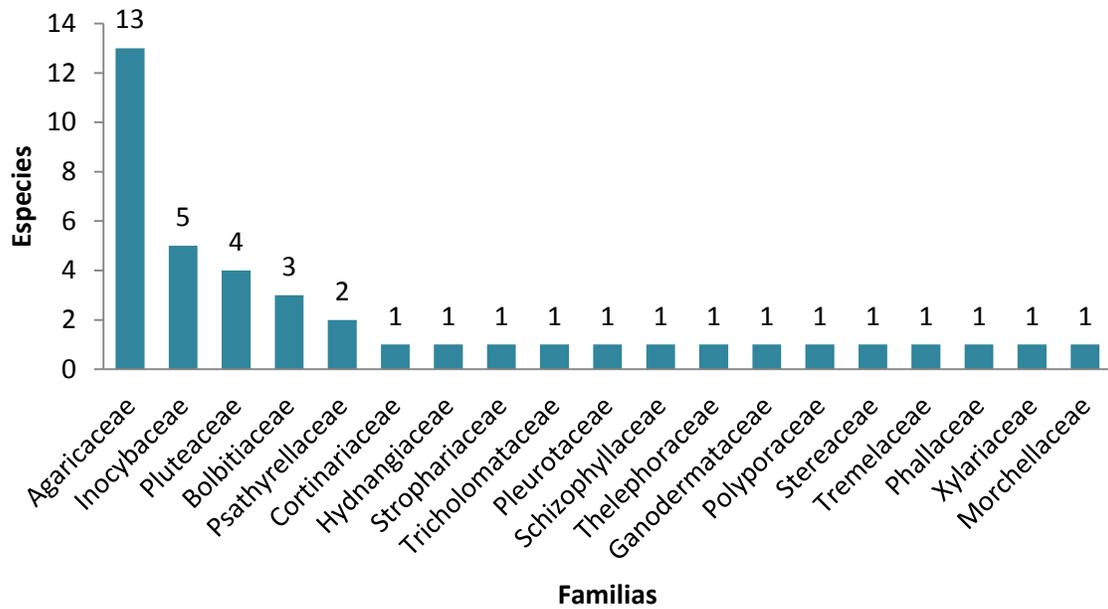


Figura 4.2. Número de especies por cada familia de macromicetos encontrados en la Cantera Oriente, D.F. Datos de agosto de 2011 a febrero de 2013. $N = 41$.

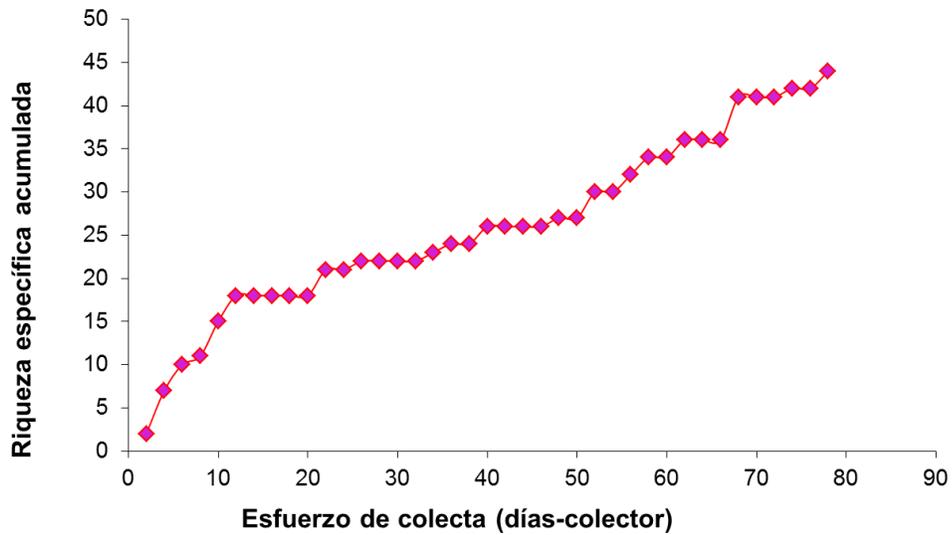


Figura 4.3. Curva de acumulación de especies de macromicetos en la Cantera Oriente, D.F. Datos de agosto de 2011 a febrero de 2013. $N = 41$.

4.3. Fenología reproductiva y su relación con las variables climáticas

El mayor número de registros se obtuvo en agosto de 2012 (22 registros), seguido de los meses de julio y septiembre del mismo año (con 19 registros cada uno) (Figura 4.4). En contraste, en noviembre y diciembre de 2011, enero de 2012, así como enero y febrero de 2013 no se obtuvo ningún registro de de esporomas. La especie que estuvo presente en la mayoría de los muestreos fue *Laccaria tortilis* (14 muestreos, 36% del total), seguida de *Coprinus cf. micaceus* (11, 28%) y *Setchelliogaster tenuipes* (10, 26%); 24 (58%) especies sólo estuvieron presentes en un muestreo (ver Apéndice III y Figura 4.4).

Asimismo, el patrón de cambio estacional en la riqueza de especies muestra el mismo patrón, pues el mayor número de especies con esporomas se observó en agosto de 2012 (con 14 especies) y la total ausencia de éstas en los meses mencionados anteriormente (Figura 4.4).

Ambos patrones de cambio estacional están estrechamente relacionados a los niveles que alcanza la precipitación mensual durante el año y a la temperatura (Tabla 4.2 y Figura 4.4), pues es entre julio y septiembre cuando se presentan las lluvias más copiosas, en tanto; que en los meses en que no hubo registros no se presentaron lluvias; no obstante, se registraron algunos esporomas antes de la temporada fuerte de lluvia (tal como se observa en las Figuras 4.4 y 4.5). Apoyando esta observación, se encontraron correlaciones positivas y significativas

entre el número de registros y la riqueza de especies con los niveles de precipitación y de temperatura media mensual (g.l. = 17, $P < 0.05$; Tabla 4.2, ver también Apéndice II).

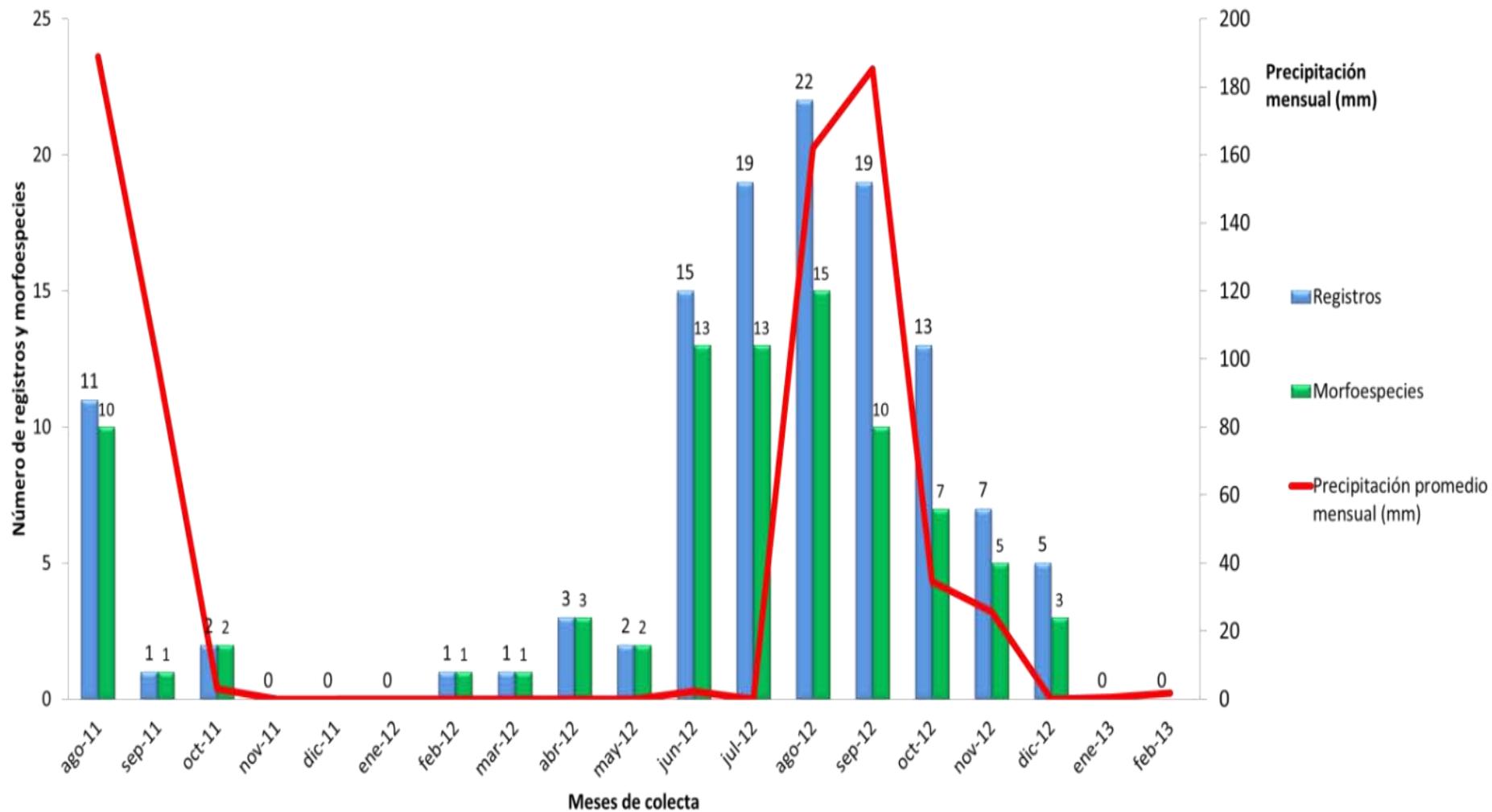


Figura 4.4. Variación temporal del número de registros y riqueza de especies de macromicetos en fructificación en la Cantera Oriente, D.F. en relación con los niveles de precipitación obtenidos de la Estación CCH-Sur del Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario (PEMBU).

Tabla 4.2. Índices de correlación de Spearman (r_s) entre el número de registros, la riqueza de morfoespecies, biomasa y abundancia absoluta de esporomas con los niveles de precipitación y de temperatura media mensual. Los valores en negritas son significativos ($P < 0.05$). En todos los casos g.l. = 17

Variables	r_s	P
Temperatura vs no. especies	0.51	0.025
Temperatura vs no. registros	0.51	0.026
Temperatura vs biomasa	0.60	0.007
Temperatura vs no. esporomas	0.42	0.072
Precipitación vs no. especies	0.49	0.032
Precipitación vs no. registros	0.50	0.029
Precipitación vs biomasa	0.41	0.079
Precipitación vs no. esporomas	0.52	0.021

La mayoría de las especies concentraron su producción de esporomas en la temporada de lluvias (junio a noviembre de 2012), a excepción de *Volvariella* sp. 1 y *Pluteus* sp. 3 que produjeron esporomas en una sola ocasión en agosto y septiembre de 2011, respectivamente, y de *Chondrostereum purpureum*, que produjo esporomas en dos ocasiones en agosto de 2011 y abril de 2012. (Figura 4.5).

Laccaria tortilis produjo esporomas en octubre de 2011 (153) y de julio a diciembre de 2012, con un pico máximo en agosto (803) (Figura 4.6), en tanto que *Coprinus* cf. *micaceus* registró esporomas en agosto de 2011 (299), en febrero de 2012 (288) y de mayo a octubre de 2012 con un pico máximo en septiembre (410) (Figura 4.7). Por su parte *Coprinopsis lagopus* registró esporomas solamente en junio de 2012 y de agosto a octubre del mismo año, presentando más esporomas en septiembre (1003; Figura 4.8), mientras que *Setchelliogaster tenuipes* presentó

esporomas entre agosto y diciembre de 2012, presentando su pico máximo en noviembre (383; Figura 4.9). Por otro lado, *Inocybe* sp. 5 registró esporomas únicamente entre junio y septiembre de 2012, presentando su pico máximo pico de estas estructuras en agosto (247; Figura 4.10), en tanto *Coprinus* aff. *atramentarius* que registró esporomas de abril a junio, de agosto a octubre y en diciembre siempre en 2012, y registró dos picos máximos: en septiembre (33) y en diciembre (34) (Figura 4.11).

Entre julio y septiembre de 2012 la mayoría de las especies de macromicetos registraron los picos más altos de producción de esporomas, siendo julio el mes de máxima producción de *Agaricus* sp. 1, *Agaricus* sp. 2, *Coprinus* sp. 2, *Inocybe* sp. 2, *Leucoagaricus* sp. 1 y *Leucoagaricus* sp. 2; agosto el de máxima producción de *Bolbitius titubans*, *Inocybe* sp. 1, *Inocybe* sp. 5, *Laccaria tortilis*, *Lepiota* sp. 1, *Phallus hadriani* y *Psathyrella* sp. 1; y septiembre en el que se observaron los pico máximos de registros de esporomas en *Coprinus* cf. *micaceus*, *Hohenbuehelia* sp. 1, *Inocybe* sp. 3 y *Pluteus* sp. 2.

Laccaria tortilis

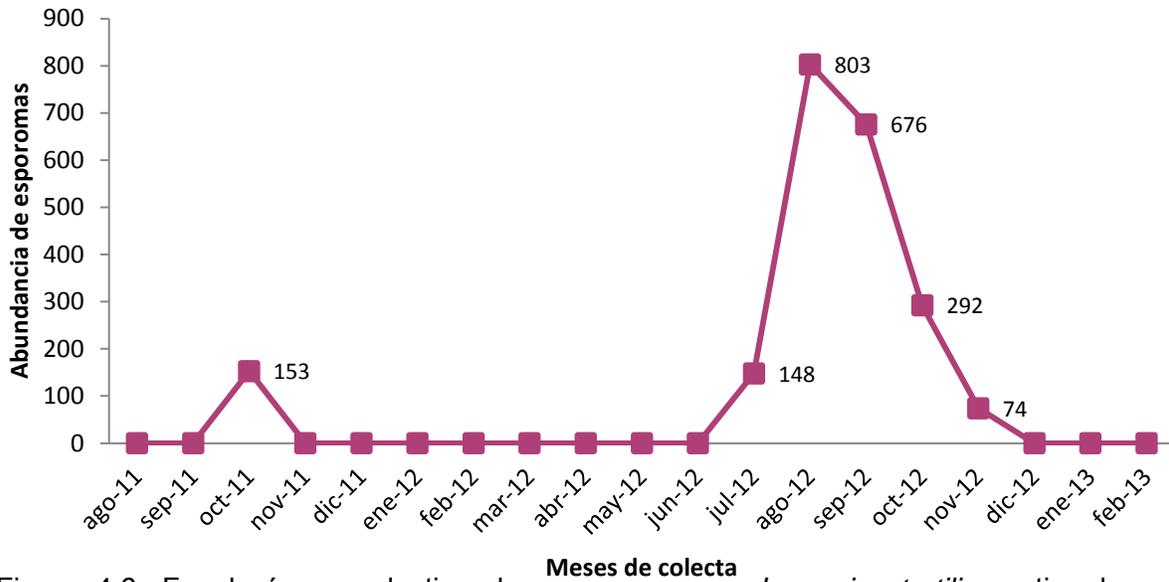


Figura 4.6. Fenología reproductiva de *Laccaria tortilis* estimada a partir del número de esporomas registrado cada mes entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. $N = 2146$

Coprinus cf. micaceus

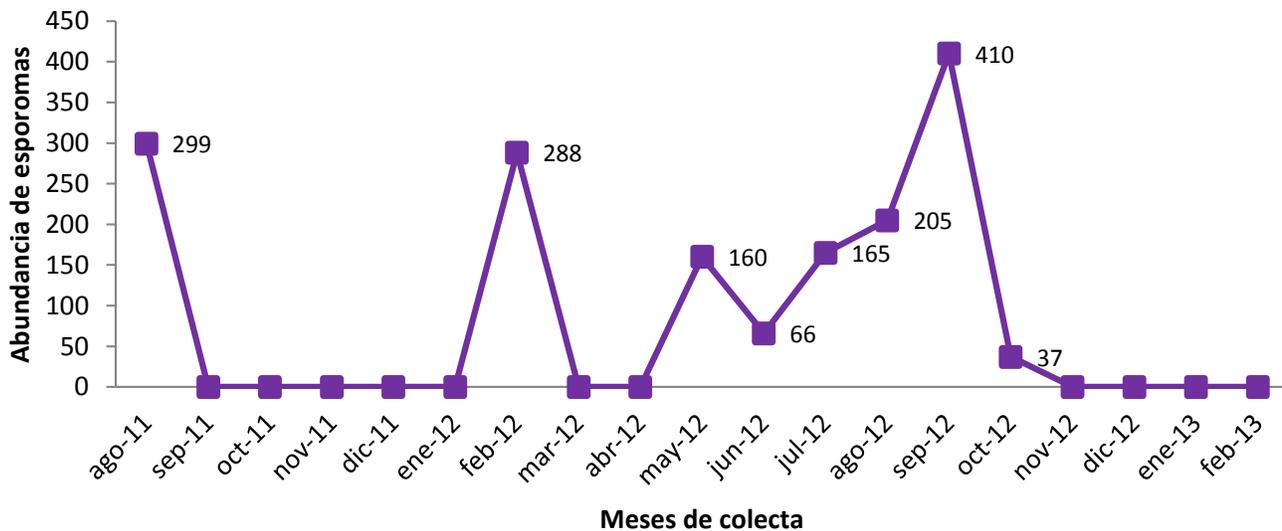


Figura 4.7. Fenología reproductiva de *Coprinus cf. micaceus* estimada a partir del número de esporomas registrado cada mes entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. $N = 1630$

Coprinopsis lagopus

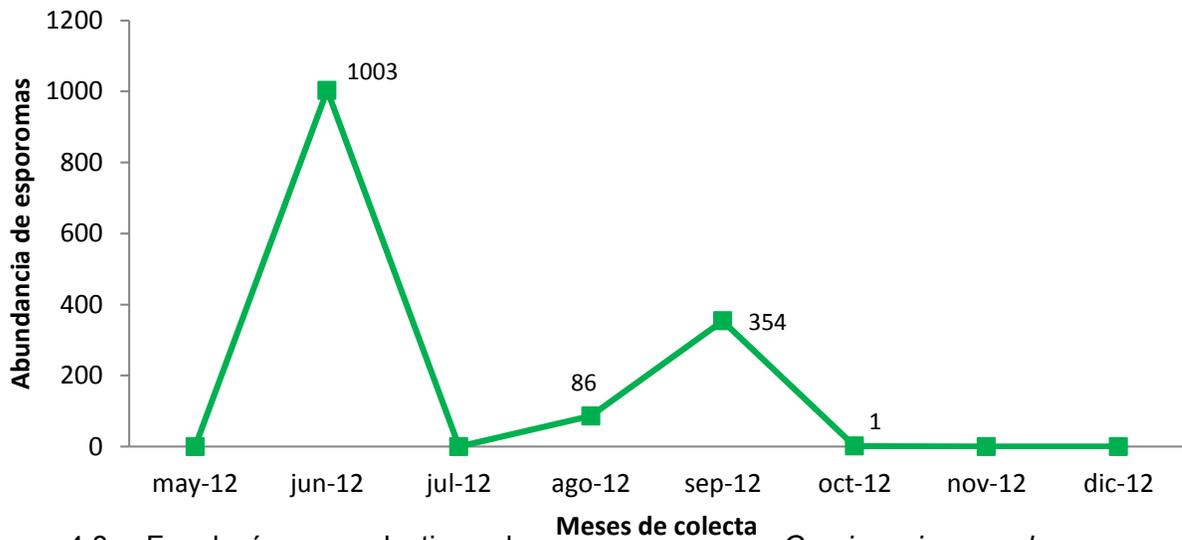


Figura 4.8. Fenología reproductiva de *Coprinopsis lagopus* estimada a partir del número de esporomas registrado cada mes entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. $N = 1444$

Setchelliogaster tenuipes

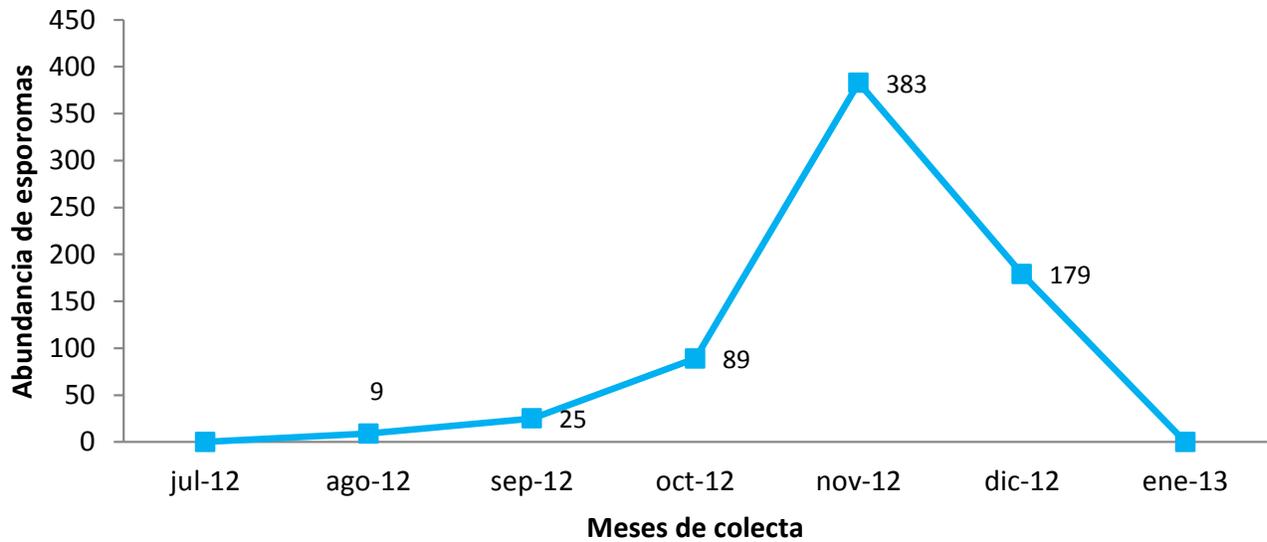


Figura 4.9. Fenología reproductiva de *Setchelliogaster tenuipes* estimada a partir del número de esporomas registrados cada mes entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. $N = 685$

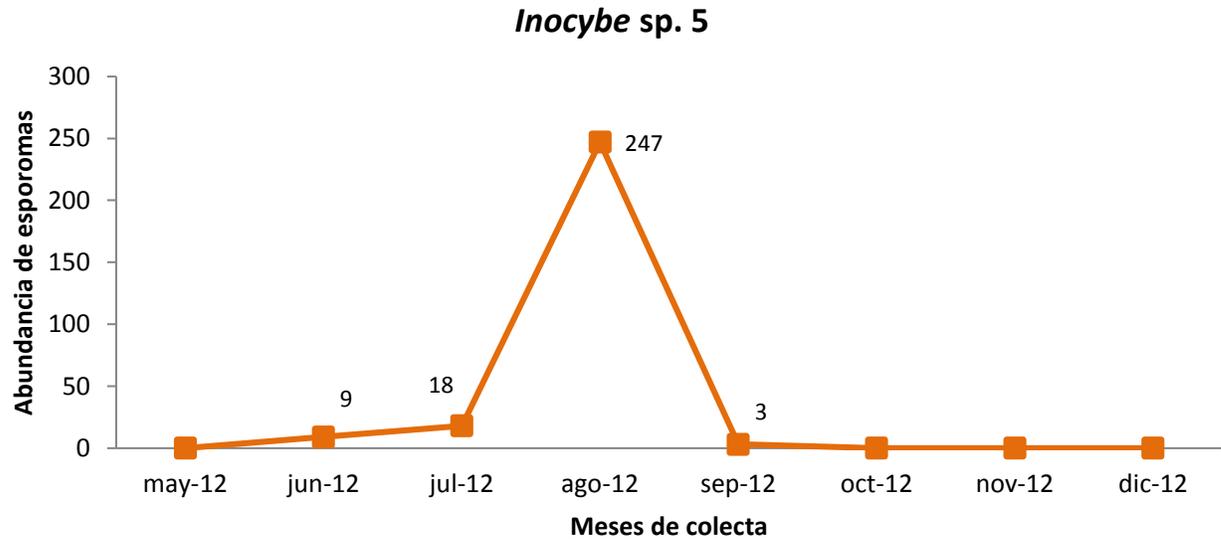


Figura 4.10. Fenología reproductiva de *Inocybe sp. 5* estimada a partir del número de esporomas registrados cada mes entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. $N = 277$

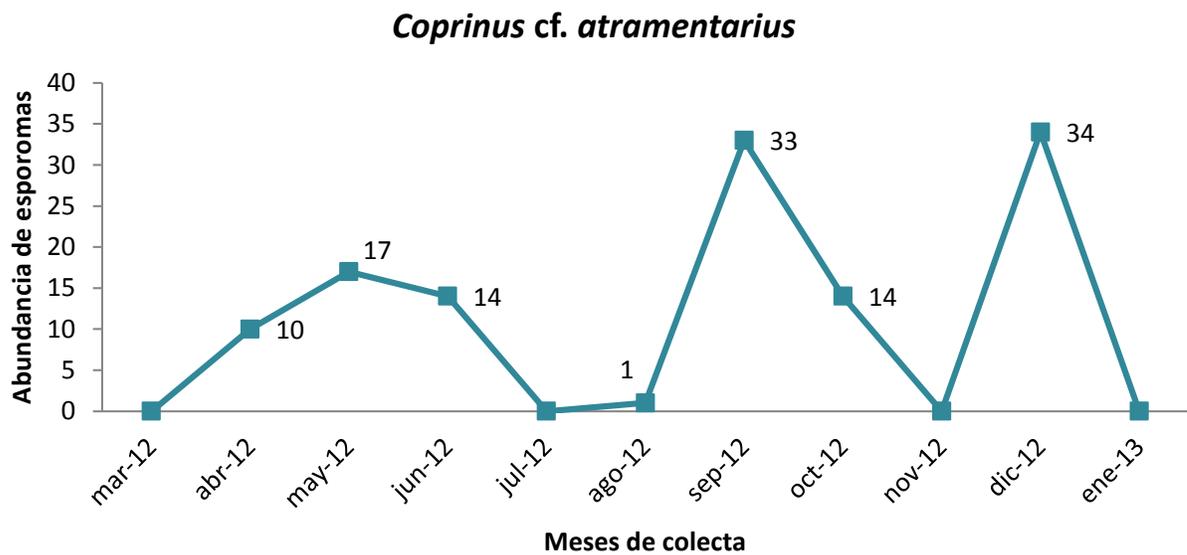


Figura 4.11. Fenología reproductiva de *Coprinus cf. atramentarius* estimada a partir del número de esporomas registrados cada mes entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. $N = 123$

4.4 Estructura de la comunidad

4.4.1 *Registros por género.* El género que tuvo mayor número de registros fue *Coprinus* con el 25% del total, seguido de los géneros *Inocybe* (14%) y *Laccaria* (14%) (Figura 4.12). La mayor parte de los géneros (18) no aportaron cada uno más del 3% del total de registros (ver Apéndice III).

4.4.2. *Especies por género.* *Coprinus* también fue el género que cuenta con el mayor porcentaje de morfoespecies (15%), lo que contrasta con *Laccaria* que es un género que aporta una sola morfoespecie (Figura 4.13, ver también Apéndice III).

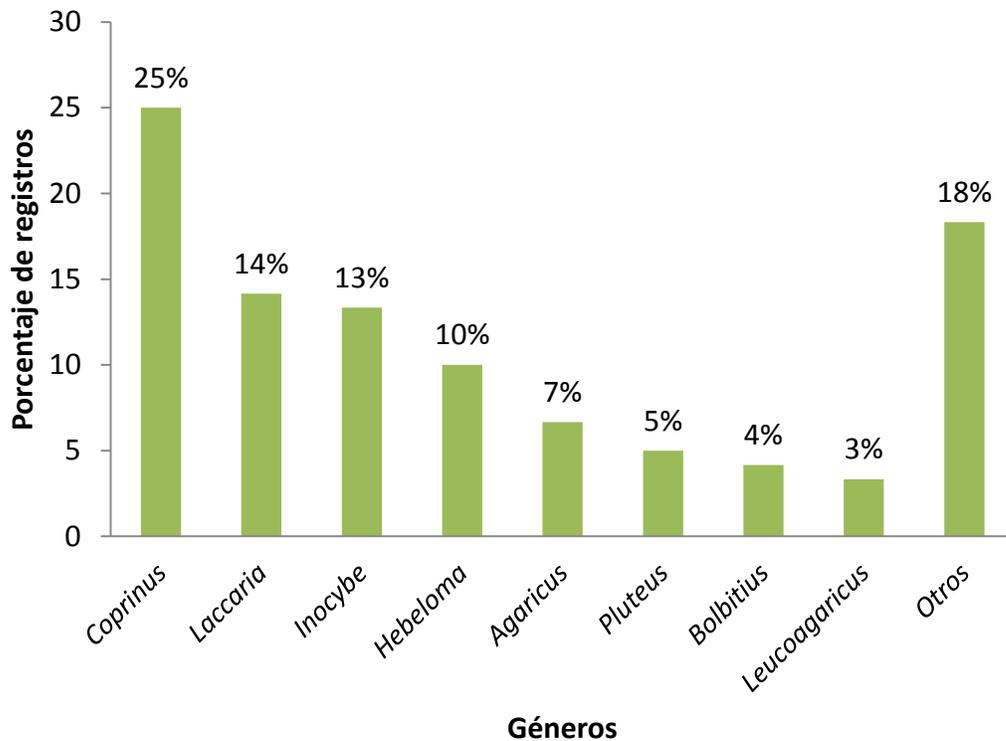


Figura 4.12. Frecuencia relativa de los registros por género de macromicetos de la Cantera Oriente, D.F. Datos de agosto de 2011 a febrero de 2013. $N = 121$.

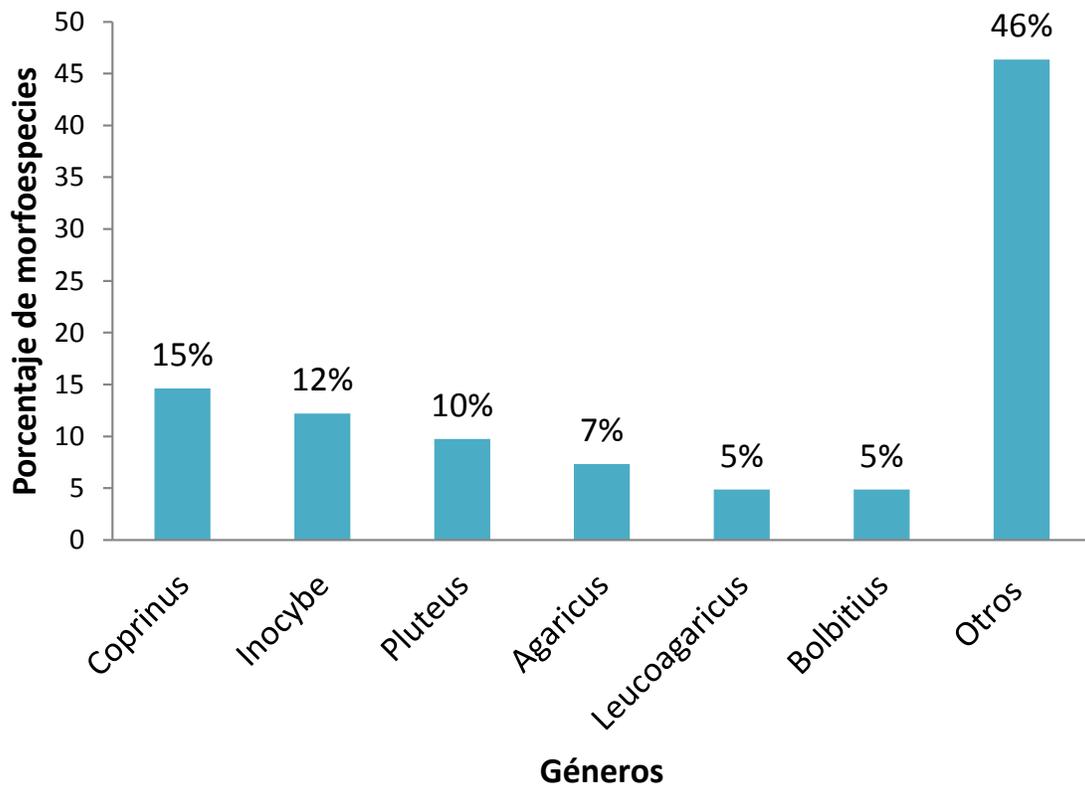


Figura 4.13. Porcentaje de especies por género de macromicetos de la Cantera Oriente, D.F. entre agosto del 2011 y febrero del 2013. $N = 41$.

4.4.3. *Abundancia de esporomas por especie.* Se recolectaron un total de 7,374 esporomas, siendo *Laccaria tortilis* la especie que más esporomas aportó (2,146; 29%), seguida de *Coprinus cf. micaceus* (1,630; 22%) y *Coprinopsis lagopus* (1,444; 20%); hubo 36 especies que agrupadas aportaron el 13% del total de esporomas, entre las que se encontraron *Bolbitius* sp. 1, *Pluteus* aff. *pouzarianus*, *Cortinarius* sp. 1, *Stropharia aurantiaca* y *Ganoderma curtisii*, que aportaron sólo un esporoma cada una (Figura 4.14; ver también Apéndice IV).

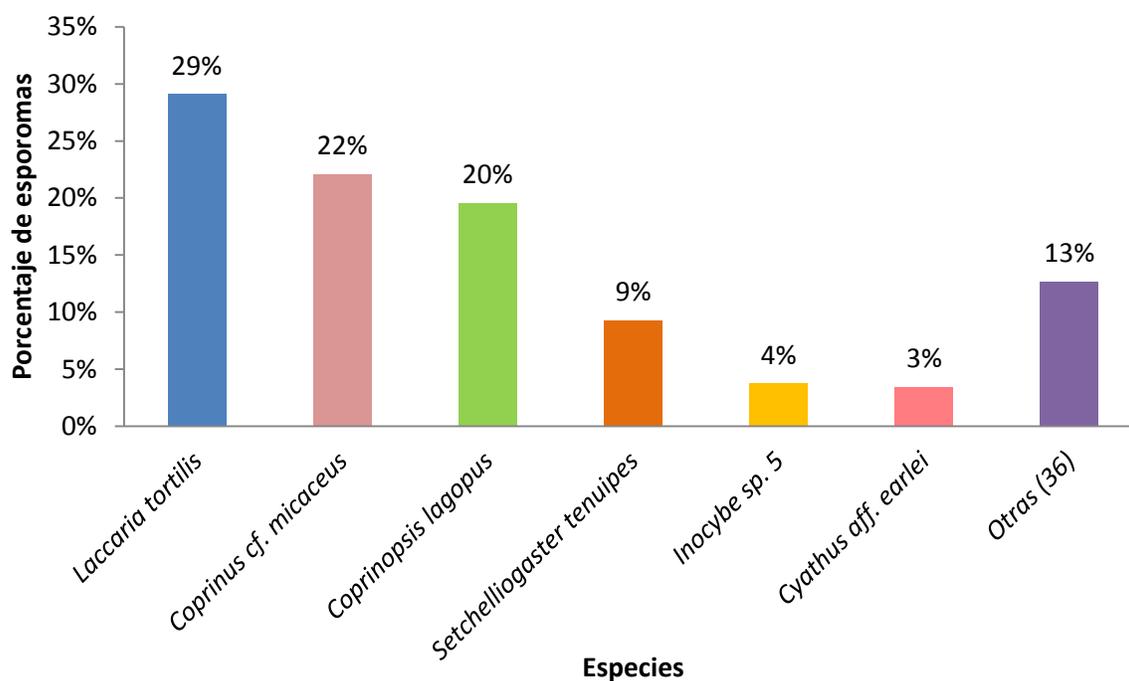


Figura 4.14. Abundancia relativa de esporomas de cada especie de macromiceto en la Cantera Oriente, D.F. $N = 7,374$ esporomas.

4.4.4 *Curva rango-abundancia*. Las especies dominantes por la abundancia de esporomas que registran fueron *Laccaria tortilis*, *Coprinus cf. micaceus*, *Coprinopsis lagopus*, *Setchelliogaster tenuipes* e *Inocybe sp. 1* (Figura 4.15). La curva rango-abundancia en escala logarítmica mostro una distribución logarítmica.

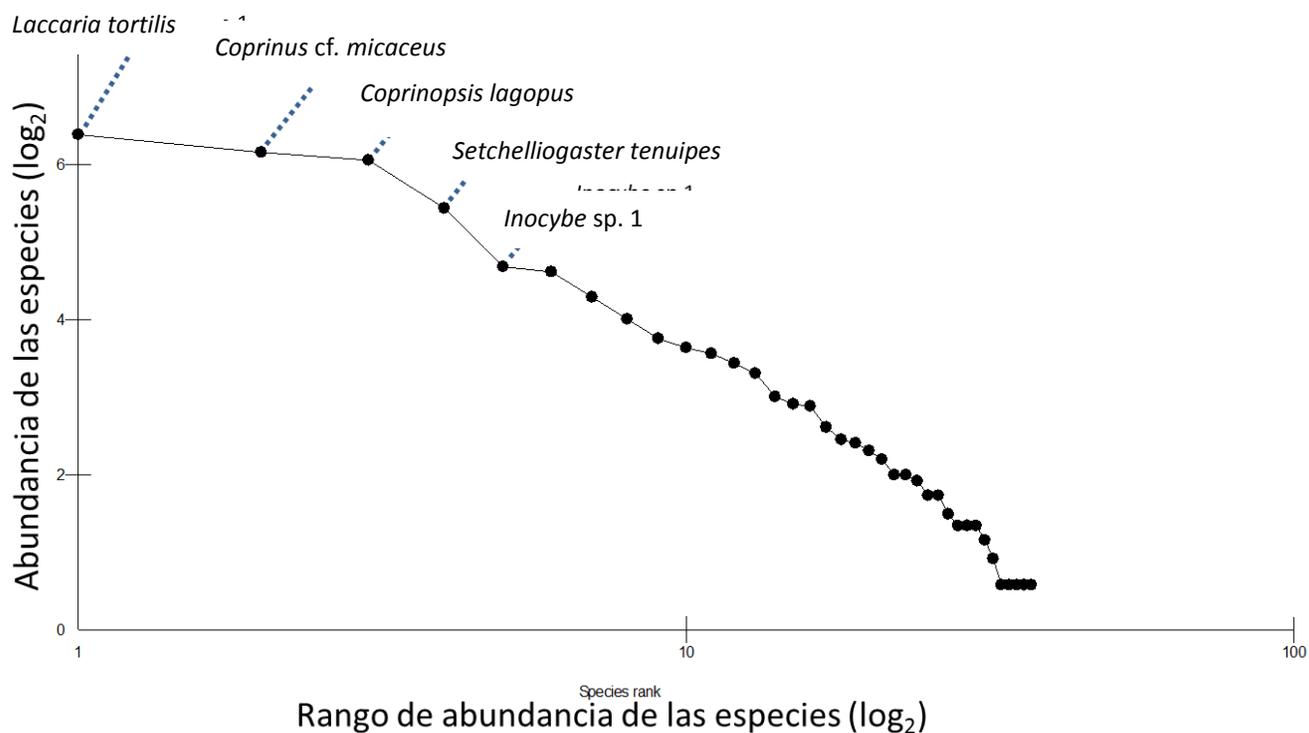


Figura 4.15. Curva rango-abundancia de la comunidad de hongos macroscópicos de la Cantera Oriente, D.F.

4.4.5. *Biomasa por especie*. Se acumuló un total de 939.7 g de peso seco (g ps) de esporoma de macromicetos, y la morfoespecie que mayor biomasa aportó fue *Coprinus cf. micaceus* (348.3 g ps; 37%), seguida de *Coprinus cf. atramentarius*

(131.3 g ps; 14%), en tanto que 35 especies aportaron cada una menos del 3% de biomasa (Figura 4.16; ver también Apéndice V).

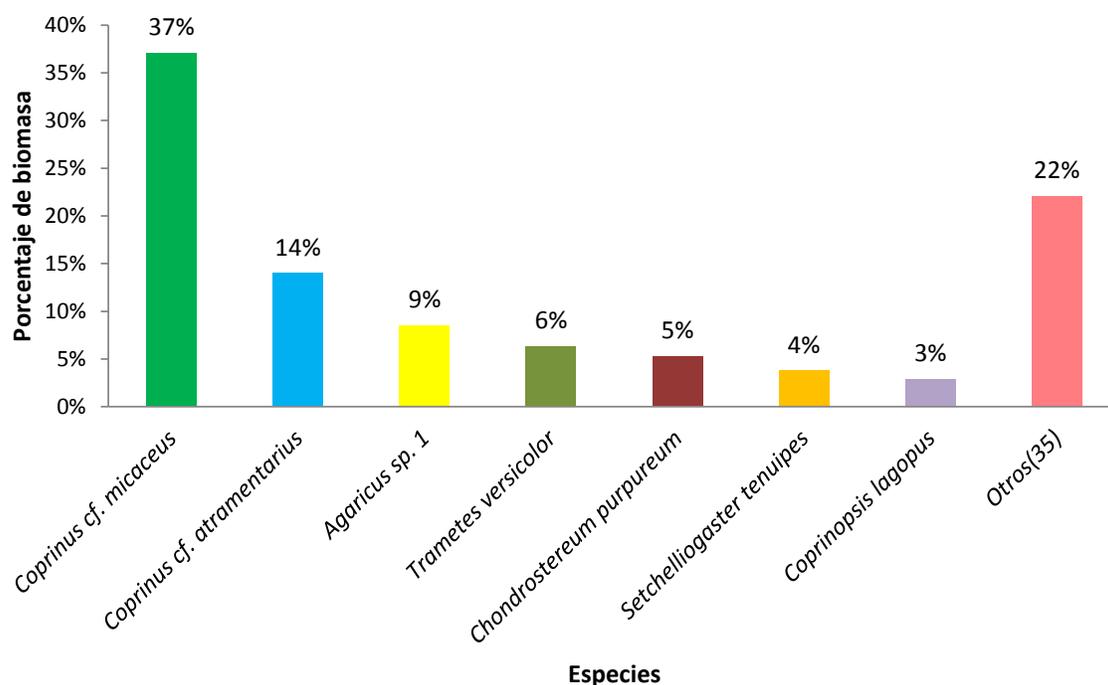


Figura 4.16. Biomasa seca relativa que aporta cada especie de macromiceto en la Cantera Oriente, D.F. Biomasa total: 939.7 g ps.

4.4.6. *Valor de Importancia.* La especie que obtuvo el mayor valor de importancia fue *Coprinus cf. micaceus* (69.54), seguida de *Laccaria tortilis* (44.81), *Coprinopsis lagopus* (26.28), *Coprinus cf. atramentarius* (23.19) y *Setchelliogaster tenuipes* (22.52) (Figura 4.17, ver también Apéndice VI). Pocas especies tienen valores de importancia elevados, el 43% de las especies tuvo un valor de importancia de apenas 1.

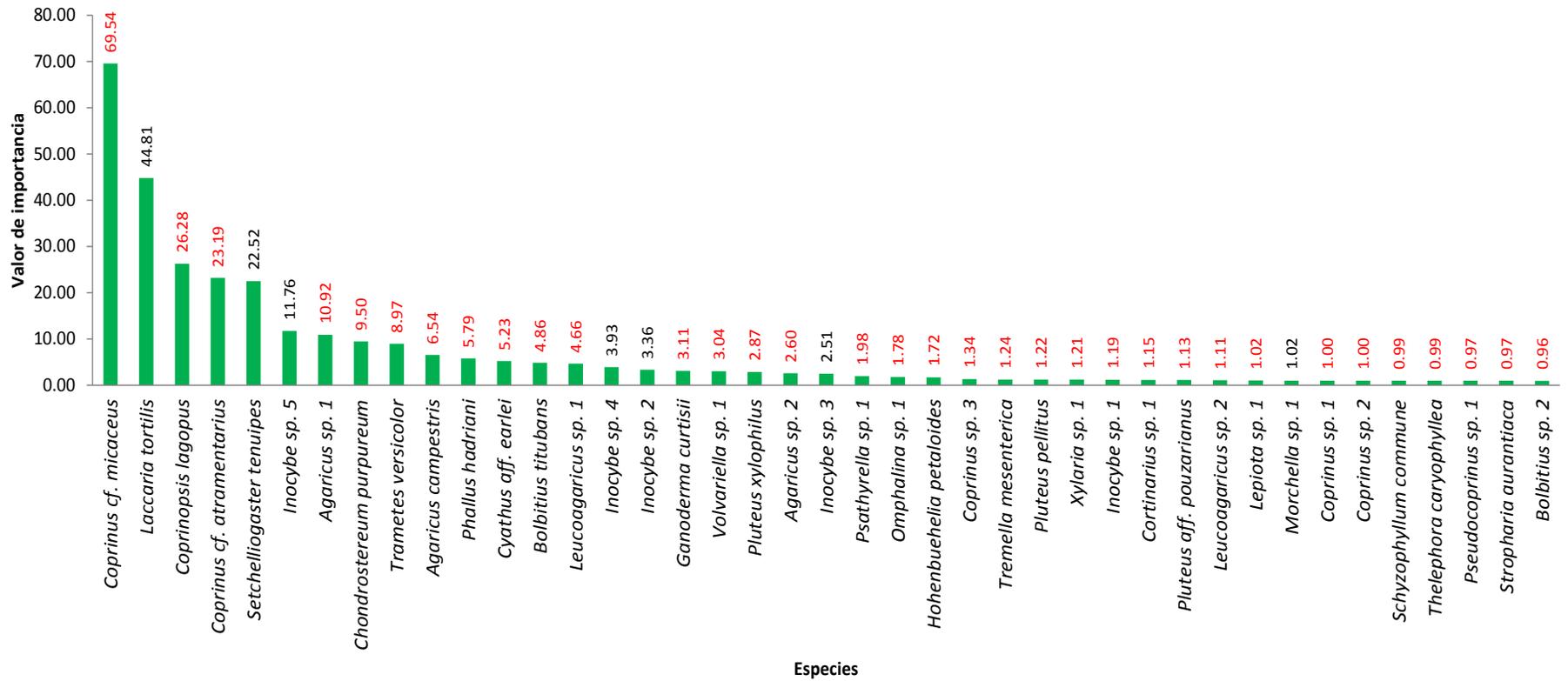


Figura 4.17. Valores de importancia de cada una de las especies de macromicetos encontrados en la Cantera Oriente, D.F. En color rojo se resaltan los valores de importancia de las especies saprobias y en negro de las especies ectomicorrizógenas.

4.4.7. *Uso de diferentes sustratos.* El 68% de las 41 morfoespecies evidenciadas son de hábito terrícola, seguido del hábito lignícola (con 21%) y en último lugar están las de hábito humícola (con 11%) (Figura 4.18).

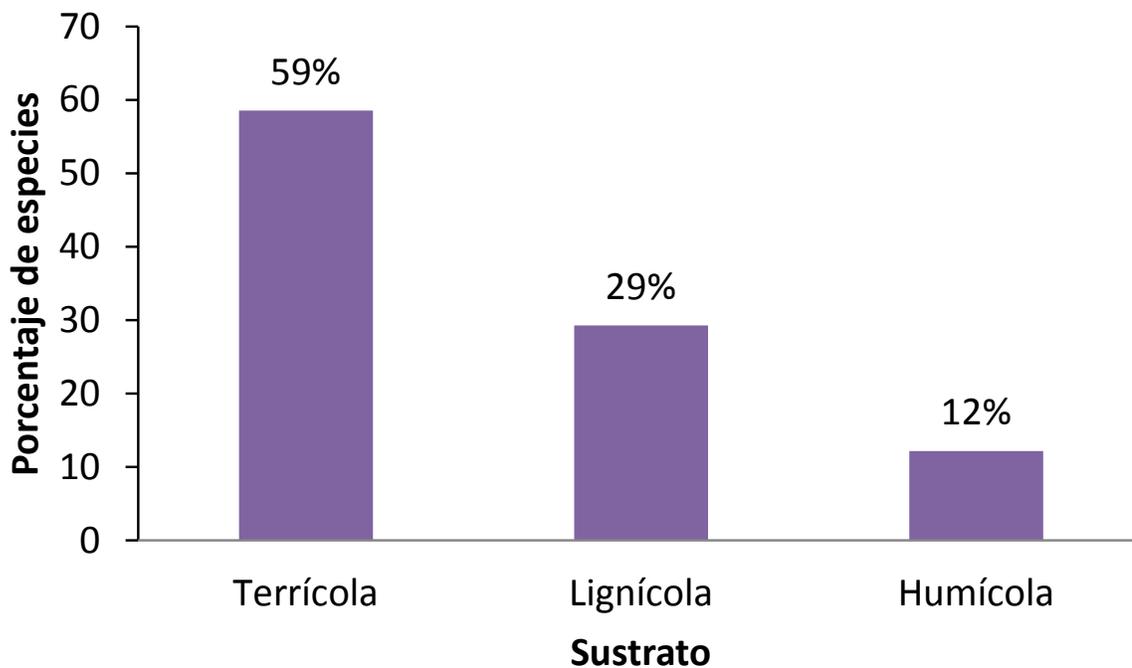


Figura 4.18. Porcentaje de especies que usan distintos sustratos en la Cantera Oriente, D.F. $N = 41$.

4.4.8. *Uso de diferentes microhábitats* .Los registros de esporomas fueron hechos en cinco tipos principales de microhábitats con características particulares. La mayor parte de los registros (34%, 41 registros) se localizaron en cajetes de árboles, que se caracterizan por tener la tierra muy suelta, el 32% (39) de los registros fue en zonas inundables alrededor de los cuerpos de agua caracterizadas por conservar mucha humedad, el 14% (17) de los ejemplares se desarrollaron en zonas abiertas con césped, el 13% (15) sobre trozos de madera expuestos sobre el suelo que conservan humedad y, el 8% (9) restante en zonas de suelo desnudo caracterizado por estar compactado (Figura 4.19).

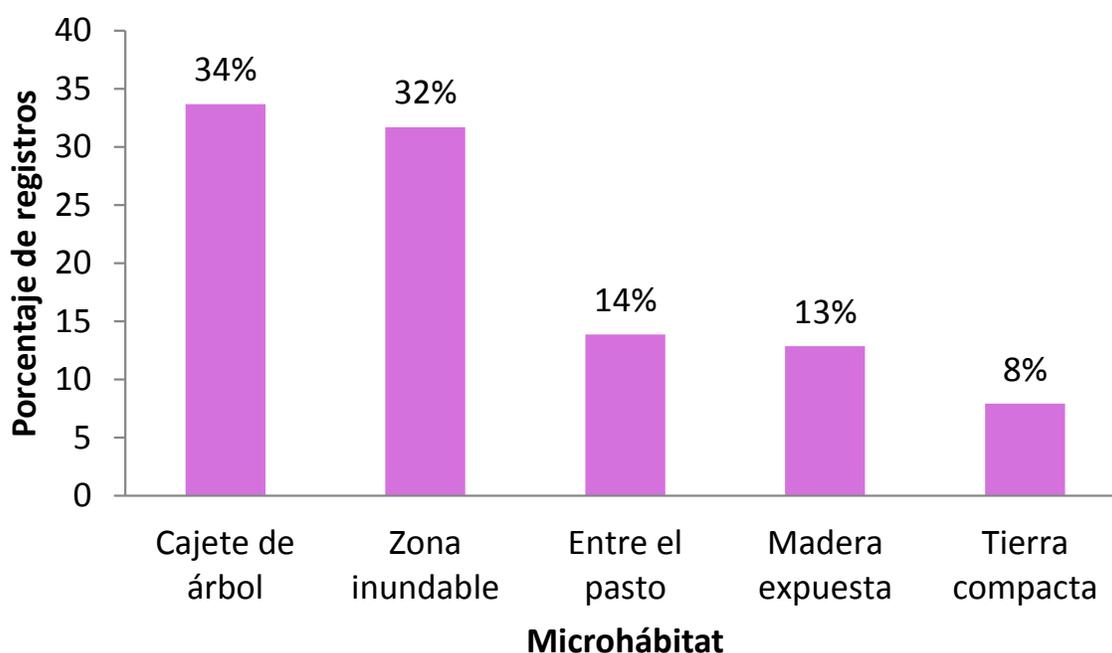


Figura 4.19. Frecuencia relativa de los registros de esporomas de los macromicetos encontrados en la Cantera Oriente en distintos microhábitats. $N = 121$.

4.4.9. *Hábito de crecimiento*. El mayor porcentaje de especies (41%, 17 especies) tuvo un hábito de crecimiento gregario, seguido de aquellas con hábito disperso (37%, 15), mientras que la minoría de especies registró un hábito solitario (22%, 9) (Figura 4.20).

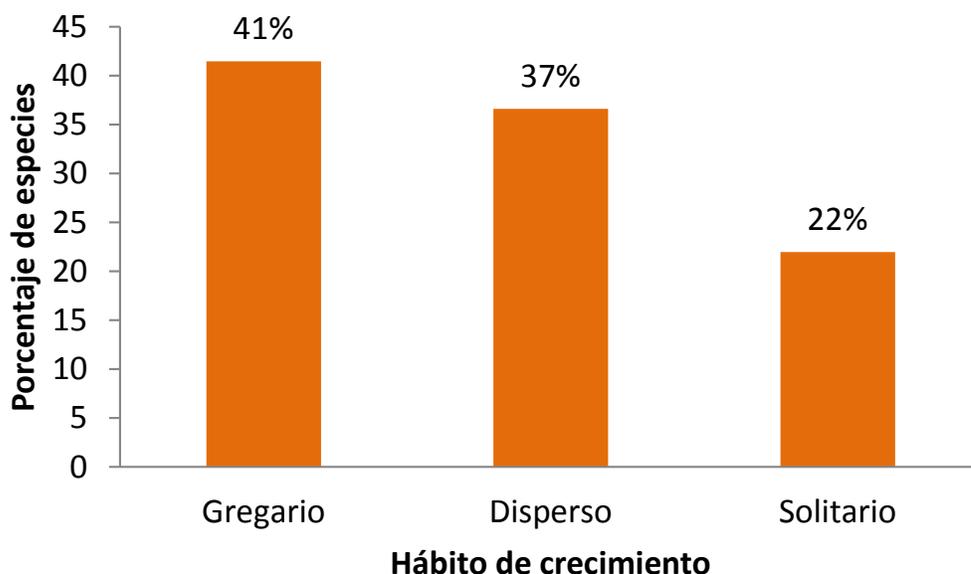


Figura 4.20. Frecuencia relativa de los hábitos de crecimiento de las especies de macromicetos encontrados en la Cantera Oriente, D.F. $N = 41$.

4.5. Intervalos ambientales de producción de esporomas

Los macromicetos registrados en la Cantera Oriente mostraron distintos rangos de variación de los rasgos ambientales de los hábitats necesarias para desarrollar sus esporomas. Éstos registraron esporomas en hábitats que variaron entre 14.9 y 33.1°C en la temperatura del aire, entre 17.4% y 91.2% de humedad relativa, entre 0.14 y 654.35 W/m^2 de intensidad lumínica y entre 0.092 y 0.914 m^3/m^3 en contenido de agua en el suelo (ver Apéndices VII, VIII, IX y X).

Las especies de hongos que se registraron viviendo en zonas con las temperaturas más bajas fueron *Coprinus* cf. *micaceus*, *Xylaria* sp. 1 y *Bolbitius* sp. 1 con 14.9, 15.0 y 15.0°C, respectivamente, en tanto que *Hohenbuehelia petaloides*, *Coprinus* sp. 3 y *Bolbitius titubans* se registraron en microhábitats con los valores de temperatura más altos (33.1, 31.3°C y 30.6°C, respectivamente) (Figura 4.21 y Apéndice VII). La especie a la que se le registró un rango ambiental más amplio fue *Coprinus* cf. *micaceus* que registró un rango de entre 14.9 y 24.9°C.

Las especies que se registraron en hábitats con los valores de humedad relativa más bajos fueron *Agaricus* sp. 1, *Bolbitius titubans* y *Coprinus* sp. 3 con 17.4, 36.3 y 43.2%, respectivamente; en tanto que *Inocybe* sp. 4, *Bolbitius* sp. 1 y *Cyathus* aff. *earlei* presentaron los valores de humedad relativa más altos con 91.2, 90.9 y 89.0%, respectivamente (Figura 4.22 y Apéndice VIII). La especie que registró un rango de humedad relativa más amplio fue *Coprinus* cf. *atramentarius* que registró un rango de entre 43.3 y 74.9%.

Por otra parte, las especies que presentaron esporomas en los hábitats con los valores de intensidad luminosa más bajos en el horario de muestreo fueron *Inocybe* sp. 1, *Xylaria* sp. 1 y *Laccaria tortilis* con 0.14, 0.60 y 3.10 W/m², respectivamente; mientras que *Hohenbuehelia petaloides*, *Bolbitius titubans* e *Inocybe* sp. 2 registraron los valores de intensidad luminosa más altos con 654.35, 652.50 y 585.75 W/m², respectivamente (Figura 4.23 y Apéndice IX). La especie que registró un rango de intensidad luminosa más amplio fue *Bolbitius titubans* que registró un rango de entre 13.10 y 652.50 W/m².

Finalmente, las especies que se presentaron con los valores de contenido de agua en el suelo más bajos fueron *Setchelliogaster tenuipes*, *Coprinus cf. micaceus* y *Pluteus pellitus* con 0.092, 0.100 y 0.104 m³/m³, respectivamente; mientras que los esporomas de *Laccaria tortilis*, *Setchelliogaster tenuipes* y *Coprinus cf. micaceus* se desarrollaron bajo los valores de contenido de agua en el suelo más altos con 0.914, 0.640 y 0.300 m³/m³, respectivamente (Figura 4.24 y Apéndice X). La especie que registró un rango de humedad del suelo más amplio fue *Laccaria tortilis* que registró un rango entre 0.098 y 0.914 m³/m³.

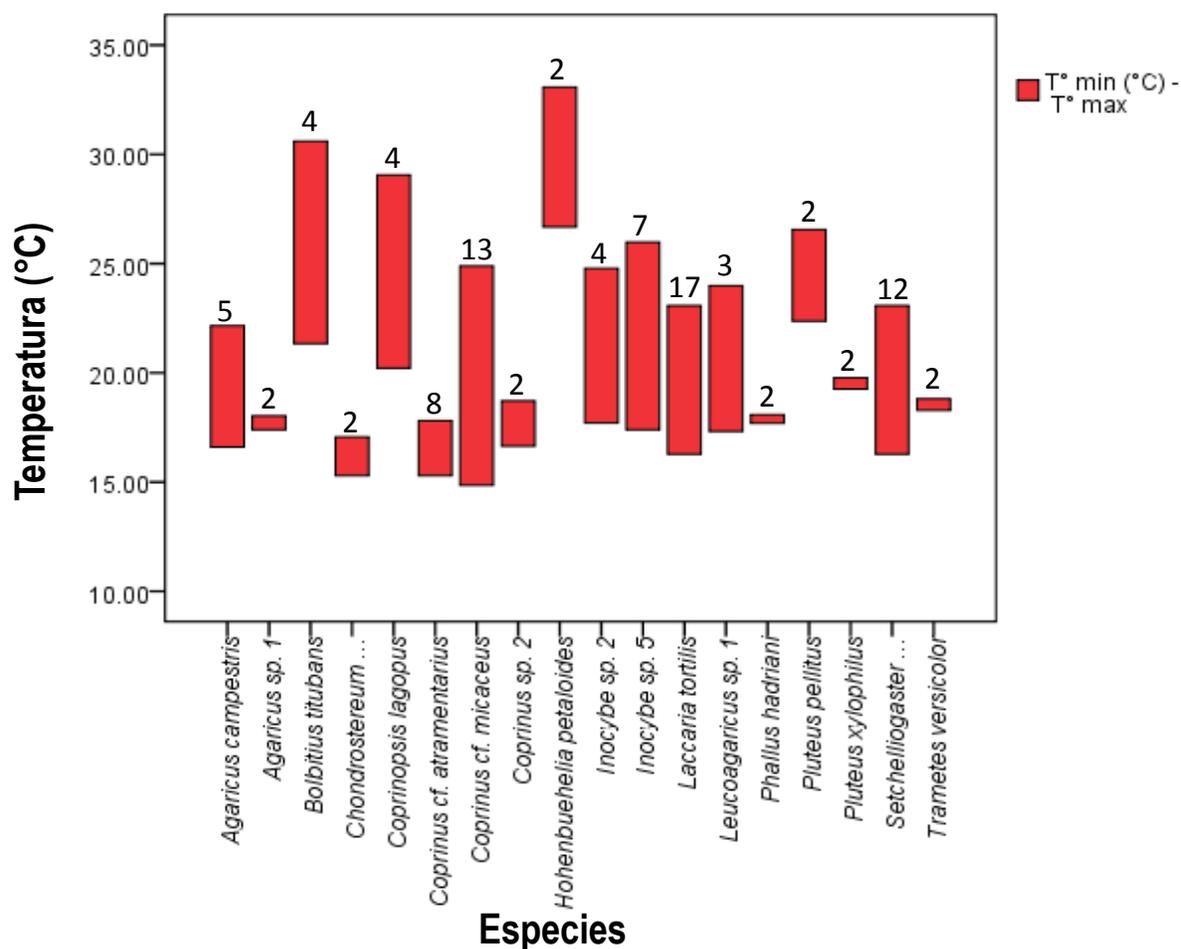


Figura 4.21. Rangos de temperatura (°C) en que los macromicetos de la Cantera Oriente desarrollaron esporomas. Sólo se señalan los datos de las especies de las que se obtuvieron al menos dos registros. Los números encima de las barras indican el número de registros para cada especie.

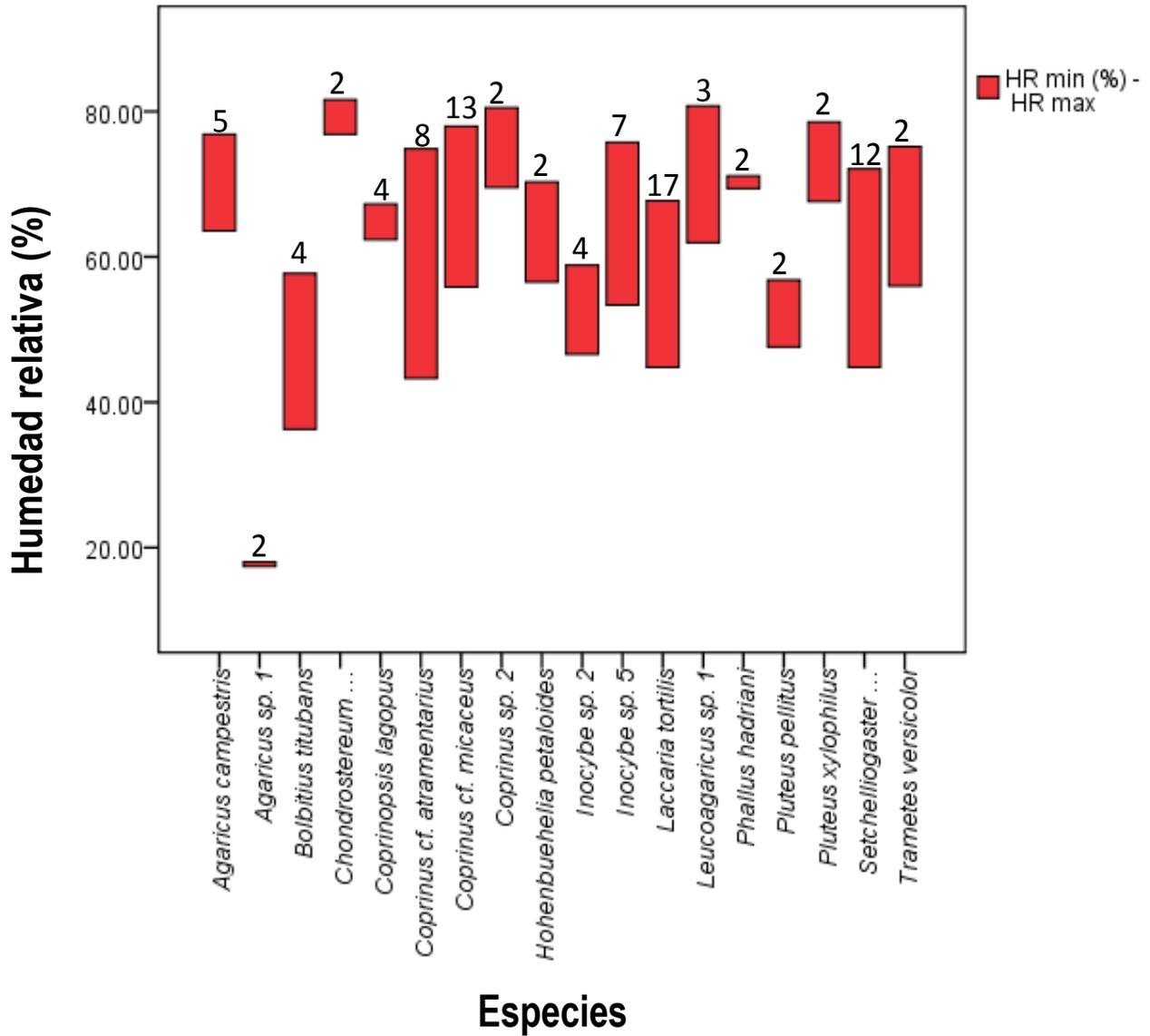


Figura 4.22. Rangos de humedad relativa (%) en que los macromicetos de la Cantera Oriente desarrollaron esporomas. Sólo se señalan los datos de las especies de las que se obtuvieron al menos dos registros. Los números encima de las barras indican el número de registros para cada especie.

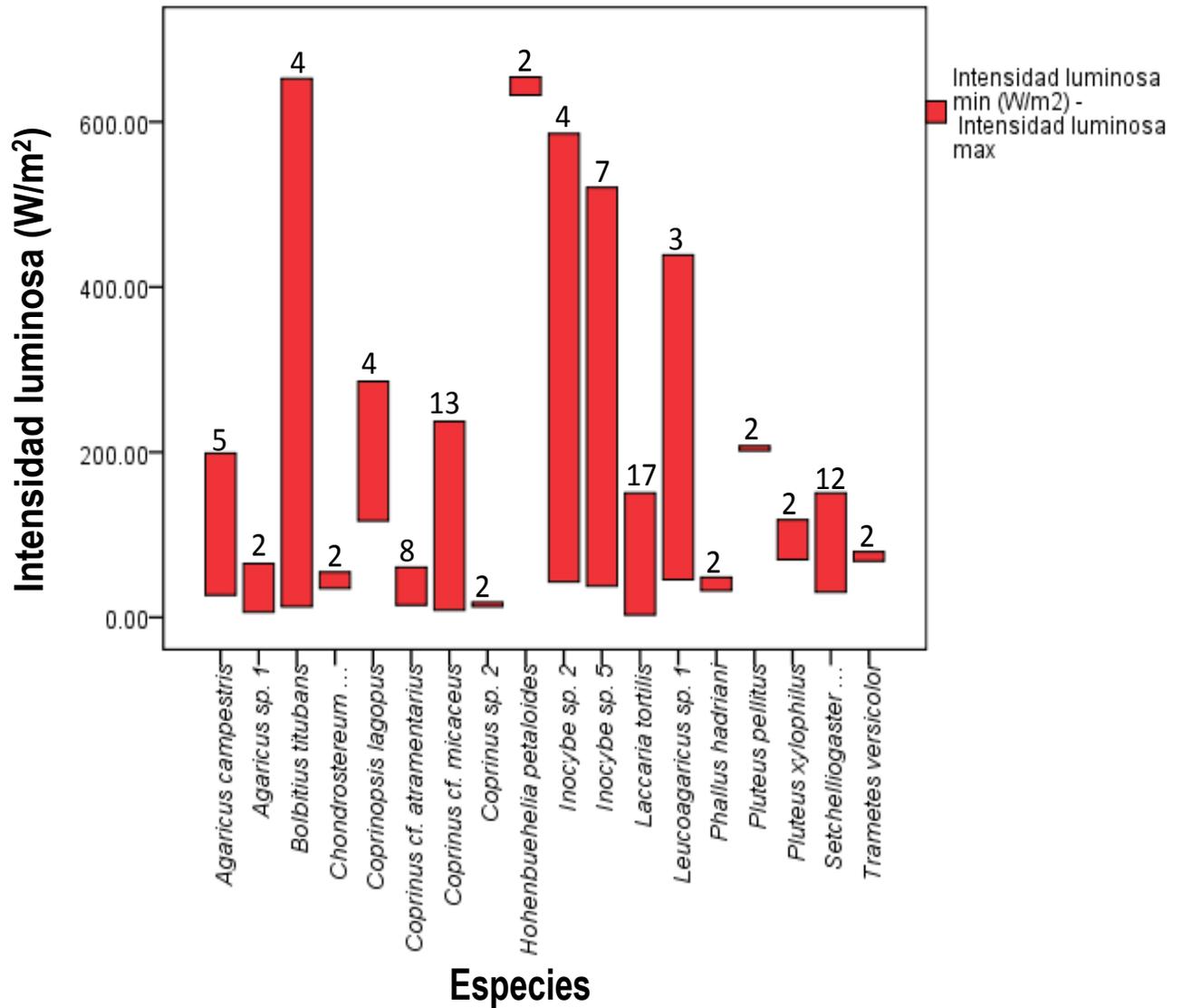


Figura 4.23. Rangos de intensidad luminosa (W/m²) en que los macromicetos de la Cantera Oriente desarrollaron esporomas. Sólo se señalan los datos de las especies de las que se obtuvieron al menos dos registros. Los números encima de las barras indican el número de muestras para cada especie.

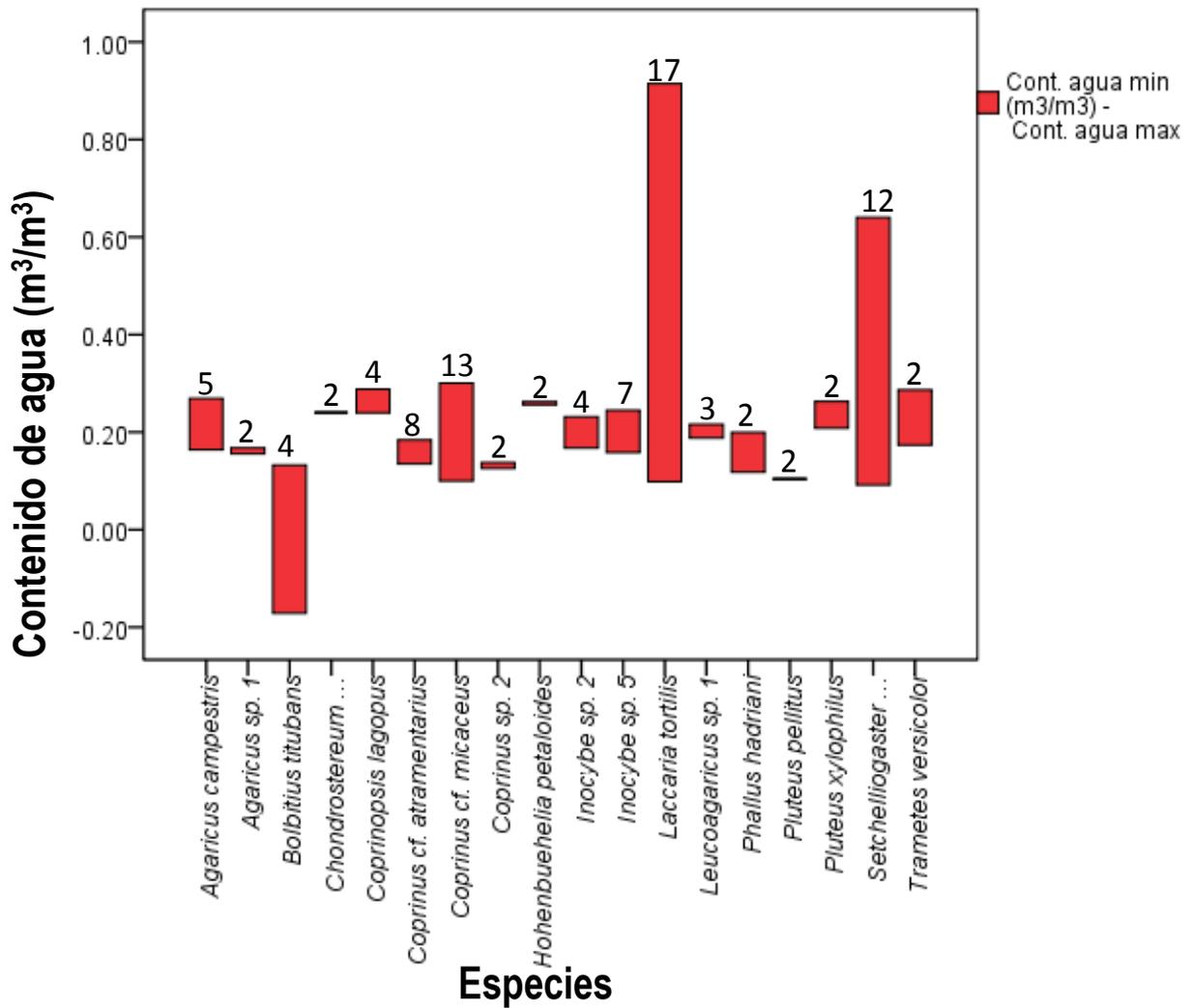


Figura 4.24. Rangos de contenido de agua (m^3/m^3) en el suelo en que los macromicetos de la Cantera Oriente desarrollaron esporomas. Sólo se señalan los datos de las especies de las que se obtuvieron al menos dos registros. Los números encima de las barras indican el número de muestras para cada especie.

En el análisis de componentes principales (Figura 4.25), el eje 1 explicó el 97.03% de la varianza total; se encontró que las especies de macromicetos están principalmente ordenadas en un gradiente de contenido de agua en el suelo (CA) y la temperatura (T). La humedad relativa (HR) explica muy poca varianza, mientras que la intensidad luminosa crea un gradiente en el cual *Hohenbuehelia petaloides* y *Pluteus* aff. *pouzarianus* se agrupan claramente. *Agaricus* sp. 1 quedó separado del resto de las especies.

El análisis de cluster (Figura 4.26) agrupa a las especies por las características ambientales de su microhabitat, siendo agrupadas cercanamente *Coprinus* cf. *atramentarius* y *Laccaria tortilis*, ambas especies que destacaron por su número elevado de esporomas (Apéndice VI); de igual manera se agrupan cercanamente *Hohenbuehelia petaloides* y *Pluteus* aff. *pouzarianus*, que registraron valores de intensidad luminosa elevados (Apéndice IX).

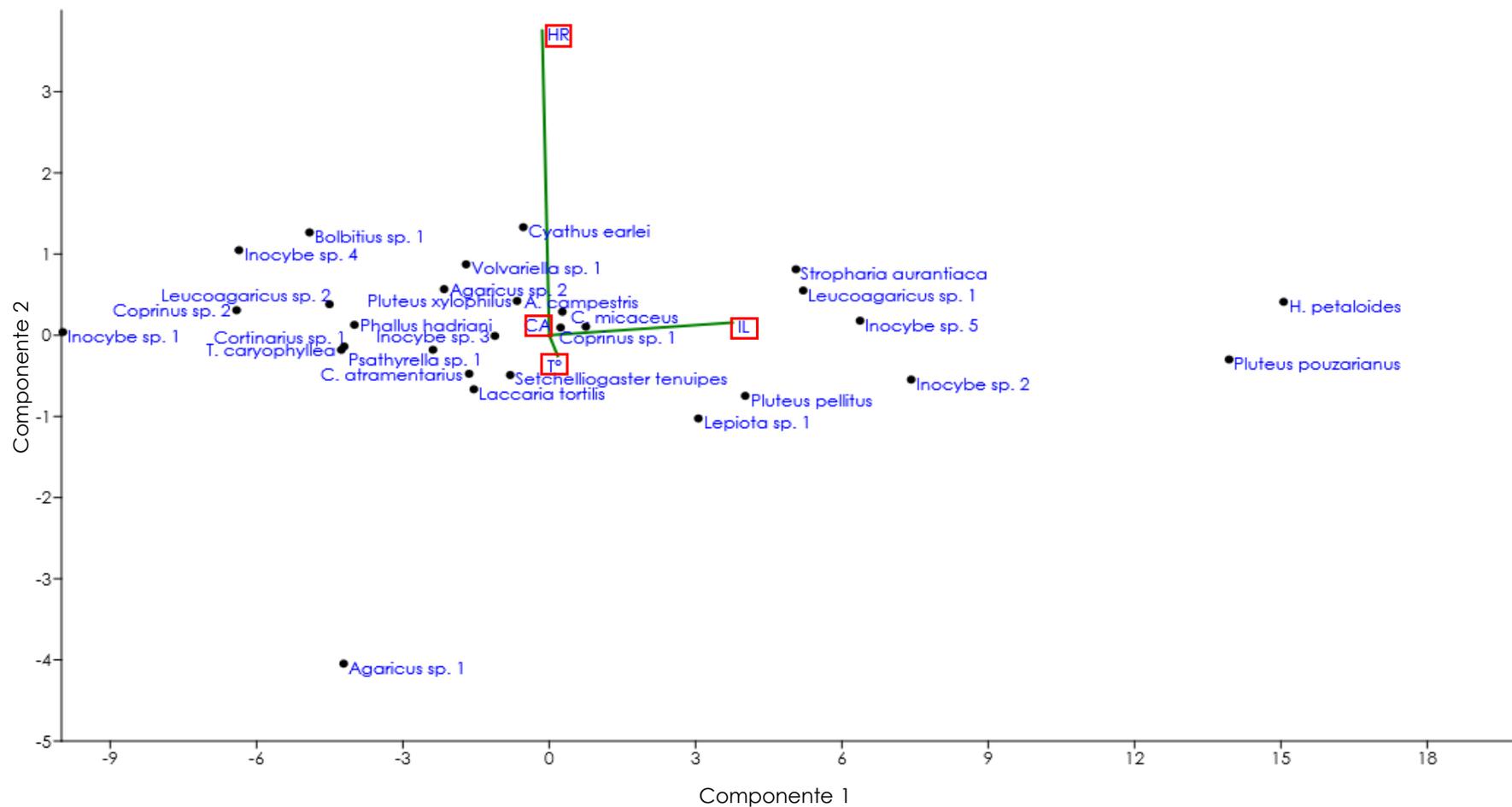


Figura 4.25 Análisis de componentes principales con las variables microambientales (encerradas en los recuadros rojos). El componente 1 explica el 97.03% de la varianza. CA= contenido de agua en el suelo, HR= humedad relativa, IL= intensidad luminosa y T= temperatura.

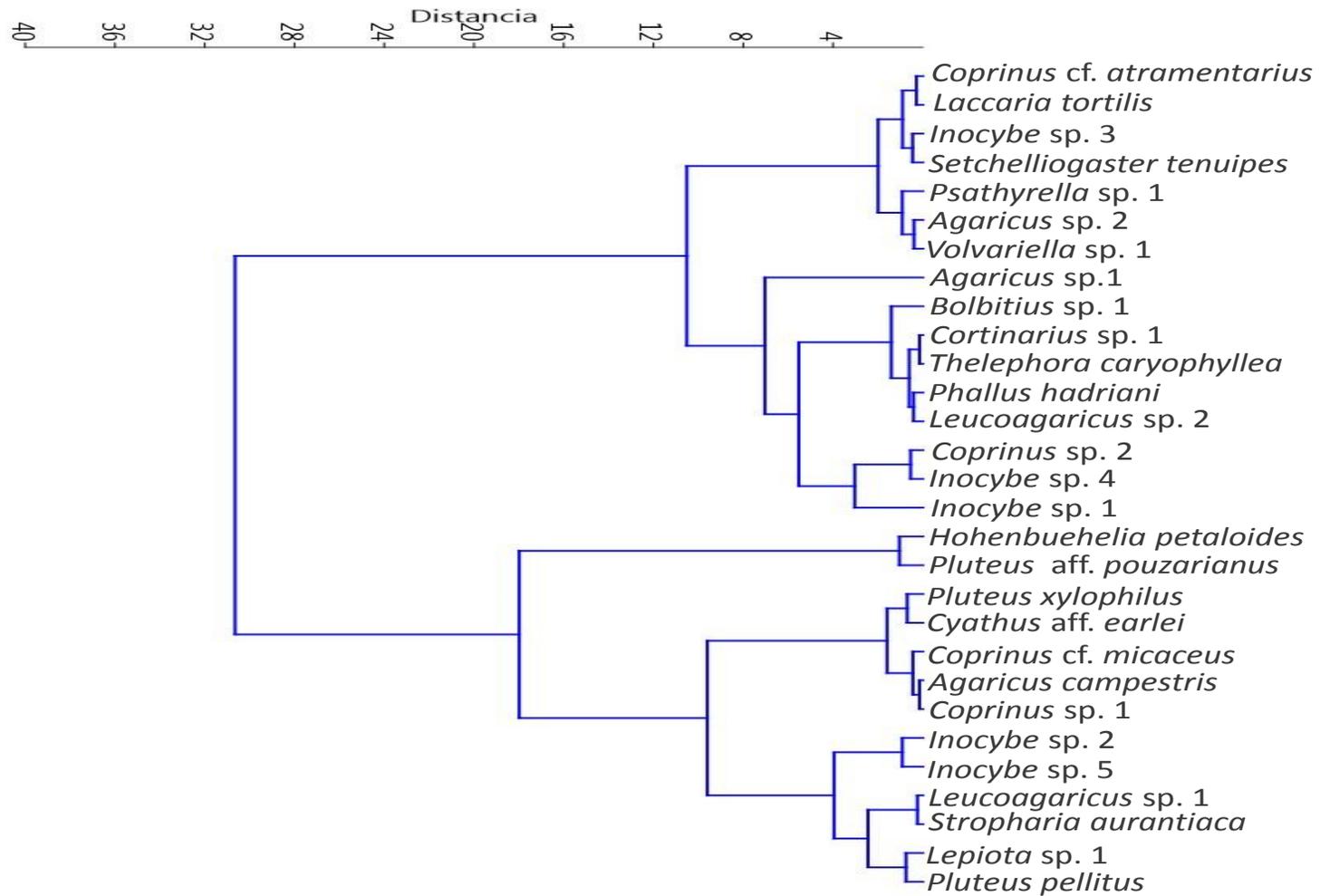


Figura 4.26 Análisis de cluster por el método de varianza mínima de Ward tomando como datos las variables microambientales registradas.

4.6. Funciones ecológicas

Tomando en cuenta los datos reportados en la bibliografía y las observaciones realizadas *in situ*, de las 41 especies, 31 son saprobias y únicamente nueve son ectomicorrizógenas, en tanto que en una especie (*Omphalina* sp. 1) se encontró en asociación liquénica (Tabla 4.3).

4.7. Los árboles de la Cantera Oriente

Se encontraron un total de 29 especies arbóreas en la Cantera Oriente, entre las cuales, aquellas que han sido reportadas como ectomicorrizógenas son: *Quercus* spp., *Jacaranda mimosifolia*, *Pinus* spp., *Acacia* spp., *Liquidambar styraciflua*, *Eucalyptus* sp., *Acer* sp., *Abies religiosa*, y *Populus alba*.

Tabla 4.3. Géneros de macromicetos encontrados en la Cantera Oriente, D.F. reportados en la literatura como saprobios o ectomicorrizógenos.

Género	Hábito	Fuente
<i>Agaricus</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Bolbitius</i>	Saprobio	Overall (2011)
<i>Chondrostereum</i>	Saprobio	Spiers <i>et al.</i> (1998)
<i>Coprinopsis</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Coprinus</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Cortinarius</i>	Saprobio y ectomicorrizógeno ¹	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Cyathus</i>	Saprobio	Webster y Weber (1997)
<i>Ganoderma</i>	Saprobio	Urbizu <i>et al.</i> (2014)
<i>Setchelliogaster</i>	Saprobio y ectomicorrizógeno	Díez (2005)
<i>Hohenbuehelia</i>	Saprobio	Ludley y Robinson (2008)
<i>Inocybe</i>	Ectomicorrizógeno	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Laccaria</i>	Ectomicorrizógeno	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Lepiota</i>	Saprobio y ectomicorrizógeno	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Leucoagaricus</i>	Saprobio y ectomicorrizógeno	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Morchella</i>	Saprobio y ectomicorrizógeno	Buscot (1994)
<i>Phallus</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Pluteus</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Psathyrella</i>	Saprobio	Larsson y Östadius (2008)
<i>Parasola</i>	Saprobio	Prydiuk (2010)
<i>Schizophyllum</i>	Saprobio	Olivo-Aranda y Herrera (1994)
<i>Stropharia</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Thelephora</i>	Saprobio y ectomicorrizógeno	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Trametes</i>	Saprobio	Arriagada <i>et al.</i> (2009)
<i>Tremella</i>	Saprobio	Roberts (1995)
<i>Volvariella</i>	Saprobio	Rinaldi <i>et al.</i> (2008)
<i>Xylaria</i>	Saprobio	Bayman <i>et al.</i> (1998)

¹Cuando se señalan los dos hábitos significa que el género contiene especies tanto saprobias como ectomicorrizógenas.

Tabla 4.4 Lista de árboles de la Cantera Oriente, D.F. realizado mediante una prospección realizada en mayo de 2014

1. *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl & Cham. [Oyamel]
2. *Acacia baileyana* F. Muell.
3. *Acacia melanoxyton* R. Br.
4. *Acacia* sp. 1
5. *Acer* sp.1
6. *Araucaria hunsteinii* K. Schum.
7. *Brugmansia arborea* (L.) Lagerh. [floripondio]
8. *Brugmansia aurea* Lagerh. [floripondio]
9. *Buddleja cordata* Kunth
10. *Cupressus lusitanica* Mill.
11. *Cupressus macrocarpa* Hartw. ex Gordon [cedro limón]
12. *Cupressus sempervirens* L. [cedro panteonero]
13. *Eucalyptus globulus* Labill. [eucalipto]
14. *Ficus benjamina* L. [laurel de la india o laurel llorón]
15. *Fraxinus* spp.
16. *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh.
17. *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br.
18. *Jacaranda mimosifolia* D. Don
19. *Liquidambar styraciflua* L.
20. *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake
21. *Philodendron bipinnatifidum* Schott ex Endl.
22. *Pinus patula* Schltd. & Cham.
23. *Pinus* sp.1
24. *Pinus* sp. 2
25. *Populus alba* L. [álamo]
26. *Quercus* sp. 1 [encino]
27. *Quercus* sp. 2
28. *Taxodium mucronatum* Ten. [ahuehuete]
29. *Washingtonia robusta* H. Wendl. [palma de abanico]

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. La Cantera Oriente y su diversidad de macromicetos

Es frecuente que en los muestreos de esporomas de macromicetos no se llegue siempre a establecer la asíntota en las curvas de acumulación de especies, y se ha demostrado que en sitios con hasta 30 años de monitoreo se siguen encontrando especies nuevas (Walting, 1995; Tofts y Orton, 1998; Straatsma, 2003; Sato *et al.*, 2012), lo cual es debido a las condiciones particulares que requiere cada especie para producir esporomas, pues no todas lo hacen cada año, lo que puede estar ligado no sólo a factores climáticos, sino también a aspectos genéticos y a la disponibilidad de recursos particulares que algunas especies requieren (Munguía *et al.*, 2006). Éstos pueden ser factores que provocan que las curvas de acumulación de macromicetos mantengan un crecimiento sostenido a largo plazo. En este caso, solo fueron registradas 41 especies; sin embargo, tomando en cuenta la curva ajustada de Clench, nos indica que se ha rebasado la mitad de las especies estimadas para el área de estudio.

Adicionalmente, es posible que los rasgos particulares de la Cantera Oriente promuevan la presencia de propágulos de hongos provenientes de diversos lugares, tomando en cuenta los siguientes aspectos: los hongos se dispersan fácilmente por medio de inóculos que van desde pequeños fragmentos de micelio, esporas, hasta pequeñas porciones de esporomas los cuales podrían estar inmersos o adheridos en algún sustrato y ser transportados por el viento (aunque en forma limitada para este sitio), agua, animales e incluso el hombre (Elbert *et al.*, 2007; Herrera y Ulloa, 1998), de modo que es posible que el área

estudiada cuenta además con un importante recambio de especies, resultado de su constante manejo y trabajos de jardinería, en los cuales es común la introducción de sustratos como abono, trozos de madera y tierra para el cultivo de nuevas plantas. Estos sustratos pudieran contener nuevos propágulos de macromicetos que representan una oportunidad de colonización para los que ya se encuentran en la zona; en este sentido se verían beneficiados los hongos saprobios, pues poseen éstos una alta capacidad de respuestas adaptativas fisiológicas y genéticas (Akpata y Ekundayo, 1983), además de no necesitar de un hospedero vegetal específico como la mayoría de los ectomicorrizógenos (Smith y Read, 2008). Además, los hongos saprobios alojados en las camas de trozos de madera, que es un material abundante en el sitio, tienen mucho potencial para colonizar, extendiendo sus hifas entre estos trozos, pues éstos, al encontrarse con muchos espacios vacíos, ofrecen a las hifas mayor oportunidad de crecimiento y de colonizar el sustrato (Shaw y Kibby, 2001).

Por otro lado, la dispersión por esporas también facilita esta colonización de los hongos, la cual constituye el mecanismo de dispersión más exitoso, pues son estructuras que tienen una gran capacidad de supervivencia debido a su bajo metabolismo, lo que las hace no depender de nutrientes externos; además, tienen paredes gruesas que las protegen de la desecación, una pigmentación que las protege de las altas radiaciones, y un pequeño tamaño que les permite recorrer grandes distancias suspendidas en el aire hasta que la lluvia las arrastra al suelo (De la Rosa *et al.*, 2002). Adicionalmente, los hongos producen millones de esporas (Buller, 1909), lo que constituye un mecanismo que asegura el éxito en la colonización. Esta alta capacidad de movimiento que tienen las esporas por viento

se complementa con el movimiento de esporas que ocurre a través de la migración de animales, incluyendo las aves que en particular para este sitio, se han contabilizado 19 especies de migratorias (Chávez y Gurrola, 2007), las cuales pueden acarrear externamente o en su tracto digestivo diversos propágulos de hongos (Herrera y Ulloa, 1998).

La capacidad de dispersión de hifas y esporas, además de las características biológicas de cada especie, explican el por qué la lista de macromicetos en la localidad sigue aumentando conforme continúan los muestreos en la zona de estudio (Figura 4.3).

Se sabe que entre más diverso sea un bosque en especies de árboles, la diversidad de hongos también se verá incrementada (Gómez-Hernández, 2009). En la Cantera Oriente hay plantados árboles de diferentes grupos taxonómicos (ver Tabla 4.4), entre los que existen géneros que son conocidos por formar ectomicorrizas, entre los que se puede mencionar a *Quercus*, *Jacaranda*, *Pinus*, *Acacia*, *Liquidambar*, *Eucalyptus*, *Acer*, *Abies* y *Populus* (Krügner y Tomazello-Filho, 1981; Santiago-Martínez y Estrada *et al.*, 1999; Pérez-Moreno, 2012). Algunos de estos géneros de árboles presentan asociaciones con géneros y familias de hongos encontrados en este estudio. Por ejemplo, Huang *et al.* (2014) mencionan que hongos del género *Laccaria* y de las familias Thelephoraceae e Inocybaceae están presentes en bosques con *Quercus* y *Pinus*. Krpata *et al.* (2008), por su parte, encontraron hongos del género *Laccaria*, *Inocybe* y *Cortinarius* asociados a árboles del género *Populus*. Chanona-Gómez *et al.* (2007) encontraron asociado al bosque de *Liquidambar* al género *Laccaria*. Asimismo, en

bosques cultivados de *Eucalyptus* es común encontrar hongos de los géneros *Thelephora*, *Cortinarius*, *Laccaria* y *Setchelliogaster* (Díez, 2005; Gates *et al.*, 2011; Pennington *et al.*, 2011; Hobart, 2012). Es posible también que los hongos micorrizógenos hayan ingresado al sitio a través de las macetas de las plantas introducidas en etapa juvenil (F. Martínez, encargado de la Cantera Oriente, com. pers.) y se hayan dispersado a partir del manejo que tiene este sitio.

5.2. Comparación con otras comunidades

Los trabajos de Pérez-Silva *et al.* (1986, 2009), Valenzuela *et al.* (2004 y 2009) y Herrera *et al.* (2006), realizados en la REPSA (que incluye Zona Núcleo Poniente, Vivero Alto y Jardín Botánico), registran un total de 60 especies y 39 géneros. Adicionalmente, Pérez-Silva *et al.* (1986) registran otras 15 especies y seis géneros para Ciudad Universitaria, sin especificar el sitio en que se encontraron, lo que hace un total de 75 especies y 45 géneros para toda Ciudad Universitaria, incluyendo la REPSA y a la Cantera Oriente dentro de ella; mientras que para la REPSA en conjunto se alcanza una riqueza de 39 géneros y 60 especies. En este trabajo se reportan nueve nuevos géneros (*Chondrostereum*, *Cortinarius*, *Ganoderma*, *Hohenbuehelia*, *Laccaria*, *Omphalina*, *Parasola*, *Pluteus* y *Thelephora*) y 13 nuevas especies (*Agaricus campestris*, *Chondrostereum purpureum*, *Cortinarius* sp. 1, *Cyathus* aff. *earlei*, *Ganoderma curtisii*, *Hohenbuehelia petaloides*, *Laccaria tortilis*, *Omphalina* sp. 1, *Parasola auricoma*, *Pluteus* aff. *pouzarianus*, *Pluteus pellitus*, *Pluteus xylophilus* y *Thelephora caryophyllea*) para Ciudad Universitaria.

La comunidad de macromicetos de la Cantera Oriente comparte un mayor número de géneros con el resto de Ciudad Universitaria (17) y de la REPSA (15),

lo cual tiene sentido al considerar que gran parte del material utilizado como abono en la localidad es traída de los desechos de jardinería de Ciudad Universitaria y las condiciones de manejo de riego y proporción de sustratos son similares. Por otro lado, comparando con otras localidades del Distrito Federal, comparte un número muy bajo de géneros con el Paraje “El Pantano” del Desierto de los Leones (10) y el Bosque de Tlalpan (13) (Tabla 5.1), que son localidades cercanas en el D.F. Todo esto nos indica que aunque todos estos ecosistemas se localizan dentro del Distrito Federal, cada uno reúne características ambientales y de vegetación muy particulares, lo que hace que su micobiota también lo sea.

La gran diferencia en el número de especies presentes en ambas comunidades de la REPSA (Cantera Oriente y otras zonas de la REPSA) pudiera estar dada en las diferencias del tipo de mosaico de paisajes presente en ambas zonas; pues en los núcleos oriente, poniente y sur de la REPSA, el ecosistema predominante es matorral xerófilo con áreas jardinadas del Vivero Alto y del Jardín Botánico Exterior, mientras que en la Cantera Oriente el matorral xerófilo está ausente y hay un mosaico de paisajes distintos (arboledas, jardines, prados y cuerpos de agua que se mantienen húmedos la mayor parte del año debido al riego por manejo de jardinería y a la presencia de los mismos cuerpos de agua, además de encontrarse en una depresión profunda donde la acción del viento es limitada). Entre los géneros de macromicetos ectomicorrizógenos particulares que registra la Cantera Oriente por la presencia de plantas exóticas se encuentran: *Setchelliogaster*, *Laccaria*, *Leucoagaricus*, *Cortinarius* y *Thelephora* (de los cuales *Laccaria*, *Cortinarius* y *Thelephora* se registran por primera vez en la REPSA) , aunque algunos taxones recolectados anteriormente en el Jardín Botánico o áreas

adyacentes y que fueron encontrados también en la Cantera Oriente, pudieron haber coincidido en ambos sitios debido a que son hongos lignícolas que fueron introducidos en trozos de madera usados como acolchado y que provienen de plantas de la zona. Es posible que la relativa baja riqueza de géneros (26) de la Cantera Oriente respecto al resto de la REPSA y CU se deba a que el tiempo de recolecta en estas últimas localidades ha sido de varios años, mientras que en este estudio de la Cantera Oriente abarcó sólo un año y medio o que definitivamente la diversidad genérica de esta zona dadas sus características particulares sea baja.

Tabla 5.1. Géneros de macromicetos compartidos entre la comunidad de macromicetos de la Cantera Oriente y otras localidades del Distrito Federal.

Géneros compartidos	REPSA	Ciudad Universitaria	Paraje "El Pantano"	Bosque de Tlalpan
Cantera Oriente	15	17	10	13
	REPSA	_____	12	17
		Ciudad Universitaria	15	18
			Paraje "El Pantano"	19

Al comparar la composición de géneros entre la Cantera Oriente otras localidades de la entidad, como el resto de la REPSA y Ciudad Universitaria (Herrera *et al.*, 2006; Pérez-Silva *et al.*, 1986, 2009; Valenzuela *et al.* 2004, 2009), Desierto de los Leones (Pérez-Pazos, 2014) y Bosque de Tlalpan (Sierra *et al.*, no publicado), se encuentra que la Cantera Oriente es más parecida al resto de la

Ciudad Universitaria (Sørensen 0.47; Tulloss 0.40) y al resto de la REPSA (Sørensen 0.45; Tulloss 0.40) y, en menor medida, al Desierto de los Leones (Sørensen 0.24; Tulloss 0.21) (Tabla 5.2). La Cantera Oriente y la REPSA comparten 15 géneros (*Agaricus*, *Coprinopsis*, *Coprinus*, *Cyathus*, *Stropharia*, *Inocybe*, *Lepiota*, *Morchella*, *Phallus*, *Psathyrella*, *Setchelliogaster*, *Trametes*, *Tremella*, *Xylaria* y *Parasola*), mientras que con Ciudad Universitaria en conjunto comparte un total de 17 (todas las mencionadas para la REPSA, más *Bolbitius* y *Leucoagaricus*).

La baja similitud registrada entre la Cantera Oriente con el Paraje “El Pantano” del Desierto de los Leones y el Bosque de Tlalpan debe ser atribuible a las grandes diferencias que se tienen entre localidades, pues en el Paraje “El Pantano” del Desierto de los Leones se registra un bosque de oyamel, pinos y encinos localizado a 3500 msnm (Pérez-Pazos, 2014), en tanto que el bosque de Tlalpan registra matorral xerófilo conservado, bosque cultivado (*Pennisetum clandestinum*, *Eucalyptus* spp, *Cupressus* spp., *Ligustrum lucidum*, *Fraxinus uhdei*, y *Acacia longifolia*) y bosque de encino (Díaz-Limón, 2014).

Los datos hasta ahora obtenidos nos muestran que las características tan particulares de la REPSA y en particular de la Cantera Oriente, se ven reflejadas también en la diversidad de macromicetos que albergan.

Tabla 5.2. Índices de similitud a nivel de genérico de Tulloss (arriba de la diagonal) y de Sørensen (debajo de la diagonal) entre la comunidad de macromicetos de la Cantera Oriente y otras localidades del Distrito Federal.

Tulloss Sørensen	REPSA	Ciudad Universitaria	Paraje "El Pantano"	Bosque de Tlalpan
Cantera Oriente	0.40 0.45	0.40 0.47	0.21 0.24	0.27 0.32
	REPSA	----- -----	0.29 0.26	0.35 0.37
		Ciudad Universitaria	0.29 0.30	0.36 0.36
			Paraje "El Pantano"	0.35 0.34

5.3. Estructura de la comunidad

Pocas especies acapararon las categorías más altas de biomasa, abundancia, frecuencia y valor de importancia, mientras que la gran mayoría presentaron valores muy bajos (Apéndice VI, Figura 4.17). Esto coincide con otros estudios en diferentes grupos de organismos, incluyendo macromicetos, en los que encuentran pocas especies que sean muy abundantes y haya una gran cantidad de especies raras (Ezcurra 1990; Senn-Irlett y Bieri, 1999; Gómez-Hernández, 2009). Ezcurra (1990) discute que la rareza de la mayoría de las especies puede

estar dada por que muchas requieren condiciones ambientales muy específicas o por el hecho de que la mayoría tienen tasas de crecimiento poblacional muy bajas.

Coprinus fue el género más abundante y diverso, además de que una de sus especies (*Coprinus* cf. *micaceus*) presenta el valor de importancia más alto (ver Apéndice VI). El hecho de estar ampliamente distribuido en el área de la Cantera Oriente puede estar explicado por tratarse de un género que se registra en la sucesión de cuerpos fructíferos en estiércol de herbívoros, los cuales, además, son reconocidos por su habilidad para degradar lignina (Harper y Webster, 1964). Esto es posible por el uso de estiércol como abono en el sitio de estudio, el cual puede llevar el inóculo y constituye por sí mismo un sustrato adecuado para los hongos de este tipo. Además, su abundancia puede ser promovida por las adiciones de un acolchado de madera (que es material vegetal triturado que se deriva de los desechos de jardinería producidos en Ciudad Universitaria al cual se le cubre con tierra). Este manejo podría permitir al micelio de estos hongos seguir creciendo degradando la lignina una vez que el sustrato de estiércol haya sido consumido.

Otro género importante en la Cantera Oriente, sobre todo por su riqueza, fue *Inocybe* (Apéndices III y VI; Figuras 4.12, 4.13, 4.14 y 4.17), el cual se registra como un taxón que agrupa especies colonizadoras y pioneras que suelen abundar en viveros y plantaciones nuevas debido a su facilidad para establecer asociaciones micorrizógenas rápidamente (Palacios *et al.*, 2012).

Un género ectomicorrizógeno que tuvo un alto valor de importancia fue *Laccaria*, el cual tiene una muy amplia distribución en el país (Pérez-Silva *et al.*,

2011), además de que se ha encontrado con una gran abundancia de esporomas en diversos trabajos. Fernández-Espiñeira (2004) lo registra como muy abundante en un ecosistema degradado por actividad minera en España, en tanto que Garibay-Orijel *et al.* (2009) registra que, en particular, *Laccaria laccata* fue la especie con mayor producción de biomasa en un bosque de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oax.

No se debe olvidar que hay limitación para determinar la estructura de la comunidad de macromicetos con la producción de esporomas, pues es posible que se encuentre dentro del sustrato del sitio micelio de hongos que no produjeron esporomas durante el tiempo que duró el muestreo realizado.

Los sustratos para los hongos saprobios consisten principalmente de materia en descomposición derivada de tejidos de plantas o animales, o bien, sobre el suelo y productos solubles disueltos en éste (Garret, 1951). Generalmente existe en los sustratos una sucesión degradativa en la cual intervienen diferentes especies de hongos que van apareciendo en distintas etapas seriales para degradar diferentes componentes de la materia orgánica (Frankland, 1992). La Cantera Oriente ofrece varios de estos sustratos para el desarrollo de los hongos al contar con diferentes microambientes y tipos de desechos de jardinería que son utilizados como abono en el sitio.

5.4. Fenología reproductiva

Es fundamental en el estudio de las comunidades fúngicas comprender cómo las variables ambientales influyen en la producción de esporomas de las distintas especies. Pinna *et al.* (2010) mencionan que la temperatura y la humedad del suelo pueden explicar la fenología; sin embargo, algunos autores coinciden en que no todas las especies suelen responder de la misma manera a estos estímulos ambientales (Slankis, 1974; Manachére, 1980). En este estudio hubo correlaciones positivas entre la temperatura y el número de especies, registros y biomasa, así como entre la precipitación y número de especies, registros y número de esporomas (Tabla 4.2), lo que nos indica una clara influencia de la temperatura ambiental y la cantidad de lluvia sobre la fenología reproductiva de los macromicetos. Estos resultados coinciden con los de Salerni *et al.* (2002), quienes encontraron que la lluvia fue el principal factor que determina la fructificación de estos hongos. Asimismo, en un estudio en zonas boscosas de Finlandia, Ohenoja (1995) obtuvo que sus correlaciones con los niveles de precipitación explicaron entre el 47 y 94% del número de especies registradas en fructificación. No obstante lo anterior, sería interesante verificar también el efecto del fotoperiodo y la luminosidad sobre la fenología reproductiva. Este comportamiento ocurrió a pesar de que la Cantera Oriente mantiene cuerpos de agua que elevan localmente la humedad, de que ésta tiene un manejo de jardinería por lo cual sus áreas verdes son constantemente regadas en temporadas de secas, además de que el acolchado de trozos de madera mantienen la humedad del sustrato (ver Harvey *et al.*, 1986). Lo anterior nos hace suponer que la fenología reproductiva de los hongos, aunque depende primordialmente de la disponibilidad de agua dada por la

precipitación (Helvey *et al.*, 1972; Pinna *et al.*, 2010) por sí sola no enciende el mecanismo de fructificación, sino que otros factores estacionales pueden estar involucrados, como la temperatura (Pinna *et al.*, 2010) y el fotoperiodo.

5.5. El microclima del hábitat de los esporomas

Las condiciones ambientales en los que se desarrollan los esporomas varían entre especies, unas tienen intervalos muy amplios, mientras otras tienen rangos muy estrechos; sin embargo, no se puede concluir en definitiva este aspecto por las limitaciones de los registros obtenidos: bajo número de datos y limitaciones en la hora de registro de datos, pues no hay datos del microhábitat tomados en la madrugada, en la tarde y en la noche. Sin embargo, los datos obtenidos nos arrojan la primera información sobre las características ambientales de los micrositios en los que se desarrollan los esporomas de los hongos encontrados. Es interesante, por ejemplo, corroborar que *Hohenbuehelia petaloides*, que es una especie cuya distribución natural se encuentra en ecosistemas tropicales (Rosa y Capelari, 2009; Ruán-Soto *et al.*, 2006), desarrolle sus esporomas en microhábitats que registran temperaturas elevadas y una alta tolerancia a la intensidad luminosa (Figuras 4.15 y 4.17; ver Apéndices VII y IX).

Otro aspecto importante a tomar en cuenta en la producción de esporomas de los macromicetos de la Cantera Oriente es la fertilización regular del sitio con abono hecho de estiércol de borrego, el cual tiene un contenido alto de nitrógeno (Castellanos, 1980). Se ha encontrado que una abundante fertilización con N puede resultar en la disminución de formación de micorrizas y de esporomas

(Menge y Grand, 1978), por lo cual podemos sospechar que esta práctica posiblemente inhibió el establecimiento de otros hongos ectomicorrizógenos.

La humedad depende sobre todo de la precipitación pluvial, pero es afectada por la posición en la ladera, la lluvia acumulada en días anteriores y la profundidad del suelo (Helvey *et al.*, 1972) y la temperatura ambiental (Pinna *et al.*, 2010), en la Cantera Oriente es evidente que la humedad del suelo no depende directamente de la precipitación pluvial, ya que en la zona existe riego artificial y cuerpos de agua.

5.6. Perspectivas de estudio

Aunque la Cantera Oriente sea un área que alberga vegetación exótica y tenga un origen artificial, también se trata de un área rehabilitada ecológicamente que tiene un gran valor biológico *per se*, ya que sus características ambientales y de vegetación tan particulares, generan diferentes nichos ecológicos que permiten el desarrollo de otros organismos distintos a los del área que la circunda. Además, este ecosistema brinda la oportunidad de ir reconociendo un proceso de sucesión en su estructura, por lo que es un área útil para la docencia y la investigación de diversos grupos taxonómicos terrestres o acuáticos, y por lo que es importante que ésta siga conservándose (Lot, 2007). Sabiendo que el ingreso de nuevas especies de macromicetos a la zona es constante a través del tiempo, sería importante seguir con su estudio, no solamente enfocándose a realizar listados, sino también a seguir conociendo los aspectos ecológicos de los hábitats en los

cuales éstos se desarrollan, y así como conocer sus interacciones con el medio abiótico y con otros organismos.

Sería de gran utilidad contar con datos que den cuenta de las condiciones particulares de la Cantera Oriente, puesto que se trata de un microhábitat particular al estar asentado en el fondo de una depresión.

Por otro lado, es necesario seguir estudiando la diversidad de macromicetos en zonas de la REPSA en donde no se tienen registros, tales como la Zona Núcleo Oriente, la Zona Núcleo Suroriente y los demás sitios de amortiguamiento para contar con un inventario completo de esta importante reserva.

La tendencia actual es de reducción de los ecosistemas, por lo que hay una necesidad de conservar sitios naturales o seminaturales que se ubican en medio de grandes ciudades, pero que ofrecen diversos servicios ambientales no sólo de recreación y esparcimiento, sino también contribuyen a la captura de carbono y conservación del suelo, además de ser sitios idóneos para labores de educación ambiental.

5.7. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos, se formulan las siguientes conclusiones:

1. La riqueza de especies de macromicetos en la Cantera Oriente, está relacionada con los rasgos de su manejo, que involucra el ingreso constante

de plantas, animales y materiales al sitio, algunos de los cuales pueden contener y acarrear propágulos.

2. La dominancia de especies saprobias sugiere que éstas tienen mayor oportunidad de colonización debido a que su establecimiento no depende de la presencia de especies vegetales, sino de materia orgánica en forma de abonos de distinta naturaleza.
3. El género dominante saprobio en número de especies, frecuencia, abundancia de esporomas y biomasa fue *Coprinus*, un género de hongos generalista y cosmopolita.
4. El género ectomicorrizógeno dominante fue *Inocybe*, caracterizado por ser pionero en la formación de micorrizas.
5. La riqueza y la abundancia de esporomas de los hongos está correlacionada significativa y positivamente con los niveles de precipitación y temperatura. El riego constante de la zona y los cuerpos de agua tienen también influencia en la fenología de la producción de esporomas.
6. La riqueza encontrada en la Cantera Oriente es menor a la encontrada en las áreas estudiadas de la REPSA (60 vs 41 especies). Se trata de una comunidad única poco relacionada con otras zonas de la REPSA y de Ciudad Universitaria; aunque se debe tomar en cuenta que las áreas y la duración de los muestreos no son equivalentes.

El estudio de la biodiversidad de las áreas verdes, así como de las áreas sujetas a acciones de rehabilitación ecológica en las grandes ciudades, nos

pueden seguir ofreciendo datos sobre la importancia que tienen como refugio para la biota, y como zonas que ofrecen servicios ecosistémicos que ofrecen una mejor calidad de vida a las poblaciones humanas que viven en estas regiones

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Acosta, E., M. Ulloa, S. Aguilar, J. Cifuentes y R. Valenzuela. 2014. Biodiversidad de hongos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: S76-S81.
- Akpata, T. y J. Ekundayo. 1983. Occurrence and periodicity of some fungal populations in the Lagos Lagoon. *Transactions of the British Mycological Society* 80(2): 347-352.
- Arriagada, C., E. Aranda, I. Sampedro, I. García-Romera y J.A. Ocampo. 2009. Contribution of the saprobic fungi *Trametes versicolor* and *Trichoderma harzianum* and the arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus deserticola* and *G. claroideum* to arsenic tolerance of *Eucalyptus globulus*. *Bioresource Technology* 100(24): 6250-6257.
- Barrico, L., A.M. Azul, M.C. Morais, A.C. Pereira, H. Freitas y P. Castro. 2012. Biodiversity in urban ecosystems: Plants and macromycetes as indicators for conservation planning in the city of Coimbra (Portugal). *Landscape and Urban Planning* 106: 88-102.
- Bayman P., P. Angulo-Sandoval, Z. Baez-Ortiz y D.J. Lodge. 1998. Distribution and dispersal of *Xylaria* endophytes in two tree species in Puerto Rico. *Mycological Research* 102: 944-948.
- Blackwell, M. 2011. The fungi: 1, 2, 3... 5.1 million species? *American Journal of Botany* 98(3): 426-438.

- Boddy, L., U. Büntgen, S. Egli, A.C. Gange, E. Heegaard, P.M. Kirk, A. Mohammad y H. Kauserud. 2014. Climate variation effects on fungal fruiting. *Fungal Ecology* 10: 20-33.
- Buller, A.H.R. 1909. *Researches on fungi: an account of the production, liberation, and dispersion of the spores of Hymenomycetes treated botanically and physically; also some observations upon the discharge and dispersion of the spores of Ascomycetes and of Pilobolus*. Longmans, Green and Co., Londres.
- Buscot, F. 1994. Ectomycorrhizal types and endobacteria associated with ectomycorrhizas of *Morchella elata* (Fr.) Boudier with *Picea abies* (L.) Karst. *Mycorrhiza* 4: 223-232.
- Cano-Santana, Z., L. Domínguez-Álvarez, A. Moyers-Arévalo, R. Velázquez-López y C. García-Jiménez. 2009. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Estudios ecosistémicos. *Memorias in extenso* [CD]. VII Congreso sobre Áreas Naturales Protegidas de México. San Luis Potosí, S.L.P. Jul. 13-17. Organizado por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Comisión de Áreas Naturales Protegidas y el Gobierno del Estado de San Luis Potosí.
- Carrillo T., C. 1995. *El Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Castellanos R. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. Seminarios Técnicos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos: Torreón, Coahuila, México.

- Cepero de García, M.C., S. Restrepo-Restrepo, A.E. Franco-Molano, M. Cárdenas-Toquica y N. Vargas-Estupiñán. 2012. *Biología de hongos*. 1ª edición. Uniandes. Bogotá, Colombia.
- Chanona-Gómez, F., R. Andrade-Gallegos, J. Castellanos-Albores y J.E. Sánchez. 2007. Macromicetos del Parque Educativo Laguna Bélgica, Municipio de Ocozocuatla de Espinosa, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78(2): 369-381.
- Chávez, N.C. y M. Gurrola, A.H. 2007. Aves. En: A. Lot (coord.). *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico*. Coordinación de la Investigación Científica. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM, México, pp. 221-253.
- Colwell, R.K., A. Chao, N.J. Gotelli, S.-Y. Lin, X. Mao, R.L. Chadzon y J.T. Longino. 2012. Models and estimators linking individual-based and simple-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3-21.
- Corner, E.J.H. 1968. *A monograph of Thelephora (Basidiomycetes)*. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, Berlín.
- Da Cruz, R.H.S.E; M.M.B. Barbosa e I.G. Baseia. 2012. *Cyathus badius* and *C. earlei* reported from the Brazilian Atlantic Rainforest. *Mycotaxon* 121:365-369.
- De la Rosa, M.C., M.A. Mosso y C. Ullán. 2002. El aire; hábitat y medio de transmisión de microorganismos. *Observatorio Medioambiental* 5: 375-402.

- Delgado, A., M. Villegas Ríos y J. Cifuentes Blanco. 2005. *Glosario ilustrado de los caracteres macroscópicos en Basidiomycetes con himenio laminar*. Las prensas de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Díaz-Limón, M.P. 2014. Evaluación de la infestación por muérdago dentro del Bosque de Tlalpan, Ciudad de México. Tesis profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 44 pp.
- Díez, J. 2005. Invasion biology of Australian ectomycorrhizal fungi introduced with eucalypt plantations into the Iberian Peninsula. *Biological Invasions* 7: 3-15.
- Dighton, J. 2003. *Fungi in ecosystem processes*. Marcel Dekker, Nueva York.
- Elbert, W., P.E. Taylor, M.O. Andreae y U. Pöschl. 2007. Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: wet and dry discharged spores, carbohydrates, and inorganic ions. *Atmospheric Chemistry and Physics* 7: 4569-4588.
- Ezcurra, E. 1990. ¿Por qué hay tantas especies raras? La riqueza y rareza biológicas en las comunidades naturales. *Ciencias* (No. especial) 4: 82-88.
- Fernández-Espiñeira, M.T. 2004. Selección de hongos ectomicorrícicos para su empleo en revegetación de zonas degradadas por la actividad minera. Tesis de licenciatura. Universidad de Oviedo, Oviedo, España.
- Ferris, R., A.J. Peace y A.C. Newton. 2000. Macrofungal communities of lowland Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karsten.) plantations in England: relationships with site factors and stand structure. *Forest Ecology and Management* 131: 255-267.

- Frankland, J.C. 1992. Mechanisms in fungal succession. En: Dighton, J, J.F. White y P. Oudemans (eds.). *The fungal community, it's organization and role in the ecosystem*. Segunda edición. CRC Press, Boca Ratón, Florida, pp. 383-401.
- Gándara, E. y V. Ramírez-Cruz. 2005. El género *Hohenbuehelia* (Basidiomycotina, Agaricales, Tricholomataceae) en Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología* 21: 29-37.
- Garibay-Orijel, R., M. Martínez-Ramos y J. Cifuentes. 2009. Disponibilidad de esporomas de hongos comestibles en los bosques de pino-encino de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 521-534.
- Garret, S.D. 1951. Ecological groups of soil fungi: a survey of substrate relationships. *New Phytologist* 50: 149-166.
- Gates, G., C. Mohammed, D. Ratkowsky, T. Wardlaw y N.J. Davidson. 2011. Diversity and ecology of epigeous ectomycorrhizal macrofungal assemblages in a native wet eucalypt forest in Tasmania, Australia. *Fungal Ecology* 4: 290-298.
- Grainger, J. 1946. Ecology of the larger fungi. *Transactions of the British Mycological Society* 29: 52-63.
- Gómez-Hernández, M.A. 2009. Diversidad de macromicetes en relación a estructuras, especies arbóreas y microclima del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz, México. Tesis de maestría. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México.
- Gow, N y G.M. Gadd. 1995. *The growing fungus*. Chapman & Hall, Londres.

- Guzmán, G. 2008. Análisis de los estudios sobre los Macromycetes de México. *Revista Mexicana de Micología* 28: 7-15.
- Halme, P., J. Heilmann-Clause, T. Råma, T. Kosonen y P. Kunttu. 2012. Monitoring fungal biodiversity-towards an integrated approach. *Fungal Ecology* 5: 750-758.
- Heilmann-Clause, J. y J. Vesterholt. 2008. Conservation: selection criteria and approaches. En: Boddy, L., J.C. Frankland y P. van West (eds.). *Ecology of saprotrophic Basidiomycetes*. Elsevier, Amsterdam, pp. 325-347.
- Helvey, J.D., J.D. Hewlett y J.E. Douglas. 1972. Predicting soil moisture in the Southern Appalachians. *Soil Science Society of America Proceedings* 36: 954-959.
- Harper, J.E. y J. Webster. 1964. An experimental analysis of the coprophilous fungus succession. *Transactions of the British Mycological Society* 47(4): 511-530.
- Harvey, A.E., M.F. Jurgensen, M.J. Larsen y J.A. Schlieter. 1986. *Distribution of active ectomycorrhizal short roots in forest soils of the Inland Northwest: effects of site and disturbance*. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, EE.UU.
- Harrington, T. 2001. Fungi in the buren. *Field Mycology* 2(1): 30-32.
- Hawksworth, D. 2005. The biodiversity of fungi and its human relevance. En: Deshmukh, S. y M. Rai (eds.). *Biodiversity of fungi, their role in human life*. Science Publishers, Inc., Portland, pp. 1-13.

- Herrera, T. y M. Ulloa. 1998. *El reino de los hongos. Micología básica y aplicada*. 2ª edición. Fondo de Cultura Económica, México.
- Herrera, T., E. Pérez-Silva y V. Valenzuela. 2006. Nueva contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 51-57.
- Hobart, C. 2012. *Eucalyptus*: a host for fungal aliens new to the UK. *Field Mycology* 2: 51-56.
- Hobbie, E. 2005. Uso de isótopos marcadores para seguir el ciclo de carbono y nitrógeno en los hongos. En: Dighton, J, J.F., White y P. Oudemans (eds.). *The fungal community, its organization and role in the ecosystem*. CRC Press, Boca Ratón, Florida.
- Huang, J., K. Nara, K. Zong, J. Wang, S. Xue, K. Peng, Z. Shen y C. Lian. 2014. Ectomycorrhizal fungal communities associated with Masson pine (*Pinus massoniana*) and white oak (*Quercus fabri*) in a manganese mining region in Hunan province, China. *Fungal Ecology* 9: 1-10.
- Kirk, P, P. Cannon, D. Minter y J. Stalpers (eds.). 2008. *Dictionary of the fungi*. 10ª edición. Cromwell Press, Wallingford, Reino Unido.
- Kornerup, A. y J. Wanscher. 1978. *Handbook of colour*. 3ª edición. Methuen, Londres, Inglaterra.
- Krpata, D., U. Peintner, I. Langer, W.J. Fitz y P. Schweiger. 2008. Ectomycorrhizal communities associated with *Populus tremula* growing on a heavy metal contaminated site. *Mycological Research* 112: 1069-1079.

- Krügner, T.L y M. Tomazello-Filho. 1981. *Ocorrência de micorrizas em espécies de Pinus e identificação dos fungos associados*. Circular técnica No. 139. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Sao Paulo, Brasil. 8 pp.
- Lagana, A., C. Angiolini, S. Loppi, E. Salerni, C. Perinni, C. Barluzzi y V. De Dominicis. 2002. Periodicity, fluctuations and successions of macrofungi in fir forests (*Abies alba* Miller) in Tuscany, Italy. *Forest Ecology and Management* 169: 187-202.
- Largent, D. y T.J. Baroni. 1988. *How to identify mushrooms to genus VI: Modern genera*. Mad River Press, Eureka, California, EE.UU.
- Larsson, E. y L. Örstadius. 2008. Fourteen coprophilous species of *Psathyrella* identified in the Nordic countries using morphology and nuclear rDNA sequence data. *Mycological Research* 112(10): 1165-1185.
- Lorenzana, A. 2008. Caracterización de microhábitats de hongos comestibles ectomicorrízicos en bosques de pino, oyamel y encino en los Parques Nacionales Izta-Popo y Zoquiapan. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, Edo. de México, México.
- Lot, A. (ed.) 2007. *Guía ilustrada de la cantera Oriente, caracterización e inventario biológico*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Lot, A. 2008. 25 años de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. *Ciencias* 1: 30-32.

- Ludley, K.E. y C.H. Robinson. 2008. 'Decomposer' Basidiomycota in Arctic and Antarctic ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry* 40(1): 11-29.
- Manachère, G. 1980. Conditions essential for controlled fruiting of macromycetes a review. *Transactions of the British Mycological Society* 75: 255-270.
- Menge, J.A. y L. Grand. 1978. Effect of fertilization on production of epigeous basidiocarps by mycorrhizal fungi in loblolly pine plantations. *Canadian Journal of Botany* 56(19): 2357-2362.
- Moore-Landecker, E. 1996. *Fundamentals of the fungi*. 4a edición. Prentice Hall, Nueva Jersey.
- Moreno, G., H. Kreisel y R. Galán. 1997. *Setchelliogaster tenuipes* comb. Nova (Bolbitiaceae, Agaricales) –an Iberic and North African fungus species. *Feddes Repertorium* 108: 567-573.
- Müller, G.M. 1992. Systematics of *Laccaria* (Agaricales) in the continental United States and Canada, with discussions on extralimital taxa and descriptions of extant types. *Fieldiana Botany* 30:1-158.
- Müller, G., G. Bills y M. Foster. 2004. *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, Burlington, Canadá.
- Munguía, P., L. Guzmán-Dávalos y F. Ramírez-Guillén. 2006. Seasonal community structure of macromycetes in Veracruz, México. *Ecography* 29: 57-65.

- Nishida, F.H. 1989. Key to the species of *Inocybe* in California. *Mycotaxon* 34(1): 181-196.
- O'Hanlon, R. y T.J. Harrington. 2012. Macrofungal diversity in four Irish forest types. *Fungal Ecology* 5: 499-508.
- Ohenoja, E. 1995. Effects of winter conditions on the fruit body production of larger fungi. *Acta Universitatis Upsaliensis Symbolae Botanicae Upsalienses* 30: 163-168.
- Olivo-Aranda, F. y T. Herrera. 1994. Las especies de *Schizophyllum* en México, su distribución ecológica e importancia etnomicológica. *Revista Mexicana de Micología* 10: 21-32.
- Ortiz, M.A., J.M. Figueroa, M.P. Salazar, G. Parada y L. Castillo. 2007. Unidades ambientales. En: A. Lot (coord.) *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico*. Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp. 15-42.
- Overall, A. 2011. Fungi royale: some interesting larger fungi of the royal parks – part 2 saprobes. *Field Mycology* 12(1): 26-30.
- Packham, J.M., T.W. Way, M.J. Brown, T.J. Wardlaw y A.K. Mills. 2002. Macrofungal diversity and community ecology in mature and regrowth wet

eucalypt forest in Tasmania: A multivariate study. *Austral Ecology* 27: 149-161.

Palacios, Y.M., G. Palfner y C. Hernández. 2012. Comunidad ectomicorrícica en una cronosecuencia de *Pinus radiata* (Pinophyta: Pinaceae) de la zona de transición climática mediterránea-templada de Chile central. *Revista Chilena de Historia Natural* 85: 61-71.

Pennington, H.G., M.I. Bidartondo y N. Barsoum. 2011. A few exotic mycorrhizal fungi dominate eucalypts planted in England. *Fungal Ecology* 4: 299-302.

Pérez-Moreno, J. 2012. Los hongos ectomicorrízicos y su biotecnología. En: Sánchez, J.E. y G. Mata (eds.) *Hongos Comestibles y Medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural* pp. 19-28. El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas.

Pérez-Pazos, E. 2014. Estructura de la comunidad de macromicetos del paraje “El Pantano” del Parque Nacional Desierto de los Leones, México, D.F. Tesis profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 96 pp.

Pérez-Silva, E y E. Aguirre-Acosta. 1986. Macromicetos de zonas urbanas de México, I. *Revista Mexicana de Micología* 2: 187-195.

Pérez-Silva, E., T. Herrera y A. Ocampo. 2009. Nuevos registros de macromicetos en el Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. VI Encuentro “Participación de la mujer en la Ciencia”. León, Guanajuato, 13 a 15 de mayo de 2009.

- Pérez-Silva, E., T. Herrera y A. Ocampo-López. 2011. Nuevos registros de macromicetos para el municipio de Temascaltepec, Estado de México. *Revista Mexicana de Micología* 34: 23-30.
- Pinna, S., M.F. Gévry, M. Cotê y L. Sirois. 2010. Factors influencing fructification phenology of edible mushrooms in a boreal mixed forest of Eastern Canada. *Forest Ecology and Management* 260(3): 294-301.
- Prydiuk, M.P. 2010. New records of dung-inhabiting *Coprinus* species in Ukraine I. Section *Pseudocoprinus*. *Czech Mycology* 62(1): 43-58.
- Pugh, G.J.F. 1980. Strategies in fungal ecology. *Transactions of the British Mycological Society* 75: 1-14.
- Qiuxin, W., B. Thiers y D. Pfister. 2004. Preparation, preservation, and use of fungal specimens in herbaria. En: Müller, G., G.F. Bills y M.S. Foster (eds.). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press, Burlington, pp. 23-36.
- Ramírez-López, I. 2011. Diversidad y aspectos ecológicos relevantes en los Homobasidiomycetes clavarioides en la Estación de Biología de Chamela, Jalisco. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ramírez-López, I., M. Villegas-Ríos, R. Salas-Lizana, R. Garibay-Orijel y J. Álvarez Manjarrez. 2014. *Thelephora versatilis* and *Thelephora pseudoversatilis*: two new cryptic species with polymorphic basidiomes

- inhabiting tropical deciduous and sub-perennial forests of the Mexican Pacific Coast. *Mycologia* 14-151
- Redhead, S.A., R. Vilgalys, J-M Moncalvo, J. Johnson y J.J. Hopple. 2001. *Coprinus* Pers. and the disposition of *Coprinus* species *sensu lato*. *Taxon* 50: 203-75.
- Richard, F., P.A. Moreau, M.A. Selosse y M. Gardes. 2004. Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi in an old-growth Mediterranean forest dominated by *Quercus ilex* L. *Canadian Journal of Botany* 82(12): 1711-1729.
- Rinaldi A.C., Comadini O., Kuyper T.W. 2008. Ectomycorrhizal fungal diversity: separating the wheat from the chaff. *Fungal Diversity* 33: 1-45.
- Roberts, P. 1995. British Tremella species I: *Tremella aurantia* & *T. mesenterica*. *Mycologist* 9(3): 110-114.
- Rosa, L.H. y M. Capelari. 2009. Agaricales fungi from atlantic rainforest fragments in Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology* 40(4): 846-851.
- Ruán-Soto, F., R. Garibay-Orijel y J. Cifuentes. 2006. Process and dynamics of traditional selling wild edible mushrooms in tropical Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2(3): 1-13.
- Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8(1-2): 59-129.

- Salerni, E., A., C. Laganá, S. Perini, S. Loppi y V. de Dominics. 2002. Effects of temperature and rainfall on fruiting of macrofungi in oak forests of the Mediterranean area. *Israel Journal of Plant Sciences* 50:189-198.
- Sánchez-Colín, M. 2005. *Micorrizas: aspectos generales*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, Los Reyes Iztacala, Edo. de México.
- Santiago-Martínez, M.G. y A. Estrada. 1999. *Hongos ectomicorrizógenos y producción de inoculantes para plantas de interés forestal*. Folleto técnico. Fundación Produce Tlaxcala y Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, Tlaxcala, México.
- Sato, H., S. Morimoto y T. Hattori. 2012. A thirty year survey reveals that ecosystem function on fungi predicts phenology of mushroom fruiting. *PLOS ONE* 7(11): e49777.
- Senn-Irlett, B. y G. Bieri. 1999. Sporocarp succession of soil-inhabiting macrofungi in an autochthonous subalpine Norway spruce forest of Switzerland. *Forest Ecology and Management* 124: 169-175.
- Shaw, P y G. Kibby. 2001. Aliens in the flowerbeds, the fungal biodiversity of ornamental woodchips. *Field Mycology* 2(1): 6-11.
- Siebe, C. 2000. Age and Archeological Implications of Xitle Volcano, Southwestern basin of México-City. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 104: 45-64.

- Slankis, V. 1974. Soil factors influencing formation of mycorrhizae. *Annual Review of Phytopathology* 12: 437-457.
- Smith, E.S. y D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3a. ed. Academic Press, San Diego, California.
- Spiers, A.G., D.T. Brewster, V.G. Bus y D.H. Hopcroft. 1998. Seasonal variation in susceptibility of xylem tissue of *Malus*, *Pyrus*, *Prunus* and *Salix* species to *Chondrostereum purpureum* in New Zealand. *Mycological Research* 102(7): 881-890.
- Straatsma, G., F. Ayer y S. Egli. 2003. Species richness, abundance, and phenology of fungal fruit bodies over 21 years on a Swiss forest plot. *Mycological Research* 105(5): 515-523.
- Tofts, R.J. y P.D. Orton. 1998. The species accumulation curve for agarics and boleti from a Caledonian pinewood. *Mycologist* 12: 98-102.
- Tulloss, R.E. 1994. Assessment of similarity indices for undesirable properties and a new tripartite similarity index based on cost functions. En: Palm, M.E. e I.H. Chapela (eds.). *Mycology in sustainable development: expanding concepts, vanishing borders*. Parkway Publishers, Boone, Carolina del Norte, pp. 122-143.
- Urbizu, M., M.E. Siqueiros, N. Abrego e I. Salcedo. 2014. Nuevos registros de hongos afiloforoides de Aguascalientes, México y una aproximación a sus

- preferencias ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(4): 1007-1018.
- Vainio, E. y J. Hantula. 2000. Direct analysis of Wood-inhabiting fungi using denaturing gradient gel electrophoresis of amplified ribosomal DNA. *Mycological Research* 104 (8): 927-936.
- Valenzuela, V., T. Herrera y E. Pérez-Silva. 2004. Contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Revista Mexicana de Micología* 18: 61-68.
- Valenzuela, V., T. Herrera y E. Pérez-Silva. 2009. Macromicetos. En: Lot, A. y Z. Cano-Santana (eds.). *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., pp. 95-100.
- Van de Bogart, F. 1979. The genus *Coprinus* in Western North America, Part III. Section *Atramentarii*. *Mycotaxon* 10(1): 155-174.
- Vasutova, M., V. Antonin y A. Urban. 2008. Phylogenetic studies in *Psathyrella* focusing on sections *Pennatae* and *Spadiceae* –new evidence for the paraphyly of the genus. *Mycological Research* 112: 1153-1164.
- Walting, R. 1995. Assesment of fungal diversity: Macromycetes, the problems. *Canadian Journal Botany* (suppl. 1) 73: S15-S24.
- Webster, J. y R. Weber. 1997. Teaching techniques for mycology: 1, the bird's nest fungus, *Cyathus stercoreus*. *Mycologist* 11(3): 103-105.

Webster, J y R. Weber. 2007. *Introduction to fungi*. 3ª edición. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Zhdanova, N., V. Zakharchenko, V. Vember y L. Nakonechnaya. 2000. Fungi from Chernobyl: Mycobiota of the inner regions of the containment structures of the damaged nuclear reactor. *Mycological Research* 104: 1421-1424.

Apéndice I

Tabla A1.1. Listado de especies reportadas para la REPSA por Pérez-Silva *et al.* (1986, 2009), Valenzuela *et al.* (2004, 2009) y Herrera *et al.* (2006). Los nombres y autores de las especies fueron actualizados de acuerdo a Index Fungorum.

Hongos previamente reportados para la REPSA	
Nombre asignado en las referencias mencionadas	Nombre actualizado (Index fungorum, 2015)
<i>Agaricus arvensis</i> Schaeff.: Fr.	Igual
<i>Agaricus placomyces</i> Peck	Igual
<i>Agaricus porphyrizon</i> Orton	Igual
<i>Agaricus purpurascens</i> Cooke	Igual
<i>Agaricus sylvaticus</i> Schaeff.: Fr.	Igual
<i>Agaricus xanthoderma</i> Gen	<i>Agaricus xanthodermus</i> Genev.
<i>Agrocybe pediades</i> (Fr.) Fayod	Igual
<i>Agrocybe praecox</i> (Fr.: Pers.) Fayod	Igual
<i>Amanita nauseosa</i> (Wakef.) Reid	<i>Amanita nauseosa</i> (Wakef.) D.A. Reid
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl) P. Kumm.	Igual
<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan	Igual
<i>Calvatia craniiformis</i> (Schw.) Fr.	Igual
<i>Calvatia cyathiformis</i> (Bosc.) Morg.	Igual
<i>Coprinus comatus</i> (Muller ex Fr.) S.F. Gray	<i>Coprinus comatus</i> (O.F. Müll.) Pers.
<i>Coprinus lagopus</i> (Fr.) Fr.	<i>Coprinopsis lagopus</i> (Fr.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo
<i>Coprinus plicatilis</i> (Fr.: Curtis) Fr	<i>Parasola plicatilis</i> (Curtis) Redhead, Vilgalys & Hopple
<i>Coprinus truncorum</i> Schaeff.: Fr.	<i>Coprinellus truncorum</i> (Scop.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo
<i>Coprinus xanthothrix</i> Romagn	<i>Coprinellus xanthothrix</i> (Romagn.) Vilgalys, Hopple & Jacq. Johnson

Tabla A1.1. (Continuación).

Nombre asignado en las referencias mencionadas	Nombre actualizado (Index fungorum, 2015)
<i>Cordyceps militaris</i> (Fr.) Link	<i>Cordyceps militaris</i> (L.) Fr.
<i>Crepidotus ochraceus</i> Hesler & A.H. Sm.	Igual.
<i>Cyathus olla</i> Pers.	Igual
<i>Chlorophyllum brunneum</i> (Farl. & Burt) Vellinga	Igual
<i>Chlorophyllum rhacodes</i> (Vitt.) Vellinga	Igual
<i>Geastrum pectinatum</i> Pers.	Igual
<i>Geastrum saccatum</i> Fr.	Igual
<i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.:Fr) Murr	Igual
<i>Gymnopus confluens</i> (Bers.) Antonin, Halling & Noordel	Igual
<i>Hygrocybe conica</i> (Scop.: Fr.) Kummer	Igual
<i>Hypholoma aurantiacum</i> (Cooke) Guzmán: Sing	<i>Stropharia aurantiaca</i> (Cooke) M. Imai
<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.: Fr.) Karst	Igual
<i>Inocybe fastigiata</i> Schaeff.: Fr.	<i>Inocybe rimosa</i> (Bull.) P. Kumm.
<i>Inocybe lucifuga</i> (Fr.) Kummer	Igual
<i>Inocybe obscura</i> (Pers.: Fr.) Kühner et Romagn.	Igual
<i>Inocybe trivialis</i> (Lange) Moser	<i>Inocybe duriuscula</i> Rea
<i>Lepiota acutesquamosa</i> (Winm.) Kummer	<i>Echinoderma asperum</i> (Pers.) Bon
<i>Lepiota clypeolaria</i> (Bull.: Fr.) Kummer	Igual
<i>Lepiota cristata</i> (Bolt.: Fr.) P. Kummer	Igual
<i>Lepiota lutea</i> (Bolt. Ex Fr.) Godfrin	<i>Lepiota lutea</i> Matt.
<i>Lepista nuda</i> (Bull. ex Fr.) Cooke	<i>Lepista nuda</i> (Bull.) Cooke
<i>Lycoperdon candidum</i> Pers.	Igual

Tabla A1.1. (Continuación).

Nombre asignado en las referencias mencionadas	Nombre actualizado (Index fungorum, 2015)
<i>Marasmius oreades</i> (Bolton: Fr.) Fr.	Iguale
<i>Morchella esculenta</i> (L.) Pers.	Iguale
<i>Myriostoma coliforme</i> (Dicks.) Corda	Iguale
<i>Phallus hadriani</i> Vent.: Pers.	Iguale
<i>Polyporus squamosus</i> Huds.: Fr.	Iguale
<i>Polyporus tenuiculus</i> (Beauv.) Fr.	<i>Favolus tenuiculus</i> P. Beauv.
<i>Psathyrella pseudocorrugis</i> Romagn.	Iguale
<i>Psathyrella pseudogracilis</i> Romagn.	Iguale
<i>Ramaria gracilis</i> (Burl.)	<i>Ramaria gracilis</i> (Pers.) Quéle.
<i>Ramaria stricta</i> (Fr.) var. <i>concolor</i> Corner	<i>Ramaria concolor</i> (Corner)
<i>Rhodocollybia maculata</i> var. <i>maculata</i> (Alb. & Schwein.) Singer	Iguale
<i>Russula foetens</i> Fr.	Iguale
<i>Russula grisea</i> (Pers.: Secr.) Fr.	Iguale
<i>Russula vesca</i> Fr.	Iguale
<i>Scleroderma areolatum</i> Ehrenb.	Iguale
<i>Setchelliogaster tenuipes</i> (Bertault & Malecon) Moreno & Kreisel	Iguale
<i>Sparassis crispa</i> Wulf.: Fr.	Iguale
<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	Iguale
<i>Tremella lutescens</i> Fr.	<i>Tremella mesenterica</i> Retz.
<i>Xylaria carpophila</i> (Pers.) Dumortier	<i>Xylaria carpophila</i> (Pers.) Fr.

Tabla A1.2. Listado de especies reportadas para Ciudad Universitaria sin incluir la REPSA realizado por Pérez-Silva *et al.* (1986). Los nombres y autores de las especies fueron actualizados de acuerdo a Index Fungorum.

Registros para Ciudad Universitaria (Sin incluir REPSA)	
Nombre asignado por Pérez-Silva <i>et al.</i> (1986)	Nombre actualizado (Index fungorum, 2014)
<i>Agaricus meleagris</i> (Schaeff.)	<i>Agaricus meleagris</i> With.
<i>Battarrea stevenii</i> (Libosch.) Fr.	Igual
<i>Bolbitius vitellinus</i> (Pers. ex Fr.) Fr.	<i>Bolbitius titubans</i> (Bull.) Fr.
<i>Langermannia gigantea</i> (Batsch ex Pers.) Rostkovius	<i>Calvatia gigantea</i> (Batsch) Lloyd
<i>Chlorophyllum molybdites</i> (Meyer ex Fr.) Mass.	Igual
<i>Conocybe bulbifera</i> (Kauffm.) Kühn.	<i>Conocybe bulbifera</i> (Kauffman) Romagn.
<i>Conocybe lactea</i> (Lange) Métrod	<i>Conocybe lactea</i> (J.E. Lange)
<i>Conocybe tenera</i> (Schaeff. ex Fr.) Fayod	<i>Conocybe tenera</i> (Schaeff.) Fayod
<i>Coprinus atramentarius</i> (Bull.) Fr.	Igual
<i>Coprinus micaceus</i> (Bull.) Fr.	<i>Coprinus micaceus</i> (Bull.) Fr.
<i>Leucoagaricus naucinus</i> (Fr.) Sing.	Igual
<i>Vascellum pratense</i> (Pers. em. Quéél.) Kreis.	<i>Lycoperdon pratense</i> Pers.
<i>Lyophyllum decastes</i> (Fr.) Sing.	Igual
<i>Panaeolus foenisecii</i> (Pers. ex Fr.) Kuhner	<i>Panaeolus foenisecii</i> (Pers.) J. Schröt.
<i>Phallus impudicus</i> (L.) Pers.	<i>Phallus impudicus</i> L.

Apéndice II

Tabla A2.1. Datos de precipitación y temperatura promedio mensual proporcionados por el Programa de Estaciones Meteorológicas de Bachilleratos Universitarios del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Sur.

Mes	Precipitación promedio (mm)	Temperatura promedio (°C)
Agosto 2011	189.0	17.5
Septiembre 2011	98.8	16.5
Octubre 2011	3	15.1
Noviembre 2011	0	15.1
Diciembre 2011	0	14.1
Enero 2012	0	13.2
Febrero 2012	0	14.3
Marzo 2012	0	16.5
Abril 2012	0	17.4
Mayo 2012	0	19.0
Junio 2012	2.3	17.4
Julio 2012	0	16.1
Agosto 2012	162.1	16.8
Septiembre 2012	185.4	16.9
Octubre 2012	34.5	16.6
Noviembre 2012	25.7	14.0
Diciembre 2012	0	14.2
Enero 2013	0.5	13.9
Febrero 2013	1.8	16.7

Apéndice III

Tabla A3.1. Número de registros (frecuencia) y especies (riqueza) por género en la Cantera Oriente, D.F.

Género	No. de especies	No. de registros	% total especies	% total registros
<i>Agaricus</i>	3	8	7.3	6.7
<i>Bolbitius</i>	2	5	4.9	4.2
<i>Coprinus</i>	6	30	14.6	25
<i>Cortinarius</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Cyathus</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Ganoderma</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Hohenbuehelia</i>	1	2	2.4	1.7
<i>Inocybe</i>	5	16	12.2	13.3
<i>Laccaria</i>	1	17	2.4	14.2
<i>Lepiota</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Leucoagaricus</i>	2	4	4.9	3.3
<i>Morchella</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Omphalina</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Parasola</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Phallus</i>	1	3	2.4	2.5
<i>Pluteus</i>	3	5	7.3	4.2
<i>Psathyrella</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Schizophyllum</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Setchelliogaster</i>	1	12	2.4	10
<i>Stereum</i>	1	2	2.4	1.7
<i>Stropharia</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Thelephora</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Trametes</i>	1	2	2.4	1.7
<i>Tremella</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Volvariella</i>	1	1	2.4	0.8
<i>Xylaria</i>	1	1	2.4	0.8

Apéndice IV

Tabla A4.1. Abundancia absoluta y relativa de esporomas por especie de macromiceto registrado en un muestreo realizado entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F.

Morfoespecie	No. de esporomas	Porcentaje
<i>Laccaria tortilis</i>	2146	29.10
<i>Coprinus</i> cf. <i>micaceus</i>	1630	2.10
<i>Coprinopsis lagopus</i>	1444	19.58
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	685	9.29
<i>Inocybe</i> sp. 5	277	3.76
<i>Cyathus</i> aff. <i>earlei</i>	256	3.47
<i>Chondrostereum purpureum</i>	173	2.35
<i>Coprinus</i> cf. <i>atramentarius</i>	123	1.67
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	91	1.23
<i>Inocybe</i> sp. 4	79	1.07
<i>Bolbitius titubans</i>	72	0.98
<i>Omphalina</i> sp. 1	62	0.84
<i>Trametes versicolor</i>	53	0.72
<i>Agaricus</i> sp. 1	37	0.50
<i>Psathyrella</i> sp. 1	33	0.45
<i>Inocybe</i> sp. 2	32	0.43
<i>Inocybe</i> sp. 3	23	0.31
<i>Agaricus</i> sp. 2	19	0.26
<i>Coprinus</i> sp. 3	18	0.24
<i>Agaricus campestris</i>	16	0.22
<i>Inocybe</i> sp. 1	14	0.19
<i>Tremella mesentérica</i>	11	0.15
<i>Xylaria</i> sp. 1	11	0.15
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	10	0.14
<i>Pluteus xylophilus</i>	8	0.11
<i>Phallus hadriani</i>	8	0.11
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	6	0.08
<i>Lepiota</i> sp. 1	5	0.07
<i>Volvariella</i> sp. 1	5	0.07
<i>Pluteus pellitus</i>	4	0.05
<i>Thelephora caryophyllea</i>	3	0.04
<i>Coprinus</i> sp. 2	2	0.03
<i>Coprinus</i> sp. 1	2	0.03
<i>Parasola auricoma</i>	2	0.03

Tabla A4.1 (Continuación).

Morfoespecie	No. de esporomas	Porcentaje
<i>Schizophyllum commune</i>	2	0.03
<i>Morchella</i> sp. 1	2	0.03
<i>Bolbitius</i> sp. 1	1	0.01
<i>Pluteus</i> aff. <i>pouzarianus</i>	1	0.01
<i>Cortinarius</i> sp. 1	1	0.01
<i>Stropharia aurantiaca</i>	1	0.01
<i>Ganoderma curtisii</i>	1	0.01
TOTAL	7374	100

Apéndice V

Tabla A5.1. Biomasa seca absoluta y relativa por especie de macromicetos registrado en un muestreo realizado entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F.

Morfoespecie	Biomasa peso seco (g)	Porcentaje aportado
<i>Coprinus cf. micaceus</i>	348.26	37.06
<i>Coprinus cf. atramentarius</i>	131.30	13.97
<i>Agaricus sp. 1</i>	80.19	8.53
<i>Trametes versicolor</i>	59.80	6.36
<i>Chondrostereum purpureum</i>	49.54	5.27
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	35.64	3.79
<i>Coprinopsis lagopus</i>	27.52	2.93
<i>Laccaria tortilis</i>	23.45	2.50
<i>Inocybe sp. 5</i>	22.03	2.34
<i>Ganoderma curtisii</i>	20.26	2.16
<i>Volvariella sp. 1</i>	19.07	2.03
<i>Phallus hadriani</i>	17.13	1.82
<i>Agaricus campestris</i>	15.09	1.61
<i>Leucoagaricus sp. 1</i>	14.46	1.54
<i>Agaricus sp. 2</i>	13.12	1.40
<i>Bolbitius titubans</i>	9.87	1.05
<i>Inocybe sp. 4</i>	9.13	0.97
<i>Pluteus xylophilus</i>	8.21	0.87
<i>Cyathus aff. earlei</i>	7.68	0.82
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	5.99	0.64
<i>Psathyrella sp. 1</i>	5.58	0.59
<i>Inocybe sp. 3</i>	2.96	0.31
<i>Pluteus pellitus</i>	2.10	0.22
<i>Cortinarius sp. 1</i>	1.78	0.19
<i>Pluteus aff. pouzarianus</i>	1.63	0.17
<i>Coprinus sp. 3</i>	1.45	0.15
<i>Tremella mesenterica</i>	1.39	0.15
<i>Xylaria sp. 1</i>	1.12	0.12
<i>Inocybe sp. 2</i>	0.86	0.09
<i>Leucoagaricus sp. 2</i>	0.83	0.09
<i>Inocybe sp. 1</i>	0.50	0.05
<i>Morchella sp. 1</i>	0.46	0.05
<i>Coprinus sp. 1</i>	0.29	0.03
<i>Coprinus sp. 2</i>	0.26	0.03

Tabla A5.1. (Continuación)

Morfoespecie	Biomasa peso seco (g)	Porcentaje aportado
<i>Schizophyllum commune</i>	0.20	0.02
<i>Stropharia aurantiaca</i>	0.17	0.02
<i>Lepiota</i> sp. 1	0.13	0.01
<i>Thelephora caryophyllea</i>	0.07	0.01
<i>Parasola auricoma</i>	0.04	4×10^{-3}
<i>Bolbitius</i> sp. 1	2×10^{-3}	2×10^{-4}
TOTAL	939.69	100

Apéndice VI

Tabla A6.1. Valor de importancia de cada especie de macromiceto registrado en un muestreo realizado entre agosto de 2011 y febrero de 2013 en la Cantera Oriente, D.F. (*Arel*= abundancia relativa, *Brel*= biomasa relativa, *FTrel*= frecuencia temporal relativa, *VI*= valor de importancia).

Morfoespecie	<i>Arel</i>	<i>Brel</i>	<i>FTrel</i>	<i>VI</i>
<i>Coprinus</i> cf. <i>micaceus</i>	22.10	37.06	10.38	69.54
<i>Laccaria tortilis</i>	29.10	2.50	13.21	44.81
<i>Coprinopsis lagopus</i>	19.58	2.93	3.77	26.28
<i>Coprinus</i> cf. <i>atramentarius</i>	1.67	13.97	7.55	23.19
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	9.29	3.79	9.43	22.52
<i>Inocybe</i> sp. 5	3.76	2.34	5.66	11.76
<i>Agaricus</i> sp. 1	0.50	8.53	1.89	10.92
<i>Chondrostereum purpureum</i>	2.35	5.27	1.89	9.50
<i>Trametes versicolor</i>	0.72	6.36	1.89	8.97
<i>Agaricus campestris</i>	0.22	1.61	4.72	6.54
<i>Cyathus</i> aff. <i>earlei</i>	3.47	0.82	0.94	5.23
<i>Phallus hadriani</i>	0.18	1.84	3.77	5.79
<i>Bolbitius titubans</i>	0.98	1.05	2.83	4.86
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	1.23	1.54	1.89	4.66
<i>Inocybe</i> sp. 4	1.07	0.97	1.89	3.93
<i>Inocybe</i> sp. 2	0.43	0.09	2.83	3.36
<i>Ganoderma curtisii</i>	0.01	2.16	0.94	3.11
<i>Volvariella</i> sp. 1	0.07	2.03	0.94	3.04
<i>Pluteus xylophilus</i>	0.11	0.87	1.89	2.87
<i>Agaricus</i> sp. 2	0.26	1.40	0.94	2.60
<i>Inocybe</i> sp. 3	0.31	0.31	1.89	2.51
<i>Psathyrella</i> sp. 1	0.45	0.59	0.94	1.98
<i>Omphalina</i> sp. 1	0.84	0.00	0.94	1.78
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	0.14	0.64	0.94	1.72
<i>Coprinus</i> sp. 3	0.24	0.15	0.94	1.34
<i>Tremella mesentérica</i>	0.15	0.15	0.94	1.24
<i>Pluteus pellitus</i>	0.05	0.22	0.94	1.22
<i>Xylaria</i> sp. 1	0.15	0.12	0.94	1.21
<i>Inocybe</i> sp. 1	0.19	0.05	0.94	1.19
<i>Cortinarius</i> sp. 1	0.01	0.19	0.94	1.15
<i>Pluteus</i> aff. <i>pouzarianus</i>	0.01	0.17	0.94	1.13
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	0.08	0.09	0.94	1.11
<i>Lepiota</i> sp. 1	0.07	0.01	0.94	1.02

Tabla A6.1. (Continuación)

Morfoespecie	<i>Arel</i>	<i>Brel</i>	<i>FTrel</i>	<i>VI</i>
<i>Morchella</i> sp. 1	0.03	0.05	0.94	1.02
<i>Coprinus</i> sp. 2	0.03	0.03	0.94	1.00
<i>Coprinus</i> sp. 6	0.03	0.03	0.94	1.00
<i>Schizophyllum commune</i>	0.03	0.02	0.94	0.99
<i>Thelephora caryophyllea</i>	0.04	0.01	0.94	0.99
<i>Parasoma auricoma</i>	0.03	0.00	0.94	0.97
<i>Stropharia aurantiaca</i>	0.01	0.02	0.94	0.97
<i>Bolbitius</i> sp. 1	0.01	0.00	0.94	0.96
TOTAL	100.00	100.00	100.00	300.00

Apéndice VII

Tabla A7.1. Rangos de temperatura del aire (T, °C) en que las especies de macromicetos de la Cantera Oriente, D.F. produjeron esporomas.

TEMPERATURA DEL AIRE (°C)					
Morfoespecie	T° min	T° max	T° media	Rango	No. Registros
<i>Agaricus campestris</i>	16.60	22.15	18.14	5.55	5
<i>Agaricus</i> sp. 1	17.40	18.03	17.72	0.63	2
<i>Agaricus</i> sp. 2	19.72	19.72	19.72	0	1
<i>Bolbitius</i> sp. 1	15.00	15.00	15.00	0	1
<i>Bolbitius titubans</i>	21.34	30.60	25.52	9.26	4
<i>Chondrostereum purpureum</i>	15.29	17.06	16.17	1.77	2
<i>Coprinopsis lagopus</i>	20.21	29.06	23.40	8.85	4
<i>Coprinus</i> cf. <i>atramentarius</i>	15.29	21.70	17.63	6.41	8
<i>Coprinus</i> cf. <i>micaceus</i>	14.86	24.89	17.80	10.03	13
<i>Coprinus</i> sp. 1	19.47	19.47	19.47	0	1
<i>Coprinus</i> sp. 2	16.65	18.71	17.68	2.06	2
<i>Coprinus</i> sp. 3	31.33	31.33	31.33	0	1
<i>Cortinarius</i> sp. 1	17.40	17.40	17.40	0	1
<i>Cyathus</i> aff. <i>earlei</i>	16.39	16.39	16.39	0	1
<i>Ganoderma curtisii</i>	22.41	22.41	22.41	0	1
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	26.68	33.07	29.87	6.39	2
<i>Inocybe</i> sp. 1	17.96	17.96	17.96	0	1
<i>Inocybe</i> sp. 2	17.70	24.70	20.86	7	4
<i>Inocybe</i> sp. 3	20.30	20.70	20.55	0.40	2
<i>Inocybe</i> sp. 4	15.06	17.20	16.13	2.14	2
<i>Inocybe</i> sp. 5	17.40	25.98	21.29	8.58	7
<i>Laccaria tortilis</i>	16.28	23.08	20.28	6.80	17
<i>Lepiota</i> sp. 1	27.07	27.07	27.07	0	1
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	17.32	23.99	21.65	6.67	3
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	16.86	16.86	16.86	0	1
<i>Parasola auricoma</i>	28.10	28.10	28.10	0	1
<i>Phallus hadriani</i>	17.70	18.08	17.89	0.38	2
<i>Pluteus</i> aff. <i>pouzarianus</i>	23.35	23.35	23.35	0	1
<i>Pluteus pellitus</i>	22.37	26.56	24.46	4.19	2
<i>Pluteus xylophilus</i>	19.26	19.77	19.51	0.51	2
<i>Psathyrella</i> sp. 1	20.01	20.01	20.01	0	1
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	16.28	23.08	19.86	6.80	12
<i>Stropharia aurantiaca</i>	19.21	19.21	19.21	0	1
<i>Thelephora caryophyllea</i>	18.92	18.92	18.92	0	1
<i>Trametes versicolor</i>	18.28	18.81	18.54	0.53	2
<i>Volvariella</i> sp. 1	19.38	19.38	19.38	0	1
<i>Xylaria</i> sp. 1	14.98	14.98	14.98	0	1

Apéndice VIII

Tabla A8.1. Rangos de humedad relativa (HR, %) en que las especies de macromicetos de la Cantera Oriente, D.F. produjeron esporomas.

HUMEDAD RELATIVA (%)					
Morfoespecie	HR min	HR max	HR media	Rango	No. Registros
<i>Agaricus campestris</i>	63.56	76.86	78.99	13.30	5
<i>Agaricus</i> sp. 1	17.40	18.03	17.72	0.63	2
<i>Agaricus</i> sp. 2	76.76	76.76	76.76	0	1
<i>Bolbitius</i> sp. 1	90.93	90.93	90.93	0	1
<i>Bolbitius titubans</i>	36.30	57.70	50.88	21.40	4
<i>Chondrostereum purpureum</i>	76.86	81.63	79.24	4.77	2
<i>Coprinopsis lagopus</i>	62.35	67.25	57.52	4.90	4
<i>Coprinus</i> cf. <i>atramentarius</i>	43.30	74.86	65.93	31.56	8
<i>Coprinus</i> cf. <i>micaceus</i>	55.85	77.95	64.66	22.10	13
<i>Coprinus</i> sp. 1	67.02	67.02	67.02	0	1
<i>Coprinus</i> sp. 2	69.55	80.50	75.02	10.95	2
<i>Coprinus</i> sp. 3	43.15	43.15	43.15	0	1
<i>Cortinarius</i> sp. 1	65.93	65.93	65.93	0	1
<i>Cyathus</i> aff. <i>earlei</i>	88.95	88.95	88.95	0	1
<i>Ganoderma curtisii</i>	72.10	72.10	72.10	0	1
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	56.55	70.30	63.42	13.75	2
<i>Inocybe</i> sp. 1	72.95	72.95	72.95	0	1
<i>Inocybe</i> sp. 2	46.60	58.85	54.74	12.25	4
<i>Inocybe</i> sp. 3	66.20	66.56	66.38	0.36	2
<i>Inocybe</i> sp. 4	85.00	91.23	88.11	6.23	2
<i>Inocybe</i> sp. 5	53.35	75.75	62.50	22.40	7
<i>Laccaria tortilis</i>	44.80	67.70	59.35	22.90	17
<i>Lepiota</i> sp. 1	49.05	49.05	49.05	0	1
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	61.95	80.75	70.30	18.80	3
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	74.80	74.80	74.80	0	1
<i>Parasola auricoma</i>	43.20	43.20	43.20	0	1
<i>Phallus hadriani</i>	69.40	71.13	70.26	1.73	2
<i>Pluteus</i> aff. <i>pouzarianus</i>	52.63	52.63	52.63	0	1
<i>Pluteus pellitus</i>	47.60	56.80	52.20	9.20	2
<i>Pluteus xylophilus</i>	67.60	78.54	73.13	10.94	2
<i>Psathyrella</i> sp. 1	64.40	64.40	64.40	0	1
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	44.80	72.10	56.86	27.30	12
<i>Stropharia aurantiaca</i>	75.75	75.75	75.75	0	1
<i>Thelephora caryophyllea</i>	65.50	65.50	65.50	0	1
<i>Trametes versicolor</i>	56.00	75.15	65.57	19.15	2
<i>Volvariella</i> sp. 1	81.82	81.82	81.82	0	1
<i>Xylaria</i> sp. 1	86.50	86.50	86.50	0	1

Apéndice IX

Apéndice A9.1. Rangos de intensidad luminosa (IL, W/m²) en que las especies de macromicetos de la Cantera Oriente, D.F. produjeron esporomas.

INTENSIDAD LUMINOSA (W/m ²)					
Morfoespecie	IL min	IL max	IL media	Rango	No. registros
<i>Agaricus campestris</i>	26.80	198.75	77.48	171.95	5
<i>Agaricus</i> sp. 1	6.46	65.00	35.73	58.54	2
<i>Agaricus</i> sp. 2	67.30	67.30	67.30	0	1
<i>Bolbitius</i> sp. 1	30.20	30.20	30.20	0	1
<i>Bolbitius titubans</i>	13.10	652.50	271.34	639.40	4
<i>Chondrostereum purpureum</i>	35.20	54.76	44.98	19.56	2
<i>Coprinopsis lagopus</i>	0.60	285.65	151.88	285.05	4
<i>Coprinus</i> cf. <i>atramentarius</i>	14.76	60.63	38.08	45.87	8
<i>Coprinus</i> cf. <i>micaceus</i>	8.75	237.30	73.17	228.55	13
<i>Coprinus</i> sp. 1	111.85	111.85	111.85	0	1
<i>Coprinus</i> sp. 2	13.10	18.10	15.60	5	2
<i>Coprinus</i> sp. 3	168.75	168.75	168.75	0	1
<i>Cortinarius</i> sp. 1	37.70	37.70	37.70	0	1
<i>Cyathus</i> aff. <i>earlei</i>	97.50	97.50	97.50	0	1
<i>Ganoderma curtisii</i>	201.25	201.25	201.25	0	1
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	632.50	654.35	643.50	21.85	2
<i>Inocybe</i> sp. 1	0.14	0.14	0.14	0	1
<i>Inocybe</i> sp. 2	43.10	585.75	217.00	542.65	4
<i>Inocybe</i> sp. 3	84.36	85.60	84.98	1.24	2
<i>Inocybe</i> sp. 4	4.40	28.13	16.26	23.73	2
<i>Inocybe</i> sp. 5	37.70	520.60	171.39	482.90	7
<i>Laccaria tortilis</i>	3.10	150.60	61.39	147.50	17
<i>Lepiota</i> sp. 1	177.50	177.50	177.50	0	1
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	45.60	438.75	215.00	393.15	3
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	34.35	34.35	34.35	0	1
<i>Parasola auricomma</i>	528.56	528.56	528.56	0	1
<i>Phallus hadriani</i>	32.30	48.53	40.41	16.23	2
<i>Pluteus</i> aff. <i>pouzarianus</i>	588.10	588.10	588.10	0	1
<i>Pluteus pellitus</i>	201.85	207.50	204.67	5.65	2
<i>Pluteus xylophilus</i>	69.88	118.10	93.99	48.22	2
<i>Psathyrella</i> sp. 1	63.13	63.13	63.13	0	1
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	30.60	150.60	80.39	120.00	12
<i>Stropharia aurantiaca</i>	238.10	238.10	238.10	0	1
<i>Thelephora caryophyllea</i>	36.85	36.85	36.85	0	1
<i>Trametes versicolor</i>	68.10	79.35	73.72	11.25	2
<i>Volvariella</i> sp. 1	75.12	75.12	75.12	0	1
<i>Xylaria</i> sp. 1	0.60	0.60	0.60	0	1

Apéndice X

Tabla A10.1. Rangos de contenido de agua (CA, m³/m³) en el suelo en que las especies de macromicetos de la Cantera Oriente, D.F. produjeron esporomas.

CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO (m ³ /m ³)					
Morfoespecie	CA min	CA max	CA media	Rango	No. registros
<i>Agaricus campestris</i>	0.1637	0.2690	0.2060	0.1053	5
<i>Agaricus</i> sp. 1	0.1557	0.1673	0.1615	0.0116	2
<i>Agaricus</i> sp. 2	0.1908	0.1908	0.1908	0	1
<i>Bolbitius</i> sp. 1	0.2030	0.2030	0.2030	0	1
<i>Coprinus</i> cf. <i>Atramentarius</i>	0.1350	0.1840	0.1981	0.0490	8
<i>Coprinus</i> cf. <i>Micaceus</i>	0.0998	0.3003	0.2027	0.2005	13
<i>Coprinus</i> sp. 1	0.1918	0.1918	0.1918	0	1
<i>Coprinus</i> sp. 2	0.1257	0.1376	0.13165	0.0119	2
<i>Cortinarius</i> sp. 1	0.1584	0.1584	0.1584	0	1
<i>Cyathus</i> aff. <i>earlei</i>	0.1401	0.1401	0.1401	0	1
<i>Hohenbuehelia petaloides</i>	0.2563	0.2625	0.2594	0.0062	2
<i>Inocybe</i> sp. 1	0.1957	0.1957	0.1957	0	1
<i>Inocybe</i> sp. 2	0.1673	0.2316	0.2005	0.0643	4
<i>Inocybe</i> sp. 3	0.1201	0.1611	0.1406	0.0410	2
<i>Inocybe</i> sp. 4	0.2022	0.2204	0.2113	0.0091	2
<i>Inocybe</i> sp. 5	0.1584	0.2450	0.1754	0.0866	7
<i>Laccaria tortilis</i>	0.0983	0.9145	0.2037	0.8162	17
<i>Lepiota</i> sp. 1	0.2167	0.2167	0.2167	0	1
<i>Leucoagaricus</i> sp. 1	0.1880	0.2160	0.2065	0.0280	3
<i>Leucoagaricus</i> sp. 2	0.1673	0.1673	0.1673	0	1
<i>Phallus hadriani</i>	0.1182	0.1993	0.1587	0.0811	2
<i>Pluteus</i> aff. <i>pouzarianus</i>	0.2411	0.2411	0.2411	0	1
<i>Pluteus pellitus</i>	0.1039	0.1042	0.1040	0.0003	2
<i>Pluteus xylophilus</i>	0.2080	0.2629	0.2354	0.0549	2
<i>Psathyrella</i> sp. 1	0.2164	0.2164	0.2164	0	1
<i>Setchelliogaster tenuipes</i>	0.0918	0.6400	0.2468	0.5482	12
<i>Stropharia aurantiaca</i>	0.2425	0.2425	0.2425	0	1
<i>Thelephora caryphyllea</i>	0.1270	0.1270	0.1270	0	1
<i>Volvariella</i> sp. 1	0.2587	0.2587	0.2587	0	1

Apéndice XI

Fórmulas para el índice de similitud propuesto para macromicetos por Tulloss

El índice propuesto por Tulloss (1994) para calcular índices de similitud entre comunidades de macromicetos, consta de tres coeficientes que se integran en una fórmula para calcular el coeficiente T :

$$T = \sqrt{U \times R \times S}$$

$$U = \frac{\log\left(1 + \frac{\min(b,c)+a}{\max(b,c)+a}\right)}{\log 2}$$

$$S = \frac{1}{\sqrt{\frac{\log\left(2 + \frac{\min(b,c)}{a+1}\right)}{\log 2}}}$$

$$R = \frac{\log\left(1 + \frac{a}{a+b}\right) \log\left(1 + \frac{a}{a+c}\right)}{(\log 2)^2}$$

donde: a = número de especies en común entre ambos sitios, b = número de especies del primer sitio que no aparecen en el segundo y c = número de especies en el segundo sitio que no están en el primero.