

Efecto de las variables ambientales sobre la biomasa de macromicetos ectomicorrízicos

Víctor Manuel Gómez Reyes^{1,✉}, Marlene Gómez Peralta¹ y Arsenio Terrón Alfonso²

¹Herbario de la Facultad de Biología, Edificio "R" Planta Baja, Ciudad Universitaria, Morelia, Michoacán, México, C.P. 58030.

²Departamento de Biodiversidad y Gestión Ambiental, Área de Botánica, Campus de Vegazana, Universidad de León, León, España, C.P. 24071.

Resumen

Se evaluó la biomasa de esporomas de hongos ectomicorrízicos y se analizó la relación con variables ambientales en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio. Para el muestreo se establecieron ocho parcelas permanentes de 1000 m², los cuales se visitaron semanalmente durante la época de lluvias del año 2004, se midieron 33 variables edáficas y dasométricas del arbolado en cada parcela. Se aplicó el análisis DECORANA para relacionar las variables ambientales y la biomasa de los esporomas de los macrohongos reportados en las parcelas. Se registran 50 especies de hongos ectomicorrízicos con una biomasa total de 12691.3 g; siete especies contribuyeron con el 67.8% de la biomasa total. A través del análisis DECORANA se demostró que existe relación entre el porcentaje de cobertura de herbáceas con la producción de *Suillus cothurnatus* y la densidad de pinos con la producción de *Laccaria laccata*. De igual forma que el arbolado maduro está relacionado con una mayor producción de los géneros *Amanita*, *Boletus* y *Lactarius*, y que el arbolado joven se relaciona con una mayor producción de *Laccaria* y *Suillus*.

Palabras clave: *macrohongos, biomasa, análisis decorana*

Abstract

We assessed the ectomycorrhizal sporocarps macrofungi biomass and we analyzed its relationship with environmental variables in the Parque Nacional Barranca del Cupatitzio. For sampling we established eight permanent plots of 1000 m², which were visited weekly during the rainy season of 2004. There were measured 33 soil and woodland dasometrics variables for each plot. We used detrended correspondence analysis (DECORANA) for relate the environmental variables and the biomass of macrofungi sporocarps. We registered 50 species of ectomycorrhizal fungi with a total of 12691.3 g; seven species contributed with 67.8% of the total biomass. Through the DECORANA analysis demonstrated a relationship between the percent cover of herbaceous with the production of *Suillus cothurnatus* and the pine density with the production of *Laccaria laccata*. Just as the mature trees are associated with the increased production of the genus *Amanita*, *Boletus* and *Lactarius*, the young trees are associated with an increased production of *Laccaria* and *Suillus*.

Key words: *macrofungi, biomass, detrended correspondence analysis.*

Introducción

Los hongos micorrízicos, término utilizado por Frank (1885), son una asociación simbiótica fundamental en el funcionamiento y mantenimiento en todos los ecosistemas terrestres (Allen, 1991; Van der Heijden *et al.*, 1998), siendo una relación abundante entre las plantas, ya que se estima que entre el 85% y 95% de las plantas establecen la asociación simbiótica (Trappe, 1977, 1987; Hawksworth *et al.*, 1991; Smith y Read, 1997), y en relación a los micobiontes se calcula que 6000 especies participan en la simbiosis micorrízica (Smith y Read 1997).

Los estudios ecológicos que valoran estructuras epigeas de macromicetos, responden a preguntas básicas, como, ¿Cuáles son las condiciones ambientales donde una especie fúngica se reproduce sexualmente?, cuya respuesta es de gran importancia si se trata de especies con alto potencial económico y, de ahí la razón de usar la biomasa como estructuras a evaluar en los estudios ecológico de macromicetos. No obstante, hay que considerar una serie de inconvenientes y con ello aceptar las limitantes, como son de tipo metodológico, lo cual restringe los estudios a evaluaciones realizadas en temporada de lluvias y a las especies visibles durante los muestreos, lo cual implica dejar fuera

especies de hábito hipogeo y las especies ectomicorrízicas que no producen estructuras macroscópicas (Schmit y Lodge, 2005).

Con la aplicación de las herramientas moleculares, diversos estudios han concluido que la valoración de esporomas de macromicetos no son buenos indicadores de la diversidad fúngica del ecosistema (Jansen y Denie, 1998; Dahlberg *et al.*, 1997, 2001; Zeppa *et al.*, 2000; Taylor, 2002; Guidot *et al.*, 2002). Sin embargo, estos estudios presentan algunos inconvenientes, como el carecer de un inventario de hongos identificados a nivel de especies, así mismo, el elevado costo que implica cubrir grandes extensiones de área de estudio, no conocer si la especie presente se reproduce sexualmente, por lo que los estudios moleculares y tradicionales son complementarios.

Una de las finalidades de los estudios ecológicos en comunidades fúngicas es encontrar patrones que puedan explicar el comportamiento de las especies con relación a una serie de variables que sobre ellos puedan incidir sobre ellos. Los hongos al igual que muchos otros organismos se encuentran regulados por una serie de factores que pueden limitar su distribución y el desarrollo de sus estructuras reproductoras. Al respecto, dentro de una región geográfica el desarrollo de esporomas se encuentra influenciado por la elevación y latitud, así como la temperatura y la precipitación (Ohenoja, 1993), la composición de especies de plantas (Bill *et al.*, 1986; Villeneuve *et al.*, 1989; Natel y Neuman, 1992; Longe *et al.*, 2004) y las características edáficas

✉ **Autor de correspondencia:** Víctor Manuel Gómez Reyes. Colección de Macromicetos, Herbario de la Facultad de Biología-UMSNH. Edif. "R" Planta Baja, Ciudad Universitaria. email: vmgomez79@hotmail.com

(Tyler 1985, 1989; Harrington 2005; Ritz y Young 2004). Por lo anterior, es fundamental para la comprensión de las comunidades fúngicas conocer las relaciones existentes entre la producción de esporomas y las variables ambientales que en ellas influyen.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio (PNBC), el cual se ubica en el municipio de Uruapan, Michoacán (**Figura 1**), con una superficie de 458.21 hectáreas. Fisiográficamente dicho parque corresponde a la Franja Volcánica Transmexicana, en la porción sur de la subprovincia Sierra Purhépecha, con altitudes que van de 1690 a 2114 m y pendientes de 10% a 60%. El tipo de vegetación corresponde a bosque de pino, pino-encino con presencia de relictos de bosque mesófilo de montaña y la vegetación secundaria derivada de éstos, además, se encuentran algunas especies introducidas. Para una descripción más completa consultar las obras de Gómez-Tagle (1985), Orduña *et al.* (1993), Bello y Madrigal Sánchez (1996), Márquez y Escobar (2000), Ontiveros-Alvarado *et al.* (2000), Villaseñor (2000) y Gómez-Reyes (2005).

El muestreo consistió en la colecta de esporomas de hongos potencialmente ectomicorrízicos, para lo cual se establecieron

ocho parcelas permanentes de 1000 m² (20m x 50m), uno por cada unidad ambiental identificada y descrita por Gómez-Reyes (2005). Estas unidades se caracterizaron por presentar condiciones homogéneas de suelo (andosol o litosol), altitud (< 1800 m, > 1800 < 2000 m y > 2000) y vegetación (pino o pino-encino), los cuales fueron visitados semanalmente para la recolecta de ejemplares. Los esporomas colectados se pesaron en una balanza granataria de 2 kg y una precisión de 0.01 g y procesaron siguiendo la propuesta de Cifuentes *et al.* (1986) y Halling (1996). Los ejemplares fueron depositados en la Colección de Macromicetos del Herbario de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (EBUM).

Para la identificación taxonómica del material se consultó la bibliografía especializada (diversas claves taxonómicas, monografías, etc.), como las obras de Theirs (1975), Hesel y Smith (1979), Halling (1983), Jenkins (1986), Singer (1990, 1991, 1992), Arora (1986), Dennis (1978), Llamas y Terrón (2003), Bessett *et al.* (1997) entre otras, considerando caracteres morfológicos macro y microscópicos según Largent *et al.* (1984).

En cada parcela se tomaron muestras de suelo para su posterior análisis físico-químico, además, se obtuvieron los datos

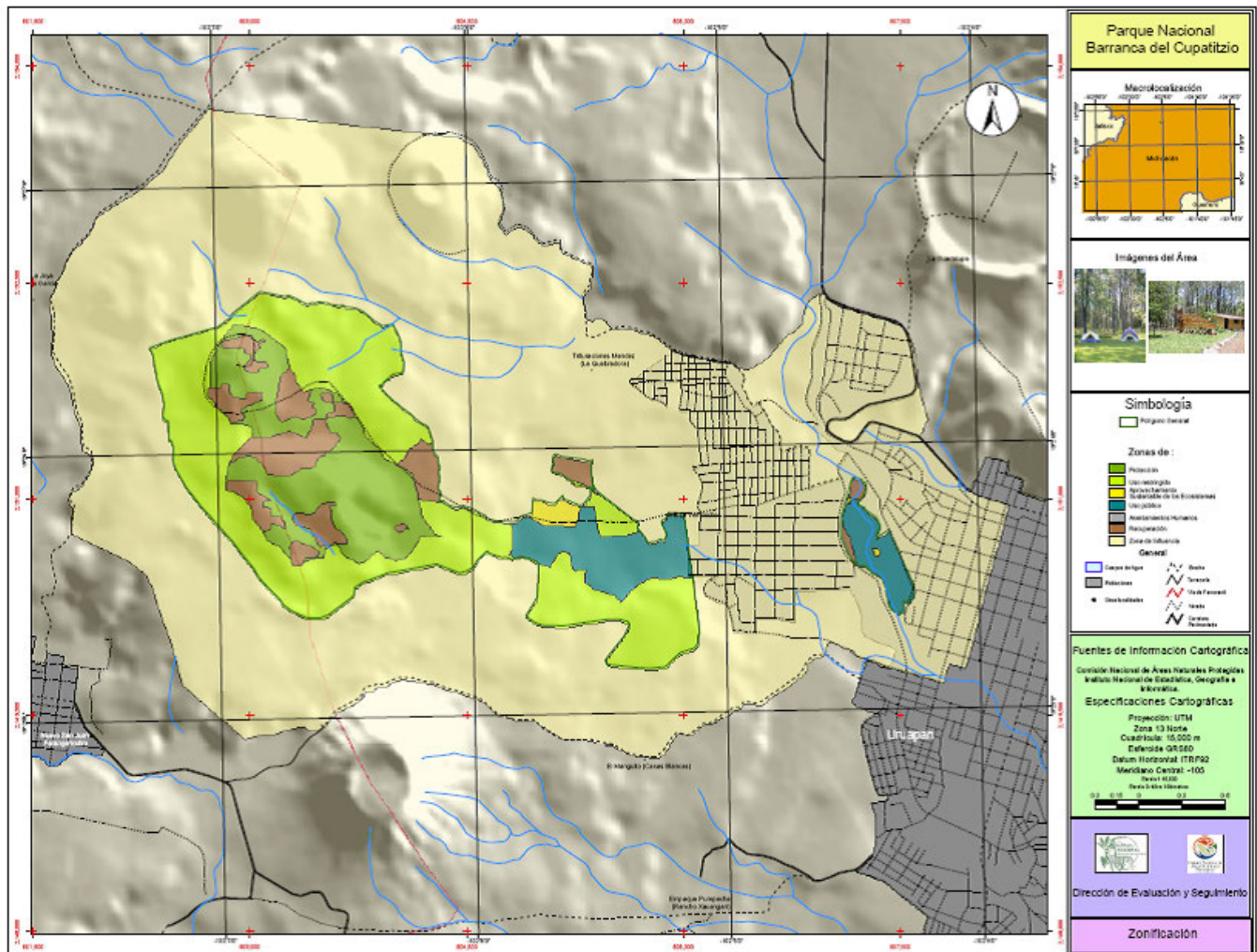


Figura 1. Área de estudio (tomado CONANP, 2010).

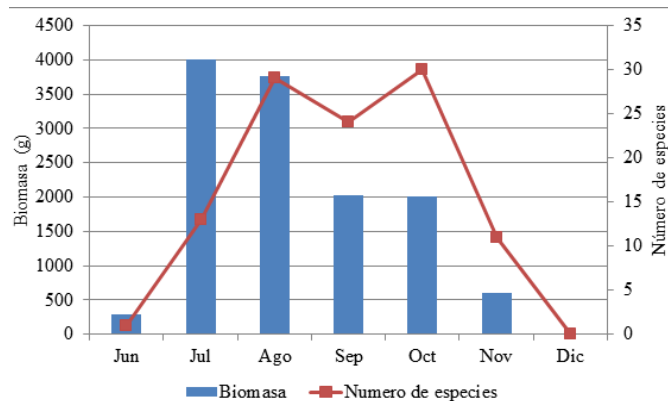


Figura 2. Comparación entre biomasa y riqueza de especies por mes

dasométricos de la vegetación. La muestra de suelo para cada parcela se obtuvo a partir de varias muestras, se recorrió el parcela en zig-zag y en cada vértice se tomó una muestra de suelo de los primeros 30 cm de profundidad, todas las muestras se mezclaron y se obtuvo una muestra alícuota, a la cual se le realizaron las siguientes determinaciones: textura, pH del suelo, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio total. Los datos dasométricos del estrato arbóreo, se obtuvieron en campo por unidad ambiental, registrándose la

altura promedio del estrato arbóreo, densidad del estrato arbóreo, edad del arbolado, diámetro y la cobertura del dosel.

El análisis estadístico del conjunto de variables ecológicas y edáficas se llevó a cabo por medio de un análisis multivariado DECORANA; previo al análisis se eliminaron variables redundantes por medio de un análisis de correlación múltiple, eliminando una de las variables con alto valor de correlación (valores mayores de 0.8). Para continuar con la reducción de variables, se analizaron las variables resultantes por medio de Componentes Principales, eliminando las variables que presentaron valores bajos o que su valor era similar en los tres ejes hasta alcanzar un valor de varianza explicada superior al 80%. Se repitió el procedimiento con las especies y sus valores en biomasa. De esta manera se obtuvo el conjunto de variables y especies que se analizaron en DECORANA con el programa Multi-Variate Statistical Package (MVSP) ver. 3.0.

Resultados

Se registraron 50 especies de hongos ECM para la temporada de lluvias de 2004, correspondientes a seis especies de ascomicetos de tres familias y 44 basidiomicetos de 13 familias. Del total de especies, 23 (46%) son comestibles, 15 (30%) especies son tóxicas y el resto fueron muestras de la cuales no se logró una identificación a nivel de especie y tampoco se determinó su

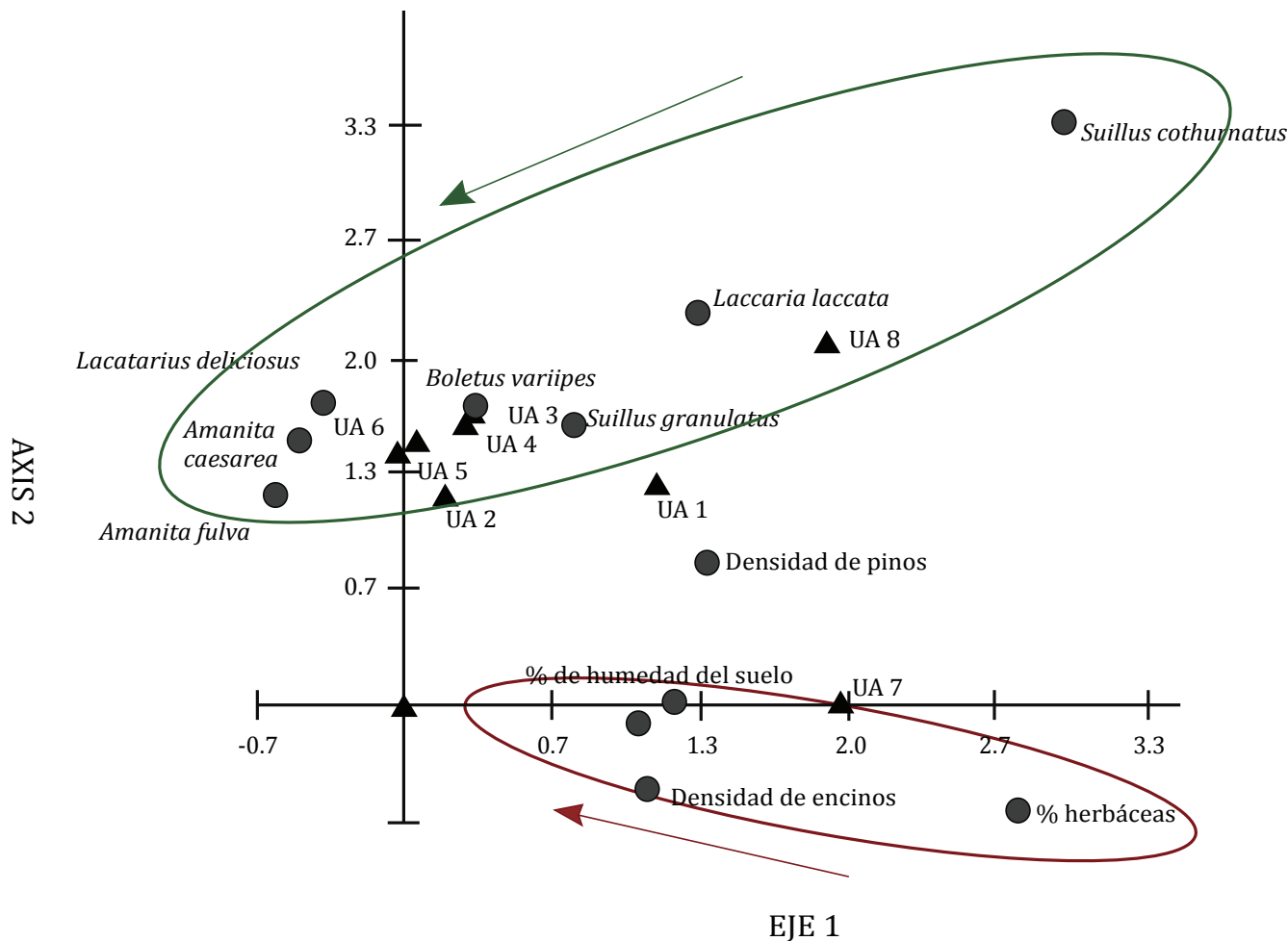


Figura 3. Gráfico del análisis multivariado DECORANA.

Tabla 1. Listado de especies ordenadas respecto a la biomasa. Biomasa por especie expresada en gramos y el porcentaje en relación al total de la producción.

Especie	Uso	Biomasa (g)	Porcentaje por especie
<i>Amanita caesarea</i> (Scope. : Fr.) Pers.	Comestible	2009.1	15.8
<i>Russula foetens</i> Pers. : Fr.	Tóxica	1746	13.7
<i>Russula brevipes</i> Peck.	Comestible	1440	11.3
<i>Amanita virosa</i> (Fr.) Quél.	Tóxica	1083.7	8.5
<i>Laccaria laccata</i> (Scop. : Fr.) Berk. et Broome	Comestible	937.7	7.4
<i>Austroboletus gracilis</i> (Peck) Singer	Comestible	716	5.6
<i>Suillus granulatus</i> (L. : Fr.) Kuntze	Comestible	686.9	5.4
<i>Russula emetica</i> Schaeff. : Fr.	Tóxica	602.1	4.7
<i>Amanita vaginata</i> (Bull. ex Fr.) Vittad.	Comestible	455.9	3.6
<i>Lactarius scrobiculatus</i> Scop.: Fr.) Fr	Tóxica	438	3.4
<i>Suillus cothurnatus</i> Singer	No comestible	352	2.8
<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff.: Schw.) Fr.	Comestible	346.5	2.7
<i>Boletus variipes</i> Bulliard ex Fr.	Comestible	322.5	2.5
<i>Lactarius deliciosus</i> (L. : Fr.) S.F. Gray	Comestible	249	1.9
<i>Suillus tomentosus</i> (Kauffman) Singer	Comestible	212	1.7
<i>Scleroderma geaster</i> Fr.	No comestible	122	0.97
<i>Amanita</i> sp 2	Indeterminado	87	0.7
<i>Amanita fulva</i> (Schaeff.) Pers.	Comestible	68.5	0.54
<i>Laccaria bicolor</i> (Maire) Orton.	Comestible	61	0.48
<i>Helvella crispa</i> Scop. : Fr.	Comestible	53.5	0.43
<i>Laccaria proxima</i> (Boudier) Patouillard	Comestible	45.4	0.4
<i>Inocybe geophylla</i> Schum.	Tóxica	45	0.36
<i>Strobilomyces confusus</i> Singer	Comestible	42	0.33
<i>Chroogomphus rutilus</i> Fr.	Comestible	41	0.32
<i>Inocybe fastigiata</i> (Shaef. : Fr.) Quél.	Tóxica	40	0.31
<i>Helvella lacunosa</i> Fr.	Comestible	39	0.3
<i>Inocybe lilacina</i> Fr.	Tóxica	38.1	0.3
<i>Lactarius olympianus</i> . Smith. & Helseer	Tóxica	37.7	0.297
<i>Suillus brevipes</i> Peck) Kuntze	Comestible	37	0.29
<i>Amanita</i> sp 1	Indeterminado	35	0.28
<i>Cortinarius sanguineus</i> (Fr.) S. F.	Tóxica	33.3	0.27
<i>Dentinum repandum</i> (Fr.) Gray	Comestible	30	0.24
<i>Amanita rubescens</i> Pers. ex Fr.	Comestible	27.2	0.22
<i>Russula olivacea</i> Schaeff. : Schw.) Fr.	Comestible	24	0.19
<i>Scleroderma aerolatum</i> Ehrenb.	No comestible	23.1	0.18
<i>Amanita gemmata</i> (Gilb.) Knret Maubl.	Tóxica	21	0.17
<i>Russula sanguineus</i> Bull.: Saint-Amans) Fr.	Tóxica	21	0.165
<i>Amanita</i> sp 3	Indeterminado	18	0.141
<i>Leotia lubrica</i> Pers.: Fr.	No comestible	14	0.11
<i>Inocybe</i> sp 1	Tóxica	13.3	0.104
<i>Hygrocybe conicus</i> (Scop.: Fr.) Fr.	Tóxica	11.7	0.092
<i>Coltricia perennis</i> (L. : Fr.) Pat.	No comestible	11	0.086
<i>Astreus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan	No comestible	10	0.078
<i>Inocybe calistrata</i> (Fr.) Gill.	Tóxica	9.4	0.074
<i>Helvella pezizoides</i> Afz. ex Fries.	No comestible	8.7	0.068
<i>Lactarius</i> sp.	Indeterminado	8	0.063
<i>Helvella elastica</i> Fr.	Comestible	7	0.055
<i>Laccaria amethystina</i> (Bolt. : Hook.) Murr.	Comestible	5	0.039
<i>Inocybe confusa</i> Karst.	Tóxica	4	0.031
<i>Helvella macropus</i> (Fr.) P. Karst.	No comestible	2	0.015

toxicidad o potencial comestible (Tabla 1).

La producción total registrada de biomasa de los esporomas colectados fue de 12691.3 g, 13 especies contribuyen con el 87.6% de la biomasa y solo cuatro de las 13 especies superaron los 1000 g. La producción en biomasa total mensual registra a julio y agosto con 4013.4 g y 3764.7 g respectivamente, en conjunto representa más del 50% de la biomasa total. Respecto a la riqueza de especies mensual, se reportan 29 y 30 especies para agosto y octubre respectivamente.

Se midieron 33 variables edáficas y dasométricas por sitio, se eliminaron variables redundantes para realizar una mejor interpretación, como resultado, las variables consideradas para el análisis DECORANA fueron: porcentaje de cobertura herbácea, densidad de pinos, densidad de encinos, porcentaje de humedad del suelo y el espesor de la capa de materia orgánica. Las 50 especies de macromicetos se sometieron al mismo tratamiento que las variables ambientales y aquellas que se seleccionaron fueron: *Amanita caesarea*, *Amanita fulva*, *Boletus variipes*,

Variables y especies	sitio 1	sitio 2	sitio 3	sitio 4	sitio 5	sitio 6	sitio 7	sitio 8
Porcentaje de herbáceas	20	10	10	20	10	10	80	90
Densidad de pinos	16	19	20	28	14	13	11	38
Densidad de encinos	8	7	17	17	3	1	15	0
Porcentaje de humedad del suelo	7	5.53	6.19	5.71	6.55	6.05	6.97	6.65
Espesor de materia orgánica (cm)	15	11	13	9	7	6	11	4
<i>Amanita caesarea</i>	0	115	472	666	458.1	298	0	0
<i>Laccaria laccata</i>	10	0	207.7	336.6	22	55.7	10.7	295
<i>Suillus granulatus</i>	92.9	45.7	15.6	156	132.7	106.9	18.2	118.9
<i>Boletus variipes</i>	40	0	135	112	17	0	0	18.5
<i>Suillus cothurnatus</i>	17	0	17	53	0	0	0	265
<i>Amanita fulva</i>	0	15	0	17.5	16	20	0	0
<i>Lactarius deliciosus</i>	0	16	0	148	0	85	0	0

Tabla 2. Valores de las variables ambientales y especies que se analizaron en decorana.

Laccaria laccata, *Lactarius deliciosus*, *Suillus granulatus* y *Suillus cothurnatus* (Tabla 2).

Este conjunto de variables y especies se analizaron con DECORANA en MVSP 3.0 resultando un porcentaje acumulado de varianza explicada del 76 %. La explicación y discusión de los resultados se efectuó en base a los dos primeros ejes, con los cuales se alcanzó el mayor nivel de explicación con 70% (Tabla 3). Se observan los eigenvalores de cada una de las variables y las especies, el eje 1 o eje “x” explica las variables ambientales, con un gradiente en donde el extremo con mayor peso es el porcentaje de herbáceas, encontrándose asociado con la especie *S. cothurnatus* (figura 3), lo que indica que esta especie es favorecida en sitios con altos porcentajes de cobertura herbácea. Esto concuerda con los resultados obtenidos para el sitio 8, que presenta altos porcentajes de cobertura herbácea (90%) y en donde la producción de *S. cothurnatus* fue mayor (265 g). Al continuar con el gradiente, la variable densidad de pinos se encuentra estrechamente relacionada con *L. laccata*, debido a que esta especie se asocia con pinos, en sitios donde la densidad de estos árboles es mayor, por lo que hay mayor producción de *L. laccata* y que se refleja en los sitios 3, 4 y 8 en los cuales hay alta producción de esta especie (207.7, 336.6, 295 g respectivamente) y las densidades de pinos son mayores (20, 28 y 38 individuos por parcela). Por último, el gradiente presenta las variables densidad de encinos, porcentaje de humedad del suelo y el espesor de la materia orgánica, las cuales presentan valores similares y forman un grupo en el extremo contrario del gradiente.

En el eje 2 o eje “y” se localiza a las especies en un gradiente sucesional, debido a que en un extremo se encuentra *S. cothurnatus*, *L. laccata* y *S. granulatus* que son especies que se

caracterizan por estar presentes en sitios donde el arbolado presente menor edad en promedio. En el otro extremo se ubican las especies *A. caesarea*, *A. fulva*, *B. variipes* y *L. deliciosus*, especies características de sitios con arbolado maduro, que coincide con los sitios de mayor edad en donde la producción fue mayor.

Discusión

La contribución en riqueza de especies del presente trabajo, supera al obtenido por Sánchez (1980), quien registró 35 especies de hongos ectomicorrízicos para la Meseta Tarasca, no obstante, en ambos trabajos coinciden las Familias Russulaceae, Amanitaceae y Boletaceae como las mejor representadas en número de especies.

Por otro lado, la riqueza de especies es baja si se compara con otros estudios donde diversos autores refieren rangos que van de las 70 a más de 500 especies (incluyen saprobios, ectomicorrízicos y parásitos) (Villeneuve et al., 1989; Tofts y Orton, 1998; O’Dell et al., 1999; Walting, 1995; Schimit et al., 1999; Straatsma et al., 2001; Straatsma y Krisai-Grillhuber, 2003; Sarrionandia, 2006; Azul et al., 2009; Baptista et al., 2010). Las diferencias entre los distintos trabajos se explican por varios factores, como son las diferencias bióticas y abióticas de los ecosistemas donde se realizó el trabajo (tipo de vegetación, las variables silvícolas, edáficas, variaciones climáticas, de paisaje) y por el diseño y tiempo de ejecución del muestreo. Se ha demostrado que después de 20 años de monitoreo continuo en una misma área de trabajo se siguen adicionando nuevas especies (Walting, 1995; Tofts y Orton, 1998; Straatsma et al., 2001), por lo que a mayor tiempo de evaluación, mayor es la riqueza de especies, especialmente durante los primeros años de muestreo, donde la tasa de nuevas especies es alta.

En la zona no hay trabajos donde resalten la relación entre variables edáficas y dasométricas del bosque con la producción de hongos comestibles. Entre las variables ecológicas que resultaron de mayor peso en este estudio que explica la composición en la riqueza de especies, estuvieron el gradiente de sucesión de sustratos en relación con la edad del arbolado y la composición de la estructura de la vegetación. Estas variables también son explicadas por otros autores, en estudios en los que se documenta

Tabla 3. Eigenvalores de los tres ejes y porcentaje de varianza explicada.

	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Eigenvalores	0.384	0.174	0.045
Porcentaje	48.501	21.91	5.713
Porcentaje acumulado	48.501	70.411	76.124

Tabla 4. Eigenvalores de las variables ambientales y especies.

CA variable scores	Eje 1	Eje 2	Eje 3
% herbáceas	2.786	-0.643	0.659
Densidad de pinos	1.382	0.775	0.33
Densidad de encinos	1.121	-0.528	-0.66
% de humedad del suelo	1.237	-0.009	0.102
Espesor de materia orgánica	1.078	-0.146	-0.545
<i>Amanita caesarea</i>	-0.434	1.487	0.1
<i>Laccaria laccata</i>	1.349	2.228	0.723
<i>Suillus granulatus</i>	0.796	1.573	1.169
<i>Boletus variipes</i>	0.362	1.699	-1.674
<i>Suillus cothurnatus</i>	2.981	3.321	0.873
<i>Amanita fulva</i>	-0.566	1.152	1.483
<i>Lactarius deliciosus</i>	-0.326	1.709	3.189

que el tipo de vegetación y/o especie arbórea dominante influye en la riqueza de especies fúngicas. Así, diversos reportes indican diferencias entre bosques de coníferas y bosques mixtos, siendo más diversos en especies de hongos los segundos (Villeneuve *et al.*, 1989; Bill *et al.*, 1986; Natel y Neuman, 1992; Longe *et al.*, 2004). También existen reportes en los que se documentan como los cambios en la composición de especies arbóreas modifican la riqueza de especies fúngicas, incrementando estas con la edad del arbolado (Kalames y Silver, 1988; Fernández-Toirán *et al.*, 2006). Los cambios en la riqueza obedecen a una serie de factores que van acompañados con la edad del bosque, como la calidad de materia orgánica, otro factor que aparece en el análisis y la complejidad de la estructura del bosque que difiere entre bosques jóvenes y maduros, como los porcentajes de coberturas arbóreas, arbustivas y herbáceas.

Referencias

- Allen M** (1991) *The ecology of micorrhiza*. Cambridge University Press, New York. 181 p
- Arora D** (1986) *Mushrooms Demystified*. Second edition. Ten speed press. Berkeley, California, USA
- Azul AM, Castro P, Sousa JP y Freitas H** (2009) Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi as indicators of land-use severity in managed woodlands dominated by *Quercus suber*-a case study from southern Portugal. *Canadian Journal Forest Research*, 39: 2404-2417
- Baptista P, Martins A, Tavares RM y Lino-Neto T** (2010) Diversity and fruiting pattern of macrofungi associated with chesnut (*Castanea sativa*) in the Trás-os-Montes region (Northeast Portugal). *Fungal Ecology*, 3:9-19
- Bello GMA y Madrigal-Sánchez X** (1996) *Estudio florístico del Campo Experimental "Barranca del Cupatitzio", Uruapan, Michoacán*. INIFAP. Folleto científico No. 2. Uruapan, Mich. México. 47 p.
- Bessette AE, Bessette AR y Fischer DW** (1997) *Mushrooms of northeastern North America*. Ed. Syracuse. 582p
- Bills GF, Holtzman GI, Miller OK** (1986) Comparison of ectomycorrhizal basidiomycete communities in red spruce versus northern hardwood forests of West Virginia. *Canadian Journal of Botany* 64: 760-768
- Cifuentes J, Villegas M y Pérez L** (1986) Hongos. En Lot A y Chiang F (eds.), *Manual de Herbario, Consejo Nacional de la Flora de México, México, D. F.*
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANAP)** (2010) http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/pdf/programas_manejo/Libro_Cupatitzio.pdf. (accesada julio 2010).
- Dahlberg A** (2001) Community ecology of ectomycorrhizal fungi: An advancing interdisciplinary field. *New Phytology*, 115: 487-493
- Dahlberg A, Jonsson L y Nylund J** (1997) Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in south Sweden. *Canadian Journal of Botany*. 75:1323-1335
- Dennis R** (1978) *British Ascomycetes*. J. Cramer. Germany. 585 p
- Fernández-Toirán LM, Ágreda T y Olano JM** (2006) Stand age and sampling year effect on the fungal fruit body community in *Pinus pinaster* forest in central Spain. *Canadian Journal of Botany*, 84:1249-1258
- Fogel R** (1981) Quantification of sporocarp produces by hypogeous fungi. In DT Wicklow y GC Carroll (eds), *The fungal community: its organization and role in ecosystems*, Marcel Decker. New York. 177 p
- Gómez-Reyes VM** (2005) *Diversidad de hongos ectomicorrízicos en unidades ambientales en el Parque Nacional Barranca del Cupatitzio, Uruapan, Mich.* Tesis de Maestría. Facultad de Biología-UMSNH. Morelia. Mic. México. 94 p
- Gómez-Tagle RAF** (1985) *Levantamiento de suelos del Campo Experimental Forestal Barranca del Cupatitzio y sus relaciones con la vegetación de coníferas*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 135 p
- Guidot A, Debaud JC y Marmeisse R** (2002) Spatial distribution of the below-ground mycelia of fan ectomycorrhizal fungus inferred from specific quantification of its DNA in soil samples. *FEMS Microbiology Ecology*, 42:477-486
- Halling RE** (1983) The genus *Collybia* (Agaricales) in the Northeastern United States and adjacent Canada. *Mycologia*, 8: 1-148
- Halling RE** (1996) Recommendations for collecting mushrooms. In MN Alexiades (ed), *Selected guidelines for ethnobotanical research: A field manual*. New York Botanical Garden, New York 135-141 p
- Harrington TJ, Mitchell DT** (2005) Ectomycorrhizas associated with a relict population of *Dryas octopetala* in the Burren, western Ireland. I. Distribution of ectomycorrhizas in relation to vegetation and soil characteristics. *Mycorrhiza*, 15: 425-433
- Hawksworth DL** (1991) The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95(6): 641-655
- Hering TF** (1966) The terricolous higher fungi of four lake district woodlands. *Transactions of the British Mycological Society*. 49: 369-383
- Hesler LR y Smith AH** (1979) *North American species of Lactarius*. The University of Michigan. Press, Michigan. 600 p
- Jansen EA y Denie HW** (1998) Relations between mycorrhizas and fruitbodies of mycorrhizal fungi in Douglas fir plantations in The Netherlands. *Acta Botany Neerlandica*. 37(2): 243-249
- Jenkins DT** (1986) *Amanita of North America*. Mad River Press, Eureka, California. 197 p
- Kalamess K y Silver S** (1989) Fungal productivity of pine heaths in North-West Estonia. *Acta Botanica Fennica*. 136:95-98

- Largent D, Johnson D y Watling R** (1984) *How to identify mushrooms to genus III: microscopic features*. Mad River Press, Eureka, California.
- Llamas B y Terrón AA** (2003) *Atlas fotográfico de los hongos de la Península Ibérica*. Ed. Celarayn. 547p
- Longe J, Ammirati J, O'Dell T, Mueller G, Huhndorf S, Wang Ch, Stokland J, Schmit P, Ryvarden L, Leacock P, Mata M, Umaña L, Wu Q y Czederpiltz DL** (2004) Terrestrial and Lignicolous Macrofungi. In GM Mueller, Bills GF y Foster MS (eds), *Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press. London. pp 127-158
- Márquez VF y Escobar S** (2000) *Áreas Naturales Protegidas de México con decretos federales (1899-2000)*. INE RDS PNUD. México, D. F. 822 p
- Mendoza VJ** (2000) *Estudio de flora y fauna del Campo Experimental "Barranca de Cupatitzio", Municipio de Uruapan, Michoacán, México*. Informe técnico. Uruapan, Mich. México. (Inédito)
- Moreno-Zarate C** (1990) *Los hongos comestibles: un componente de la productividad del bosque en Santa Clara del Monte, México*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos Chapingo. México. 144 p
- Natel P y Neumann P** (1992) Ecology of ectomycorrhizal-basidiomycete communities on a local vegetation gradient. *Ecology*. 73(1): 99-117
- Newton AC y Haigh JM** (1998) Diversity of ectomycorrhizal fungi in Britain: a test of the species-area relationship, and the role of host specificity. *New Phytologist*. 138: 619-627
- O'Dell ET y Ammirati JF** (1994) Diversity of ectomycorrhizal fungi in old growth *Pseudotsuga menziesii*-*Tsuga heterophylla* forest of the Olympic Peninsula, Wa. In Pilz D y Molina R (eds), *Managing forest ecosystems to conserve fungus diversity and sustain wild mushrooms harvests*. Oregon State University, pp. 19-22. U.S. Department of Agriculture Forest Service. Portland, Oregon
- O'Dell ET, Ammirati JF y Schreiner EG** (1999) Species richness and abundance of ectomycorrhizal basidiomycete sporocarps on a moisture gradient in the *Tsuga heterophylla* zone. *Canadian Journal of Botany*. 77: 1699-1711
- Ohenoja E** (1993) Effect of weather conditions on the larger fungi at different forest sites in northern Finland in 1976-1988. *Acta Universitatis Ouluensis*. 243: 1-69
- Ontiveros-Alvarado S, Silva-Saenz P y Zepeda-Castro H** (2000) *Flora vascular del campo experimental "Barranca de Cupatitzio", Municipio de Uruapan, Michoacán, México*. Informe Técnico. Inédito
- Orduña TC, Salas MA y Gaytán P** (1993) *Aves y mamíferos del Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio", Uruapan, Michoacán*. INIFAP. Folleto científico No. 7. Uruapan, Mich. México. 16 p
- Peyronel B, Fassi B, Fontana A y Trappe JM** (1969) Terminology of micorrhizae. *Micologia*. 61:410-411
- Ritzi K y Young IM** (2004) Interactions between soil structure and fungi. *Mycologist*. 18:52-59
- Sánchez RR** (1980) Hongos micorrízico y su relación con los bosques de coníferas de la Meseta Tarasca. *Ciencia Forestal*. 5(23):42-63.
- Sarrionadia AE** (2006) *Estudio de las micocenosis de los macromicetos de los encinares del País Vasco*. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco. 325 p.
- Schmit JP y Longe DJ** (2005) Classical methods and modern analysis for studying fungal diversity. In Dighton J, White JF y Oudemans P (eds.), *The Fungal Community: its organization and role in the ecosystem*, pp. 193-214. 3rd ed. Taylor & Francis. Boca Raton, FL. 936 p
- Schmit JP, Murphy JF y Mueller GM** (1999) Macrofungal diversity of a temperate oak forest: a test of species richness estimators. *Canadian Journal of Botany*. 77:1014-1027
- Singer R, García J y Gómez LD** (1990) *The Boletinae of Mexico and Central America I & II*. Nova Hedwigia J. Cramer. 78 p
- Singer R, García J y Gómez LD** (1991) *The Boletinae of Mexico and Central America III*. Nova Hedwigia J. Cramer. 72 p
- Singer R, García J y Gómez LD** (1992) *The Boletinae of Mexico and Central America IV*. Nova Hedwigia J. Cramer. 46 p
- Smith SE y Read DJ** (1997) *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic press. London, UK. 605 p
- Straatsma G y Krisai-Greilhuber I** (2003) Assemblage structure, species richness, abundance, and distribution of fungal fruit bodies in a seven year plot-based survey near Vienna. *Mycological Research*. 107 (5): 632-640
- Straatsma G, Ayer F y Egli S** (2001) Species richness, abundance and phenology of fungal fruit bodies over 21 years in Swiss forest plot. *Mycological Research*. 105(5): 515-523
- Taylor A** (2002) Fungal diversity in ectomycorrhizal communities: Sampling effort and species detection. *Plant and Soil* 244: 19-28
- Tofts RJ y Orton PD** (1998) The species accumulation curve for agarics and boleti from a Caledonian pinewood. *Mycologist*, 12: 98-102
- Trappe JM** (1977) Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Annual Review of Phytopathology* 15: 203-222
- Trappe JM** (1987) Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In Zafir GR (ed), *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. CRC Press. Boca Raton, Florida, pp 5-25
- Tyler G** (1985) Macrofungal flora of Swedish beech forest related to soil organic matter and acidity characteristics. *Forest Ecology and Management* 10: 13-29
- Tyler G** (1989) Edaphically distribution patterns of macrofungal species in deciduous forest of south Sweden. *Acta Oecologica* 10: 309-326.
- Van der Heijden MGA, Ursic M, Moutoglis P, Streitwolf-Engle R, Boller T, Wiemken A y Sanders IR** (1998) Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. *Ecology*. 79:2082-2091
- Villarreal RL** (1994) *Análisis ecológico-silvícola de la productividad natural de los hongos comestibles silvestres en los bosques del Cofre del Perote, Veracruz*. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Méx. 158 p
- Villaseñor GLE** (2000) *Estudio de flora y fauna del campo experimental barranca de Cupatitzio, Municipio de Uruapan, Michoacán, México*. Informe técnico. (Inédito).
- Villeneuve N, Grandtiner MM y Fortin JF** (1989) Frequency and diversity of ectomycorrhizal and saprophytic macrofungi in the Laurentide Mountains of Quebec. *Canadian Journal of Botany*. 67: 2616-2629
- Walting R** (1995) Assessment of fungal diversity: macromycetes, the problems. *Canadian Journal Botany*. (suppl. 1) 73: S15-S24
- Wästerlund I y Ingelög T** (1981) Fruit body production of larger fungi in some young Swedish forests with special reference to logging waste. *Forest Ecology and Management* 3:269-294
- Zeppa S, Vallorani L, Potenza L, Bernardini F, Pieretti B, Guescini M, Giomaro G y Stocchi V** (2000) Estimation of fungal biomass and transcript levels in *Tilia platyphyllos*-*Tuber borchii* ectomycorrhizae. *FEMS Microbiology Letters*. 188: 119-124