

Composición de gasteromicetos en un gradiente de vegetación de Sonora, México

MARTÍN ESQUEDA-VALLE*
EVANGELINA PÉREZ-SILVA**
TEÓFILO HERRERA**
MARTHA CORONADO-ANDRADE***
ARTURO ESTRADA-TORRES****

Resumen. Con la finalidad de contribuir al conocimiento taxonómico y ecológico de los gasteromicetos que se desarrollan en Sonora, se realizaron 15 muestreos en un período de tres años abarcando las cuatro estaciones en siete tipos de vegetación: matorral subinerme, matorral espinoso, selva baja caducifolia, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino y bosque de encino-enebro-pino. Las 14 localidades bajo estudio se caracterizaron en cuanto a factores bióticos y abióticos con base en cartas topográficas y temáticas y en la toma de datos *in situ*: descripción de la vegetación y análisis físicos y químicos de suelos. Se determinaron 405 especímenes correspondientes a 77 táxones. Los géneros mejor representados fueron: *Tulostoma* (16 spp.), *Geastrum* (13 spp.), *Lycoperdon* (9 spp.) y *Disciseda* (7 spp.). Se definieron dos grupos de gasteromicetos con distribución delimitada a dos grandes regiones ecológicas: áridas y semiáridas, y templadas; el 11.6% de las especies se presentó en ambas. La distribución de *Disciseda* spp. y *Tulostoma* spp. se presenta principalmente en regiones áridas y semiáridas, con el mayor número de táxones fructificando durante el verano en matorral espinoso. Las especies de *Lycoperdon* y *Scleroderma* se encontraron primordialmente en las regiones de bosques templados durante el verano. Las características físicas y químicas de los suelos fueron heterogéneas dependiendo de las localidades. Al parecer, aunque el suelo influye en la distribución de los gasteromicetos, no es un factor determinante.

Palabras clave: gasteromicetos, ecología de macromicetos, diversidad.

* Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Apartado postal 1735, 83000 Hermosillo, Sonora, México.

** Laboratorio de Micología, Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM. Apartado postal 70-233, Del. Coyoacán 04510 México, D.F.

*** Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora. Apartado postal 11, Admón. 11, 83000 Hermosillo, Sonora, México.

**** Laboratorio de Micología, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Apartado postal 183, 90000 Tlaxcala, Tlax., México.

Abstract. With the purpose of enhancing the taxonomic and ecological knowledge of the Gasteromycetes from Sonora, fifteen samplings were conducted during three years across the four seasons on seven different types of vegetation: Sonoran desert, tropical thorn forest, tropical deciduous forest, oak woodland, oak-pine woodland, pine forest and oak-juniper-pine forest. Fourteen localities were characterized according to biotic and abiotic factors, from climatic, geologic and hydrologic charts, as well as data obtained *in situ* from vegetation description and soil analyses. Four hundred and five specimens comprising 77 species were studied. Species of the genera *Tulostoma* (16 spp.), *Geastrum* (13 spp.), *Lycoperdon* (9 spp.), and *Disciseda* (7 spp.) were the most frequently found in the collected samples. Two groups of Gasteromycetes were defined with a delimited distribution to two major ecological regions: arid and semiarid, and temperate; 11.6% of the species were found in both. *Disciseda* spp. and *Tulostoma* spp. had a restricted distribution across arid and semiarid regions, growing mainly during the summer in the tropical thorn forest. Species of *Lycoperdon* and *Scleroderma* were predominantly found in woodlands. Soil factors were heterogeneous in all localities. It seems that the distribution of the Gasteromycetes is influenced by the edaphic component, but not determined by it.

Key words: puffballs, macromycete ecology, diversity.

Introducción

Los gasteromicetos se encuentran bien representados en las extensas regiones áridas y semiáridas de Sonora, México. De las aproximadamente 200 especies de gasteromicetos citadas para México (Guzmán y Herrera, 1973; Chio *et al.*, 1990), se conocen 83 de Sonora, siendo Lycoperdaceae la familia que presenta un mayor número de táxones, con 35 (Esqueda-Valle *et al.*, 1996, 1998a, b). De éstos, *Bovista coprophila* (Cke. et Masee) Cunn., *Handkea excipuliformis* (Scop. et Pers.) Kreisel, *H. utriformis* (Bull. et Pers.) Kreisel, *Disciseda cervina* (Berk.) Hollós y *D. verrucosa* Cunn., se conocen en el país únicamente de Sonora (Esqueda-Valle *et al.*, 1990, 1995a; Pérez-Silva *et al.*, 1994); de hecho, en este estado se ha citado el mayor número de especies de *Disciseda* en México. Asimismo, dentro de esta familia se encuentra el único gasteromiceto con utilización medicinal en Sonora: *Calvatia bicolor* (Lév.) Kreisel (J. García, com. pers.).

Con relación a Tulostomataceae, la segunda familia mejor conocida, con 13 táxones, *Tulostoma portoricense* Wright, *T. striatum* Cunn. y *T. xerophilum* Long son poco conocidos en el mundo (Wright, 1987; Esqueda-Valle *et al.*, 1995b, 1998a). Contrariamente, también existen varias especies de gasteromicetos ampliamente distribuidos tanto en Sonora como en México, v.g., *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morg., *Cyathus stercoreus* (Schw.) de Toni, *Geastrum saccatum* Fr. y *Podaxis pistillaris* Fr. De los táxones citados para Sonora, 41% se presenta en matorrales xerófilos; 34% en bosque de coníferas y encinos; 18% en pastizales y selva baja caducifolia, y en

- ESQUEDA-VALLE, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA Y R.E. VILLEGAS. 1996. Los Gasteromycetes citados de Sonora. *Vinculación (Nueva época)* 1(2): 3-16.
- ESQUEDA-VALLE, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA, A. ALTÉS Y G. MORENO. 1998a. *Tulostoma portoricense* (Tulostomatales, Gasteromycetes) from Mexico. *Mycotaxon* 68: 499-503.
- ESQUEDA-VALLE, M., E. PÉREZ-SILVA, T. HERRERA Y G. MORENO. 1998b. Adiciones al conocimiento de los gasteromicetos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 14: 41-52.
- FORTEY, R.A. 1998. *Battarraea* in Oxfordshire. *Mycologist* 12: 159-160.
- GUZMÁN, G. 1970. Monografía del género *Scleroderma* Pers. emend. Fr. *Darwiniana* 16: 233-407.
- GUZMÁN, G. Y T. HERRERA. 1973. Especies de macromicetos citados de México, IV. Gasteromicetos. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 7: 105-119.
- HUERTA-ROSAS, R. 1985. *Propiedades físicas y químicas de suelos (manual de laboratorio)*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.
- INEGI. 1982. *Carta geológica*, Sierra Libre H12-11. 1: 250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- INEGI. 1987. *Carta topográfica*, Sierra H12-11. 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- INEGI. 1989a. *Guías para la interpretación de cartografía. Edafología*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- INEGI. 1989b. *Guías para la interpretación de cartografía. Hidrología*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- INEGI. 1990. *Guías para la interpretación de cartografía. Climatología*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- INGOLD, C.T. 1973. *The biology of fungi*. 3rd. Hutchinson & Co., London.
- KOST, G. 1992. Macrofungi on soil in coniferous forests. In: W. Winterhoff (ed.) *Fungi in vegetation Science*. Kluwer, Dordrecht, pp. 79-111.
- KREISEL, H. 1967. *Taxonomisch-Pflanzengeographische Monographie der Gattung Bovista*. Cramer, Stuttgart.
- KREISEL, H. 1991. Neoteny in the Phylogeny of Eumycota. In: D.L. Hawksworth (ed.) *Frontiers in mycology*. CAB International, Wallingford (UK), pp. 69-83.
- MILLER, O.K. JR. Y H.H. MILLER. 1988. *Gasteromycetes. Morphological and development features with keys to the orders, families, and genera*. Mad River, Eureka, California.
- MILLER, S.L. 1995. Functional diversity in fungi. *Canadian Journal of Botany (Suppl. 1)*: 550-557.
- MÜLLER-DOMBOIS, D. Y H. ELLENBERG. 1974. *Aims of the methods for the vegetation ecology*. Wiley, New York.
- PEGLER, D.N., T. LAESSOE Y B.M. SPOONER. 1995. *British puffballs, earthstars and stinkhorns*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- PÉREZ-SILVA, E., M. ESQUEDA-VALLE Y T. HERRERA. 1994. Contribución al conocimiento de los Gasteromicetos de Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 10: 77-101.
- RICHARDS, L.A. 1982. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Limusa, México, D.F.
- RIMÓCZI, I. 1995. Coenological and ecological characterization of some Hungarian fungal species from the class Gasteromycetes. *Documents Mycologiques* 98-100: 401-408.
- ROHLF, F.J. 1993. *NTSYS-pc Numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Applied Biostatistics, New York.

vegetación riparia y zonas urbanas, 4 y 3% respectivamente (Esqueda-Valle *et al.*, 1996).

Con la finalidad de contribuir al conocimiento taxonómico y ecológico de los gasteromicetos de Sonora, se realizaron muestreos durante las cuatro estaciones del año en siete tipos de vegetación de 14 localidades caracterizadas en cuanto a sus factores bióticos y abióticos.

Materiales y métodos

El presente trabajo se llevó a cabo de septiembre/1995 - agosto/1998, realizándose 15 muestreos que abarcaron las diferentes estaciones del año. Se estudiaron dos localidades por cada uno de los siete tipos de vegetación: matorral subinerme (28°49'00"N, 110°42'34"O; 28°49'00"N, 110°37'47"O), matorral espinoso (28°37'11"N, 110°07'09"O; 28°33'45"N, 109°35'58"O), selva baja caducifolia (28°34'34"N, 109°46'42"O; 28°34'33"N, 109°40'55"O), bosque de encino (28°23'41"N, 109°05'26"O; 28°22'19"N, 109°04'00"O), bosque de encino-pino (28°28'29"N, 109°29'05"O; 28°27'45"N, 109°18'41"O), bosque de pino (28°20'47"N, 108°55'45"O; 28°20'12"N, 108°55'50"O) y bosque de encino-enebro-pino (28°24'15"N, 108°55'19"O; 28°24'58"N, 108°55'48"O) (SPP, 1981g, h). Para la geo-referenciación se empleó un posicionador Magellan GPS ProMark X (Magellan System Corp., San Dimas, CA).

Las localidades estudiadas se seleccionaron con base en cartas de uso del suelo y vegetación (SPP, 1981g, h) y Búrquez *et al.* (1992). Se eligió un área de 1 km² centrado en un punto, donde se tomó la coordenada geográfica, y se revisaron como mínimo cinco parcelas de 15 x 30 m en forma lineal. Müller-Dombois y Ellenberg (1974) consideran representativo muestrear de 10-15% del área seleccionada. La obtención de los ejemplares se restringió a los gasteromicetos epigeos; las labores curatoriales se realizaron de acuerdo con las técnicas tradicionales en micología (Kreisel, 1967; Wright, 1987). En el campo, los especímenes se caracterizaron en cuanto a tamaño, color, hábitat y hábito. En el laboratorio, se hicieron preparaciones de los diversos hongos y se montaron en KOH 5%, solución de Melzer, azul de algodón en lactofenol y/o rojo neutro 1% en solución acuosa, para el análisis de las reacciones químicas y descripciones a nivel microscópico de las especies. Asimismo, se analizaron las estructuras de la gleba bajo un microscopio electrónico de barrido modelo Jeol, JSM-5200. Las muestras se trataron en un equipo Polaron E-2000 durante 60 seg a 1.2 Kv y 20 mA bajo una atmósfera de argón para obtener una cubierta de oro de 500 Å.

Una vez caracterizado el material recolectado, tanto macro como microscópicamente, se procedió a su identificación con base en las obras de Coker y Couch (1928), Cunningham (1942), Kreisel (1967), Guzmán (1970), Wright (1987), Sunhede (1989) y Pegler *et al.* (1995). El material determinado se presenta según el sistema de clasificación de Ainsworth *et al.* (1973). Los especímenes se encuentran

Cuadro 1. Distribución en los diferentes tipos de vegetación de los gasteromicetos determinados

	MS	ME	SBC	BEPSE	BE	BQJP	BP
ORDEN PHALLALES							
Familia Clathraceae							
<i>Clathrus coluematius</i> Bosc						•	
ORDEN LYCOPERDALES							
Familia Arachniaceae							
<i>Arachnion album</i> Schw.	•						
<i>Araneosa columellata</i> Long	•						
Familia Geastraceae							
<i>Geastrum corollinum</i> (Batsch) Hollós		•	•				
<i>G. fimbriatum</i> Fr.		•	•				
<i>G. floriforme</i> Vitt.		•	•	•			
<i>G. lageniforme</i> Vitt.				•			•
<i>G. minimum</i> Schw.		•	•				
<i>G. pectinatum</i> Pers.				•			
<i>G. pouzarü</i> Stanek		•	•				
<i>G. pseudolimbatum</i> Hollós		•				•	
<i>G. saccatum</i> Fr.		•	•	•	•	•	•
<i>G. schweinitzii</i> (Berk. et Curt.) Zeller					•		
<i>G. striatum</i> De Candolle		•	•				
<i>G. triplex</i> (Jungth.) Fischer					•	•	
<i>G. xerophilum</i> (Long) Ponce		•					
<i>Radiogera fuscogleba</i> Zeller					•		
Familia Lycoperdaceae							
<i>Abstoma</i> sp.	•	•	•				
<i>Bovista acuminata</i> (Bosc) Kreisel	•	•	•			•	
<i>B. aestivalis</i> (Bon.) Demoulin	•						•
<i>B. gunnü</i> (Berk.) Kreisel					•		
<i>B. longispora</i> Kreisel				•	•		
<i>Calvatia</i> sp.	•						
<i>C. craniformis</i> (Schw.) Fr.					•		
<i>C. cyathiformis</i> (Bosc) Morg.		•				•	
<i>C. fragilis</i> (Vitt.) Morg.	•	•	•				
<i>C. bicolor</i> (Lév.) Kreisel		•	•	•			
<i>Disciseda bovista</i> (Klotzsch) Henn.	•	•	•				
<i>D. calva</i> (Moravec) Moravec	•	•	•				
<i>D. ceruina</i> (Berk.) Hollós	•	•	•				
<i>Disciseda</i> sp. 1		•	•				
<i>Disciseda</i> sp. 2		•					
<i>D. pedicellata</i> (Morg.) Hollós		•	•				
<i>D. verrucosa</i> Cunn.		•	•				
<i>Lycoperdon ericaeum</i> Bon.					•		•
<i>L. fuscum</i> Bon.					•		•
<i>L. lividum</i> Pers.				•		•	•

MS: matorral subinerme; ME: matorral espinoso; SBC: selva baja caducifolia; BEPSE: bosque de encino-pino en suelos epitermales; BE: bosque de encino; BQJP: bosque de *Quercus*, *Juniperus*, *Pinus*; BP: bosque de pino.

Cuadro I (continuación)

	MS	ME	SBC	BEPSE	BE	BQJP	BP
Familia Lycoperdaceae (continúa)							
<i>Lycoperdon marginatum</i> Vitt.					•		•
<i>L. molle</i> Pers.:Pers.					•		•
<i>L. peckii</i> Morg.		•				•	•
<i>L. perlatum</i> Pers.					•	•	•
<i>L. pyriforme</i> Pers.			•		•	•	•
<i>L. rimulatum</i> Peck et Trelease					•	•	•
<i>Mycenastrum corium</i> (Guers.) Desv.						•	
<i>Vascellum pratense</i> (Pers.:Pers.) Kreisel			•		•		•
ORDEN NIDULARIALES							
Familia Nidulariaceae							
<i>Cyathus stercoreus</i> (Schw.) de Toni		•	•	•	•	•	•
ORDEN PODAXALES							
Familia Galeropsidaceae							
<i>Galeropsis</i> sp.		•					
Familia Podaxaceae							
<i>Endoptychum arizonicum</i> (Shear et Griffiths) Smith et Singer	•	•					
<i>Longia texensis</i> (Berk. et Curt.) S��ller	•	•					
<i>Montagnea arenaria</i> (DC.) S��ller	•	•					
<i>Podaxis pistillaris</i> Fr. emend. Morse	•	•					
ORDEN SCLERODERMATALES							
Familia Astraeaceae							
<i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morg.				•	•	•	•
Familia Sclerodermataceae							
<i>Pisolithus arrhizus</i> (Pers.) Rausch.				•	•		
<i>Scleroderma albidum</i> Pat. et Trab. emend. Guzmán				•	•	•	
<i>Scleroderma areolatum</i> Ehrenb.					•	•	•
<i>S. laeve</i> Lloyd emend. Guzmán				•	•	•	•
<i>S. reae</i> Guzmán				•	•	•	
<i>S. verrucosum</i> Pers.					•	•	•
ORDEN TULOSTOMATALES							
Familia Tulostomataceae							
<i>Battarreoides diguetii</i> (Pat. et Har.) Heim et Herrera	•						
<i>Phellorinia inquinans</i> Berk.		•					
<i>Schizostoma laceratum</i> (Ehrenb.) L��v.	•	•					
<i>Tulostoma albicans</i> White	•	•	•				
<i>T. annicola</i> Long et Ahmad	•	•					
<i>T. beccarianum</i> Bresad.	•	•					
<i>T. chudaei</i> Pat.	•	•	•				
<i>T. exitum</i> Long et Ahmad		•					
<i>T. fimbriatum</i> Fr.	•	•			•	•	
<i>T. involucreatum</i> Long	•	•					
<i>T. macrosporum</i> Cunn.	•	•					
<i>T. melanocyclum</i> Bres.						•	
<i>T. nanum</i> (Pat.) Wright	•	•	•				
<i>T. operculatum</i> Long et Ahmad	•	•					

(fin de cuadro 1)

	MS	ME	SBC	BEPSE	BE	BQJP	BP
Familia Tulastomataceae (continúa)							
<i>T. pulchellum</i> Sacc.	•	•					
<i>T. puncticulosum</i> Long et Ahmad	•	•	•				
<i>T. pygmaeum</i> Lloyd	•	•	•				
<i>T. subfuscum</i> White		•					
<i>T. xerophilum</i> Long	•	•	•				

depositados en la colección de macromicetos de la Unidad Académica Hermosillo del Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES), con algunos duplicados en el Herbario Nacional (MEXU). Para comparar las 14 localidades y los siete tipos de vegetación en cuanto a la composición de gasteromicetos, se hizo una matriz de similitud empleando el Índice de Similitud Tripartita (IST), seleccionado con base en los argumentos de Tulloss (1997) y su mayor potencia comparado con otros índices y coeficientes de similitud. El agrupamiento de los datos fue UPGMA. El dendrograma y el análisis de coordenadas principales se realizaron a través del programa NTSYS-pc (Rohlf, 1993).

Los sitios de muestreo se caracterizaron en cuanto a factores bióticos y abióticos con base en cartas topográficas y temáticas (SPP, 1981a-h, 1983; INEGI, 1982, 1987; COTECOCA, 1986), así como por la toma de datos *in situ*: análisis de vegetación y físicos y químicos de suelos. Para la descripción de la estructura de la vegetación se consideraron tres estratos: *superior*, *arbustivo* y *herbáceo*, determinando densidad, densidad relativa, cobertura y cobertura relativa, con base en Bonham (1989).

Para los análisis físicos y químicos del suelo, se estudiaron dos muestras de aproximadamente 4 kg, las cuales provenían de 10 submuestras tomadas al azar a una profundidad de 0-30 cm en cada una de las localidades. Estos dos muestreos se hicieron con diferencia de un año para corroborar los datos obtenidos. Las determinaciones se hicieron por triplicado. Las pruebas que se realizaron son: a) textura, por el método de Bouyoucos; b) pedregosidad, por el método volumétrico; c) pH, por el método electrométrico usando una relación de suelo y agua destilada de 1:1; d) materia orgánica total, por combustión seca; e) salinidad, a través del puente de conductividad eléctrica de Wheatstone; f) nitratos, por el método del ácido fenoldisulfónico; g) fosfatos, por el método Bray P-1, y h) capacidad de intercambio catiónico total, por el método del versenato (Chapman y Pratt, 1981; Richards, 1982; Huerta-Rosas, 1985). Con la finalidad de construir una matriz de correlación y conocer los componentes principales, los valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos de suelos se promediaron por localidad y tipo de vegetación y se sometieron al programa NTSYS-pc (Rohlf, 1993). El agrupamiento de los datos fue UPGMA.

Resultados y discusión

Variación estacional del número de especies en el gradiente de vegetación. Las localidades con matorral subinerme presentan un clima seco con condiciones extremas; suelos pobres en nutrimentos, poco profundos, con textura arenosa, por lo cual retienen poco la humedad; asimismo, la topografía rica en planicies no favorece la diversidad de microhábitats. Sin embargo, existen especies vegetales con raíces ramificadas, v.g., *Acacia* spp., *Cercidium* spp. y *Olneya tesota*, las cuales crean microambientes a los que se asocian diversos gasteromicetos, v.g., *Endoptychum arizonicum* (Shear et Griffiths) Smith et Singer, *Montagnea arenaria* (DC.) Zeller, *Tulostoma* spp. y *Schizostoma laceratum* (Ehrenb.) Lév. El número de táxones determinados para estas áreas fue uno de los más altos, correspondiendo la mayoría al género *Tulostoma*, cuyas especies están bien adaptadas a las condiciones desérticas (Wright, 1987; Miller y Miller, 1988). Las lluvias se presentan prácticamente sólo durante el verano, período en el cual se encontró la mayor diversidad de gasteromicetos (Fig. 1).

En el cuadro 1 se presenta la lista de especies determinadas y su distribución en los diferentes tipos de vegetación.

Comparado con los demás tipos de vegetación, en el matorral espinoso se presentó la mayor diversidad de especies durante la primavera, verano e invierno. Casi todos los táxones determinados de Podaxaceae y Tulostomataceae se encontraron tanto en el matorral subinerme como en el espinoso. Sin embargo, en este último también es importante la presencia de varias especies de *Calvatia*, *Disciseda* y *Geastrum*. Esta diversidad, aun con el clima seco predominante, podría deberse a que 88.6% de la cobertura vegetal corresponde a *Olneya tesota*, planta nodriza que en conjunto con especies de *Cercidium*, *Croton* y *Lysiloma* atenúan significativamente las condiciones climáticas extremas, las cuales están también disminuidas al no existir un período limitado de lluvias. Asimismo, las características físicas y químicas de los suelos son buenas; éstos se encuentran comprendidos en la cuenca del río Yaqui y se formaron por arrastre (INEGI, 1989a,b).

Aunque la temperatura y humedad son más favorables para el desarrollo de hongos en las localidades con selva baja caducifolia, el número de especies fue reducido, principalmente durante el verano (Fig. 1). Esta baja riqueza podría deberse a que son áreas con pendientes que van de 25 a más del 65%, siendo importante el arrastre de suelos durante la época de lluvias; aunado a lo anterior, los suelos son someros, la pedregosidad es elevada, el drenaje interno es rápido y las lluvias son marcadamente estacionales (INEGI, 1989a, b, 1990).

En el gradiente de vegetación estudiado, la menor diversidad de gasteromicetos se presentó en bosque de encino-pino en suelos epitermales durante tres estaciones del año (Fig. 1). Esta comunidad vegetal se desarrolla a manera de islas dentro de la selva baja caducifolia sobre suelos alterados hidrotérmicamente. Se presentan diversas especies de encino y pino a una altitud significativamente por debajo de su intervalo normal, v.g., *Pinus durangensis* Martínez crece 1000 m abajo de su límite inferior esperado (Búrquez *et al.*, 1992). Lo anterior demuestra

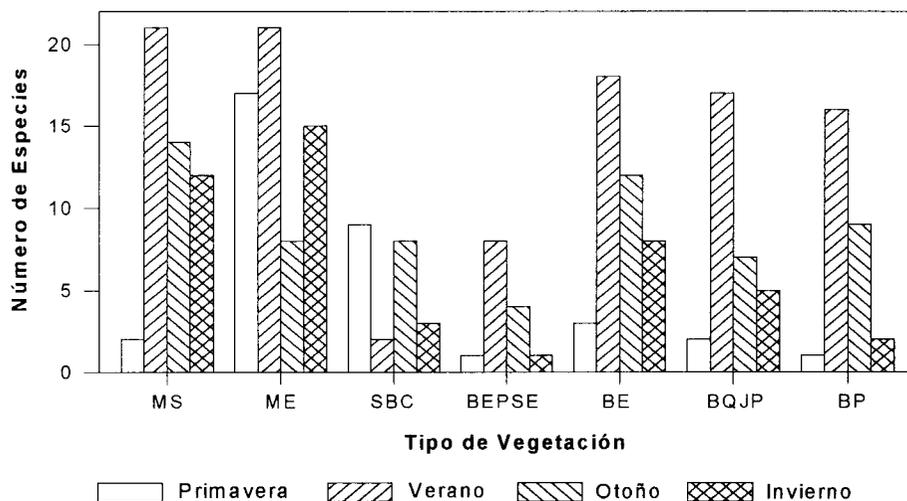


Fig. 1. Variación en el número de especies durante las estaciones del año a lo largo del gradiente de vegetación. MS= matorral subinerme; ME= matorral espinoso; SBC= selva baja caducifolia; BEPSE= bosque de encino-pino en suelos epitermales; BE= bosque de encino; BQJP= bosque de *Quercus-Juniperus-Pinus*; BP= bosque de pino

que, en este ecotono, donde la barrera abiótica está representada por el origen del suelo, existen condiciones ambientales específicas que limitan el establecimiento de las diversas especies. Aunado a lo anterior, la presencia restringida de los gasteromicetos podría deberse a que existe un alto nivel de pedregosidad hasta de 65%; la topografía es compleja, con pendientes hasta de 55%, lo cual favorece la erosión hídrica en forma laminar y en surcos.

La variación en el número de táxones de las regiones de bosque con encino, pino y encino-enebro-pino presentó un comportamiento similar durante las cuatro estaciones del año; lo anterior se delimitó básicamente por la fenología de las especies de *Lycoperdon* y *Scleroderma*. El número total de gasteromicetos disminuyó progresivamente durante verano, otoño, invierno y primavera (Fig. 1). Este comportamiento podría deberse a que las lluvias se presentan esencialmente durante el verano y a la capa de hojarasca producida de manera importante por enebro, pino y encino, lo cual permitiría la conservación de la humedad del suelo durante un mayor tiempo.

En general, estas regiones de bosque presentan suelos someros a medios, una pedregosidad de 10 a 53% y una topografía compleja con pendientes que varían de 15 a 65%. Todo lo anterior favorece la erosión hídrica en forma laminar y en surcos. En contraste, las especies de *Lycoperdales* y *Sclerodermatales* se ven favorecidas por el clima templado subhúmedo, las características físicas y químicas del suelo y la cobertura vegetal dominada por pino y encino, hospederos de especies micorrizógenas como *Scleroderma* spp.

En las regiones templadas del mundo, numerosas investigaciones sobre macromicetos demuestran que a menudo existen cambios drásticos en la aparición de los cuerpos fructíferos desde el otoño hasta la primavera y que, para propósitos comparativos, carece de sentido la diversidad estimada a través de las diferentes estaciones del año. Asimismo, como la composición de especies puede variar de un año a otro se requieren estudios de cinco años cuando menos para tener una buena estimación (Miller, 1995).

Análisis físicos y químicos de suelos. El porcentaje de saturación fluctuó desde 22.1% para las regiones áridas hasta 49.0% para las de bosque templado (Cuadro 2). Esta variabilidad refleja la diferencia que existe entre las localidades en cuanto a textura, materia orgánica y pedregosidad, entre otros, los cuales son factores que influyen en la cantidad de agua necesaria para saturar el suelo. El pH varió de ligeramente alcalino a ácido. El valor más alto (7.6) se presentó en matorral espinoso y el más bajo (4.5) en bosque de encino-pino con suelos epitermales. La presencia de gasteromicetos en estos intervalos de pH ya se ha registrado anteriormente. Así, Rimóczi (1995) encontró valores de pH de 3.7 a 8.2, al estudiar 143 hábitats de 38 especies provenientes de Hungría. Las especies de *Scleroderma* y *Tulostoma* también habitan suelos con variaciones amplias en el pH (Guzmán, 1970; Wright, 1987).

En cuanto a la conductividad eléctrica, todas las muestras presentaron valores iguales o inferiores a 0.68 mmhos/cm. Para considerar un suelo con problemas de salinidad debe presentar valores mayores a 4 mmhos/cm, por lo cual se establece que en ninguna de las localidades existe exceso de sales solubles. Los valores de Ca + Mg Meq/lt, Na Meq/lt y relación de absorción de sodio (R.A.S.), son necesarios para establecer el valor de porcentaje de sodio intercambiable (P.S.I.), el cual resultó igual o menor a 0.53 en todos los casos. No existe problema en cuanto a la concentración de sodio, la cual debe ser mayor a 15% para que exista una acumulación nociva de este elemento. Asimismo, en ninguna de las muestras analizadas se observó una concentración crítica de CaCO_3 que pudiera inhibir la absorción de fosfatos o nutrimentos como hierro, zinc y manganeso, entre otros.

La capacidad de intercambio catiónico varió de 13.04 en matorral subinermite hasta 21.27 meq/100g en bosque de encino-enebro-pino. Este valor tiende a ser bajo en las regiones áridas y semiáridas y medio a alto en suelos de áreas templadas. La variación en el contenido de nitrógeno nítrico fue de 0.25 a 10.04 mg/kg. En las regiones de bosque la concentración fue de un nivel bajo a medio, mientras que en las localidades de selva baja fue alta. En matorral subinermite se encontró un nivel medio. Rimóczi (1995) encontró un margen más amplio en el contenido de NO_3^- de 1.0 a 200 mg/kg, lo cual puede deberse al gran número de muestras analizadas con énfasis en áreas específicas.

El contenido de fosfatos varió de bajo a alto. La menor concentración se encontró en bosques de encino-pino con suelos epitermales con 4.23 mg/kg (Cuadro 2). En la mayoría de las muestras el contenido fue de medio a medio alto: 4.81-20.10 mg/kg. La mayor concentración se observó en bosque de encino-enebro-pino con

Cuadro 2. Análisis físico y químico de suelos

Tipo de vegetación	% de saturación*	pH	C.E. mmhos/cm	Ca+Mg Meq/L	Na Meq/L	R.A.S	P.S.I.	C.I.C. meq/100 g
Matorral subinerme	22.1 ± 2.5	7.5 ± 0.2	0.65 ± 0.14	3.42 ± 0.1	2.85 ± 0.8	1.76 ± 0.24	0.35 ± 0.05	13.04 ± 4.51
Matorral espinoso	33.3 ± 8.9	7.6 ± 0.2	0.51 ± 0.13	4.37 ± 1.5	1.16 ± 0.3	0.74 ± 0.27	0.12 ± 0.10	13.72 ± 3.74
Selva baja caducifolia	38.0 ± 8.5	6.5 ± 1.2	0.67 ± 0.33	5.45 ± 3.5	1.55 ± 0.5	1.10 ± 0.44	0.53 ± 0.31	18.66 ± 2.91
Bosque de encino-pino en suelos epitermales	38.5 ± 3.5	4.5 ± 0.1	0.40 ± 0.09	2.50 ± 0.4	2.00 ± 0.4	1.78 ± 0.37	0.40 ± 0.05	12.11 ± 3.09
Bosque de encino	38.5 ± 5.5	5.7 ± 0.5	0.37 ± 0.18	2.00 ± 0.5	0.50 ± 0.4	0.35 ± 0.35	0.07 ± 0.07	15.61 ± 0.56
Bosque de <i>Quercus</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Pinus</i>	49.0 ± 5.9	5.9 ± 0.2	0.68 ± 0.10	6.00 ± 1.0	1.10 ± 0.1	0.65 ± 0.16	0.14 ± 0.03	21.27 ± 13.56
Bosque de pino	43.6 ± 3.0	5.5 ± 0.3	0.47 ± 0.10	3.50 ± 0	1.70 ± 0.4	1.27 ± 0.19	0.27 ± 0.04	17.74 ± 6.24

Tipo de vegetación	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación Textural	% Pedregosidad	NO ₃ ⁻ mg/kg	PO ₄ ⁼ mg/kg	% Materia Orgánica Total
Matorral subinerme	70.34 ± 11.62	17.00 ± 5.66	12.66 ± 5.97	Am, Ma	12.0 ± 2.0	1.49 ± 1.53	9.00 ± 2.57	2.5 ± 0.5
Matorral espinoso	76.16 ± 9.96	17.84 ± 8.71	6.00 ± 1.24	Am, Ma	31.6 ± 6.6	6.09 ± 2.91	5.81 ± 2.68	4.0 ± 2.0
Selva baja caducifolia	80.94 ± 5.40	9.18 ± 1.67	9.88 ± 3.73	Am, Ma	56.6 ± 4.5	10.04 ± 7.83	20.10 ± 6.35	6.0 ± 3.0
Bosque de encino-pino en suelos epitermales	61.25 ± 5.84	21.18 ± 1.66	17.57 ± 4.17	Ma, Mra	53.5 ± 3.5	1.75 ± 0.66	4.23 ± 0.66	5.9 ± 1.7
Bosque de encino	79.05 ± 7.55	13.05 ± 6.42	7.89 ± 2.03	Ma	38.5 ± 14.8	1.92 ± 1.38	11.54 ± 1.39	4.5 ± 1.3
Bosque de <i>Quercus</i> , <i>Juniperus</i> , <i>Pinus</i>	72.80 ± 11.15	15.18 ± 6.03	12.02 ± 6.41	Ma	15.0 ± 5.0	1.37 ± 0.43	32.67 ± 5.62	8.4 ± 0.5
Bosque de pino	65.80 ± 12.25	19.84 ± 8.61	14.36 ± 4.87	Ma, Mra	37.0 ± 11.3	0.25 ± 0.25	4.81 ± 2.53	6.7 ± 0.4

* Los valores de todos los factores determinados son X ± DE.

Textura: Am: Arena migajonosa; Ma: Migajón arenoso; Mra: Migajón arcillo arenoso.

32.67 mg/kg. Al estudiar el contenido de P_2O_5 , Rimóczi (1995) encontró una variación de 10-3600 mg/kg en los suelos donde se desarrollan diversas especies de gasteromicetos en Hungría. Cabe mencionar que el P_2O_5 es una fuente de fósforo más fácilmente disponible que el fosfato.

El porcentaje de materia orgánica total fluctuó de 2.5 a 8.4%. La menor concentración se presentó en matorral espinoso y la mayor en bosque de encino-enebro-pino. Estos niveles van desde suelos pobres hasta muy ricos en su contenido de materia orgánica. En los suelos de Hungría donde se desarrollan los gasteromicetos, el porcentaje de humus, parte de la materia orgánica total, varía de 0.5 a 43.36 (Rimóczi, 1995).

El porcentaje de pedregosidad fue desde 12.0% en matorral subinermado hasta 56.6% en selva baja caducifolia. En general, la pedregosidad fue alta en las localidades con bosque de encino y pino, ya que un contenido mayor al 20% se considera elevado. Esto repercute en el suelo ya que tiende a ser más pobre en nutrientes, puede alcanzar temperaturas más elevadas y la retención de humedad es menor. Con relación a la textura, todas las localidades presentaron suelos gruesos o ligeros (menos del 20% de arcilla total y más del 50% de arena).

Los resultados de diversas investigaciones sobre la influencia de los factores edáficos en el comportamiento de los macromicetos con énfasis sobre especies micorrízicas han sido muy variables y contrapuestos. Cifuentes *et al.* (1997) indican que los patrones de distribución de estos organismos están altamente influidos por el tipo de suelo y las condiciones altitudinales y climáticas más que por el tipo de vegetación o vecindad geográfica. Al estudiar siete tipos de comunidades de bosque caducifolio en Europa central, Bujakiewicz (1992) observó que usualmente los macromicetos tienen una amplia distribución ecológica debido principalmente a demandas específicas de una cierta combinación de factores climáticos y edáficos.

Algunos hongos se desarrollan bajo diferentes condiciones ambientales en un área dada, v.g., *Boletus satanas* Lenz; para ciertas especies los factores climáticos son decisivos en su distribución, v.g., *Amanita caesarea* (Scop. et Fr.) Pers. et Schw.; mientras que para otras son los edáficos, v.g., *Melanophyllum echinatum* (Roth et Fr.) Sing. Recientemente, Brandrud (1995), Wiklund *et al.* (1995) y Brandrud y Timmermann (1998) encontraron que las aplicaciones de nitrógeno al suelo disminuyen significativamente la diversidad de especies y la producción de carpóforos de la mayoría de las especies micorrízicas. Sin embargo, no se observaron cambios a nivel radicular en dicha asociación. Contrario a lo anterior, en varios estudios se ha observado una consistencia entre las asociaciones micorrízicas con ciertas especies de pino, aun cuando las condiciones edáficas, como pH, nutrientes y textura, entre otros, son diferentes (Watling, 1988; Kost, 1992). Estos cambios en el nivel de fertilidad podrían tener un efecto menos contrapuesto en las especies saprótrofas, favoreciéndose su diversidad y abundancia al aumentar el contenido de nutrientes.

Análisis fenético y cofenético. El análisis fenético se basó en la comparación de un total de 77 especies de gasteromicetos: Lycoperdales (44), Nidulariales (1), Phallales (1),

Podaxales (5), Sclerodermatales (7) y Tulostomatales (19); presentando *Tulostoma* (16 spp.), *Geastrum* (13 spp.) y *Lycoperdon* (9 spp.) un mayor número de especies (Cuadro 1). Esta prevalencia de Lycoperdales es similar a la registrada para España, donde 53.8% de 119 táxones de gasteromicetos conocidos corresponde a este orden, siendo marcadamente menor en Nidulariales (6.7%), Phallales (10.9%), Sclerodermatales (8.4%) y Tulostomatales (20.2%) (Calonge, 1998). Entre los géneros con mayor número de especies, *Geastrum* (20 spp.), *Tulostoma* (19 spp.), *Bovista* (14 spp.) y *Lycoperdon* (14 spp.), tres coinciden con Sonora.

Con relación al tipo de vegetación, de las 77 especies estudiadas, 29 están presentes en matorral subinerme (MS), 44 en matorral espinoso (ME), 25 en selva baja caducifolia (SBC), 13 en bosque de encino-pino en suelos epitermales (BEPSE), 24 en bosque de encino (BE), 21 en bosque de encino-enebro-pino (BQJP) y 18 en bosque de pino (BP). Los índices de similitud tripartita (IST) más altos se encontraron entre BE y BP (0.70) y ME y SBC (0.68). En contraste, el IST fue nulo entre MS y ME comparados con BEPSE, es decir, no se encontró ninguna especie en común. En la figura 2 se observa ($r=0.98$) que los tipos de vegetación se dividen en dos grandes grupos de acuerdo con su composición de gasteromicetos, los de zonas áridas y semiáridas (MS, ME y SBC) y los de zonas templadas (BEPSE, BE, BP y BQJP). Estos dos agrupamientos están relacionados entre sí con un bajo índice

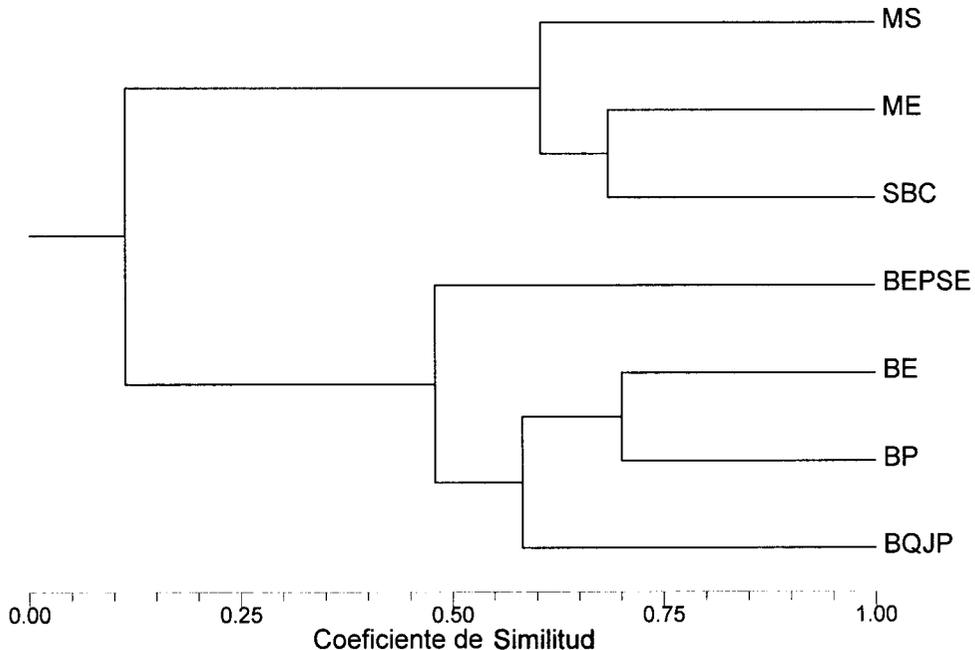


Fig. 2. Dendrograma de similitud de los tipos de vegetación.

de similitud, lo que parece indicar la presencia de dos micobiotas muy particulares para cada uno de ellos.

De las especies consideradas, 11.6% se encontró tanto en las regiones áridas como en las templadas: *Bovista acuminata* (Bosc) Kreisel, *B. aestivalis* (Bon.) Demoulin, *Calvatia bicolor* (Lév.) Kreisel, *Cyathus stercoreus* (Schw.) de Toni, *Geastrum floriforme* Vitt., *G. saccatum* Fr., *Lycoperdon pyriforme* Pers., *Vascellum pratense* (Pers. et Pers.) Kreisel y *Tulostoma fimbriatum* Fr. Entre éstas, *G. saccatum* fue la más frecuentemente recolectada en ambas áreas. En el análisis de coordenadas principales, el primer componente explica un 49.7% de la relación entre los tipos de vegetación en cuanto a su composición de especies de gasteromicetos. Dado que este componente separa a las comunidades vegetales en dos grupos bien definidos, que corresponden con los que figuran en el dendrograma, es probable que esté relacionado con los factores climáticos (precipitación, temperatura) prevalecientes en dichas regiones. Así, las condiciones climáticas estarían influyendo significativamente en la conformación de las dos micobiotas antes mencionadas (Fig. 3).

El segundo componente (15.6%) permite una separación dentro de los dos conglomerados. Por un lado, se separan las zonas áridas (ME y MS) de las semiáridas (SBC), y por otro, se divide el ecotono de BEPSE de las zonas netamente de bosque

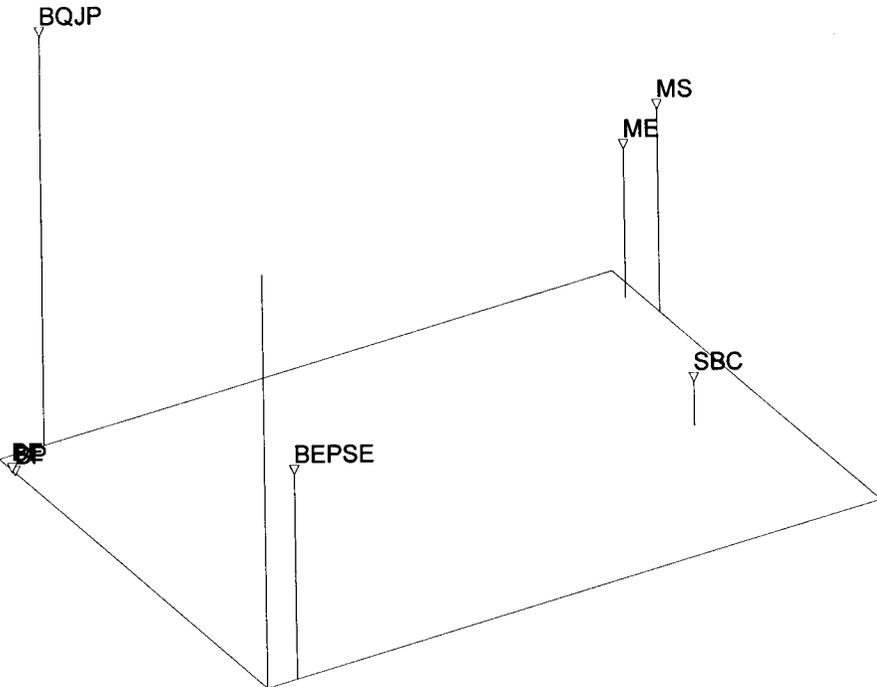


Fig. 3. Componentes principales de la distribución de gasteromicetos por tipo de vegetación.

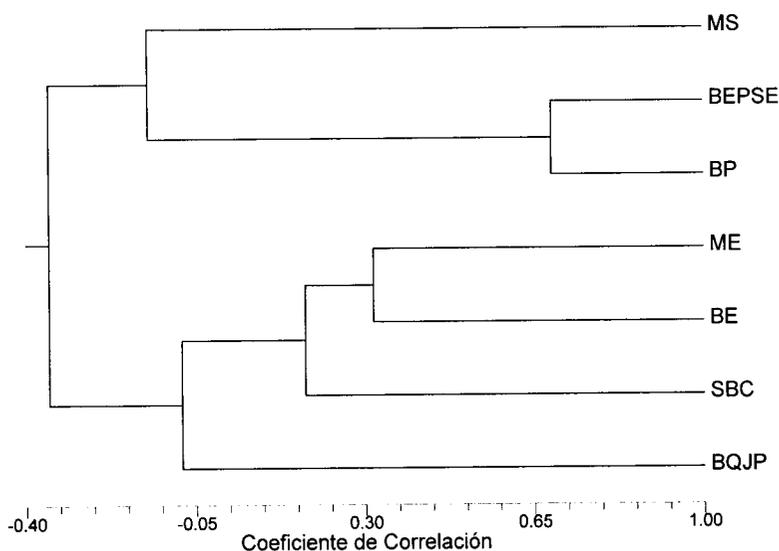


Fig. 4. Dendrograma establecido con base en los parámetros físicos y químicos de suelos por tipo de vegetación.

templado (BE, BQJP y BP). El tercer componente (11.3%) conforma un grupo entre BE y BP, separando de ellos a BQJP, aunque mantiene la agrupación entre MS y ME. En estos tipos de vegetación se encontró la mayor riqueza de especies para las regiones templadas y áridas, respectivamente, así como los IST más altos. En cuanto a factores bióticos y abióticos se refiere, varios de los valores extremos (precipitación, temperatura, pH del suelo, etc.) se registran en las localidades cubiertas por MS y ME, y la distribución de Podaxaceae y de muchas especies de Tulostomataceae estuvo prácticamente restringida a estos tipos de vegetación. Por otro lado, muchas especies de *Scleroderma* y *Lycoperdon* fructificaron principalmente en BE y BP, comunidades con una alta cobertura de especies arbóreas ectomicorrízicas.

Con base en los parámetros físicos y químicos determinados en los suelos, la matriz de correlación mostró una $r=0.78$. En general, los coeficientes de correlación (CC) fueron bajos entre los suelos de los siete tipos de vegetación (Fig. 4). El único CC mayor a 0.5 ocurrió entre BEPSE y BP. En este caso, se esperaba una mayor correlación entre los valores de los parámetros edáficos de comunidades geográfica, fisonómica y climáticamente más relacionadas entre sí (v.g. MS con ME, BE con BP, etc.), que explicaran las relaciones de las micobiotas establecidas en cada sitio. Sin embargo, esto no sucedió así, y el dendrograma de correlación de parámetros edáficos tuvo un arreglo diferente al de composición de especies, por lo que al parecer, el conjunto de factores físicos y químicos del suelo no determina la composición de gasteromicetos en las localidades en estudio.

En el análisis de componentes principales, los parámetros más importantes fueron el porcentaje de saturación, la textura y la pedregosidad. Estos tres factores determinan 81.7% de la asociación observada entre los suelos de los diferentes tipos de vegetación (Fig. 5). Probablemente debido a lo anterior, la composición de especies de gasteromicetos a lo largo del gradiente de vegetación no puede ser explicada tomando como base el análisis global fisicoquímico de suelos. Fortey (1998) encontró que las condiciones ambientales áridas son más importantes que la textura arenosa del suelo para la distribución de *Battarraea phalloides* (Dicks. et Pers.) Pers., hecho que apoya los resultados anteriores. Además, se ha señalado que factores como el pH, la fertilidad y el contenido de humus pueden ser más relevantes para la presencia o ausencia de especies de gasteromicetos (Guzmán, 1970; Wright, 1987; Miller y Miller, 1988). En este estudio, el pH del suelo mostró una tendencia que parece más relacionada con las dos agrupaciones derivadas del análisis fenético: En los suelos de zonas áridas varió de ligeramente ácido a básico (6.5-7.6) y en regiones templadas fue ácido (4.5-5.9). En diversas investigaciones (Bujakiewicz, 1992; Kost, 1992; Cifuentes *et al.*, 1997) se ha propuesto que los patrones de distribución de macromicetos obedecen más a una interacción de factores que a un factor aislado. Al parecer, los hongos se adaptan a microambientes

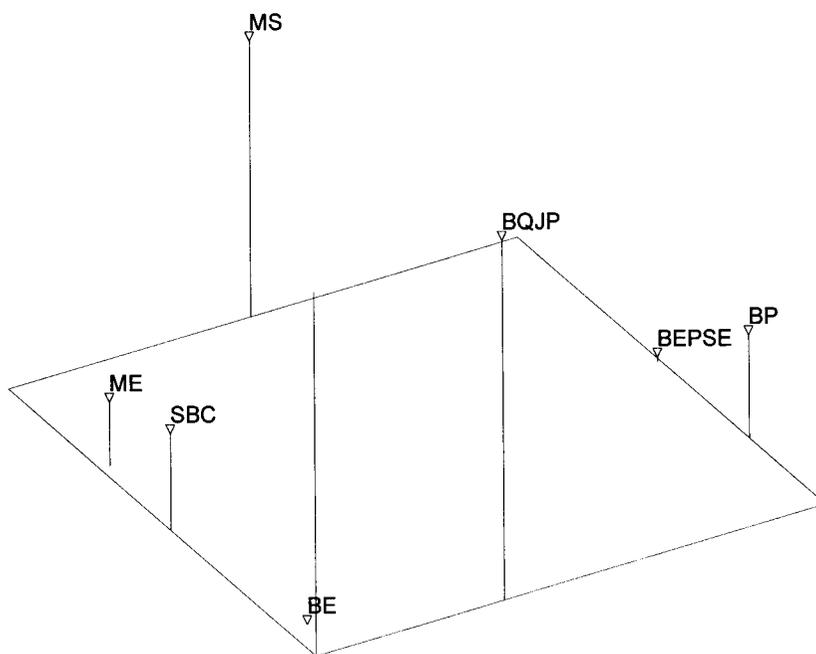


Fig. 5. Componentes principales de los análisis físicos y químicos de suelos por tipo de vegetación.

según sus requerimientos de temperatura, humedad, tipo de suelo y asociación micorrízica, parásita o saprobia (Cifuentes *et al.*, 1993). De las 205 especies determinadas en el estudio de Cifuentes *et al.* (1993), solamente 11 correspondieron a gasteromicetos. Esta baja diversidad se atribuyó a diferencias entre la época de muestreo y el período de fructificación de estos últimos.

Como se explicó en Materiales y métodos, se seleccionaron dos localidades "representativas" de cada tipo de vegetación estudiado; no obstante, existieron algunas diferencias entre los datos de composición y cobertura de especies vegetales, parámetros físicos y químicos del suelo y composición de especies de gasteromicetos para las dos localidades de cada tipo vegetacional. Debido a lo anterior, se decidió realizar el análisis considerando los datos por localidad. Así, al comparar la composición de especies por localidad, en varios casos se observó más similitud entre áreas con distinto tipo de vegetación (Fig. 6). El IST más alto fue de 0.74 entre MS1 y ME1, los cuales comparten 20 de las especies determinadas. Entre varias de las localidades no se encontraron táxones en común, por lo que sus IST fueron iguales a cero. Las diferencias entre localidades del mismo tipo de vegetación podrían deberse a cambios en la composición de especies vegetales, las características físicas y químicas de los suelos o a condiciones ambientales. En la

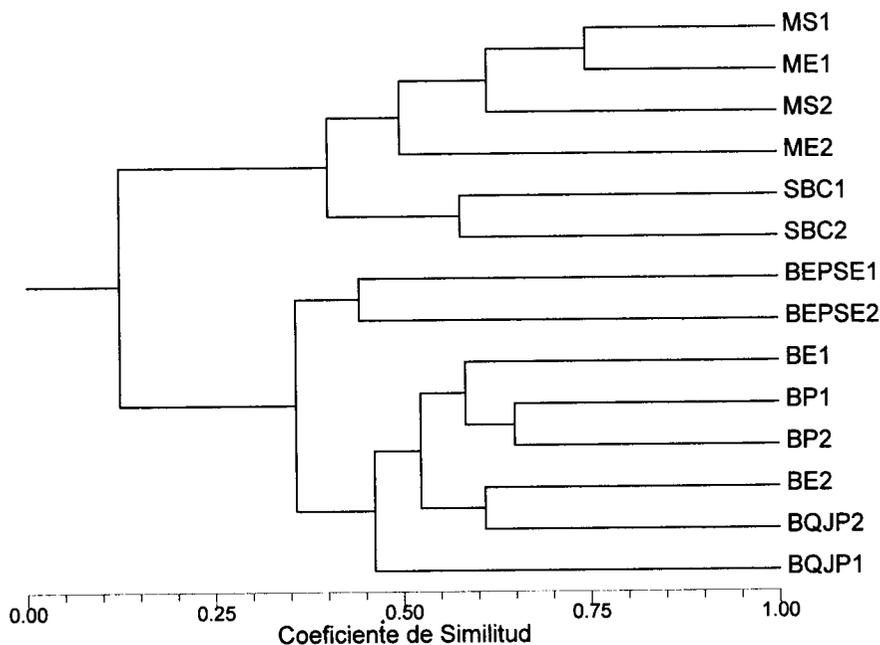


Fig. 6. Dendrograma de similitud de las localidades.

figura 6 ($r=0.89$) puede observarse la conservación de los dos grandes grupos, el de zonas áridas y semiáridas, y el de zonas templadas.

Las similitudes entre BE2 y BQJP2 (IST= 0.60), y BE1 y BP1 (IST=0.55) puede deberse a la composición de especies vegetales. BE2 y BQJP2 tienen un alto porcentaje de cobertura dado por *Quercus* spp., teniendo como elemento común a *Q. reticulata* Humb. et Bonpl. La dominancia de encinos es importante porque numerosas especies de gasteromicetos y agaricales de zonas templadas pueden ser micorrizógenas. Además, en BQJP1 la cobertura del arbolado (26.6%) es significativamente menor que la presente en BQJP2 (51.8%) o BE2 (60.6%), lo que refleja condiciones más similares entre estas últimas localidades. Asimismo, BP1 presenta una cobertura relativa del 11.8% de encino, lo que puede explicar parcialmente su similitud con BE1.

En la gráfica de coordenadas principales (Fig. 7) se corrobora la división en dos grupos de comunidades, respecto a su composición de gasteromicetos: zonas áridas y semiáridas, y zonas templadas; estando agrupadas más cercanamente las de regiones de bosques. En el grupo de regiones templadas, las más diferentes fueron BEPSE 1 y 2, las cuales son separadas del resto de las localidades por el

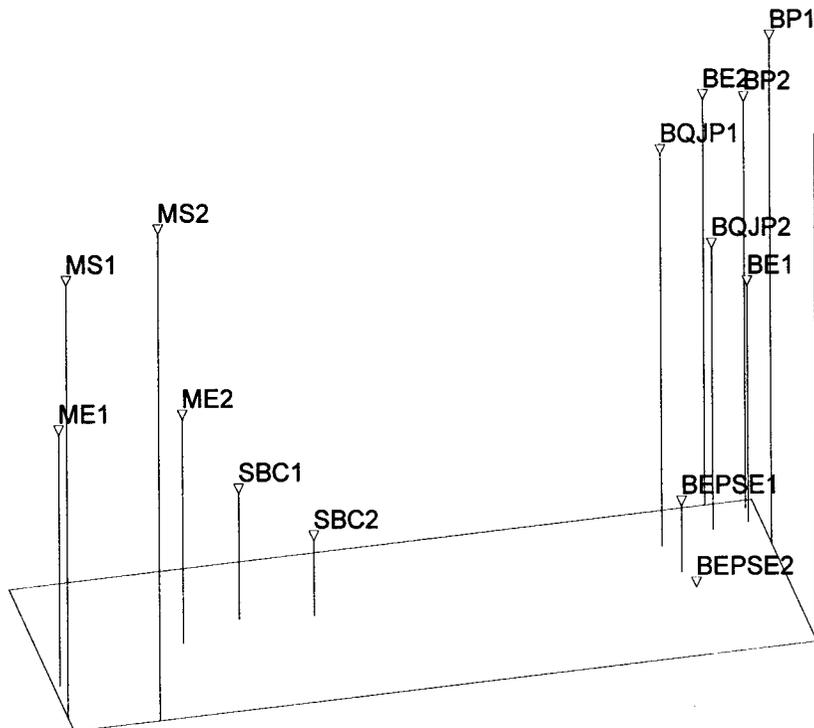


Fig. 7. Componentes principales de la distribución de gasteromicetos por localidad.

componente 2, lo que podría deberse al origen del suelo y a que es un ecotono bien definido dentro de una selva baja caducifolia.

Tomando como base los análisis físicos y químicos de suelos por localidad, se obtuvo una matriz de correlación con una $r=0.70$. En general, el coeficiente de correlación (CC) fue bajo para todas las localidades (Fig. 8), pero a diferencia del análisis por tipos de vegetación, aquí se observa una tendencia a mantener los dos grupos obtenidos en los análisis de composición de especies, es decir, un grupo en donde se encuentran la mayoría de las localidades de zonas áridas y semiáridas, con excepción de BE1, y otro, en donde están incluidas las de zonas templadas. Este resultado parece más lógico ya que, aunque baja, existe mayor correlación entre los parámetros de los suelos de localidades más cercanas o parecidas entre sí. Sólo en dos casos se presentaron CC superiores a 0.55, entre MS1 y ME1, y entre BEPSE1 y BP1. Estos valores bajos de CC entre localidades con un mismo tipo de vegetación indican gran heterogeneidad de los suelos. Lo anterior se corrobora con las cartas edafológicas, las cuales muestran que, en las áreas estudiadas, existen asociaciones de diferentes unidades edáficas.

En el análisis por localidades se observó una mayor congruencia entre el tipo de vegetación y los factores físicos y químicos del suelo. De hecho, la similitud en composición de especies de gasteromicetos entre MS1, ME1, y de este conjunto con MS2, puede ser explicada con base en las características del suelo (Figs. 6 y 8). En el análisis de componentes principales, se encontró que los parámetros más importantes son el porcentaje de saturación, la textura y la pedregosidad. Estos tres factores explican el 61.2% de la asociación observada entre localidades (Fig. 9).

Distribución de las especies. En el gradiente de vegetación estudiado se encontró que existen dos micobiotas de gasteromicetos diferentes, una adaptada a zonas templadas y otra característica de zonas áridas, las cuales comparten entre sí un número relativamente bajo de especies (11.6%). Entre éstas destaca *Bovista acuminata*, distribuida en las localidades con los ambientes más contrastantes, ya que fructificó en suelos de MS, ME, SBC y BQJP. En los suelos de estos tipos de vegetación se presentan los valores mínimos y máximos de gran parte de los parámetros estudiados.

Las especies de *Bovista*, *Geastrum*, *Lycoperdon* y *Scleroderma* están bien distribuidas en las regiones templadas bajo estudio; se desarrollan principalmente en suelos ácidos, con altos contenidos de materia orgánica, mediana a alta capacidad de intercambio catiónico y elevados porcentajes de saturación. *Clathrus*, *Calvatia*, *Mycenastrum*, *Radiigera* y algunas especies de *Tulostoma* se caracterizan por su distribución restringida en zonas templadas. *Clathrus columnatus* Bosc, *Tulostoma melanocyclum* Bres. y *Mycenastrum corium* (Guers.) Desv. sólo se encontraron en bosque de encino-enebro-pino, el cual presenta suelos fértiles, ricos en materia orgánica y en nitratos, con un pH ácido. Asimismo, *Calvatia craniiformis* (Schw.) Fr., *Geastrum schweinitzii* (Berk. et Curt.) Zeller y *Radiigera fuscogleba* Zeller se recolectaron únicamente en bosque de encino. Cabe señalar que la distribución de varias de estas especies está condiciona-

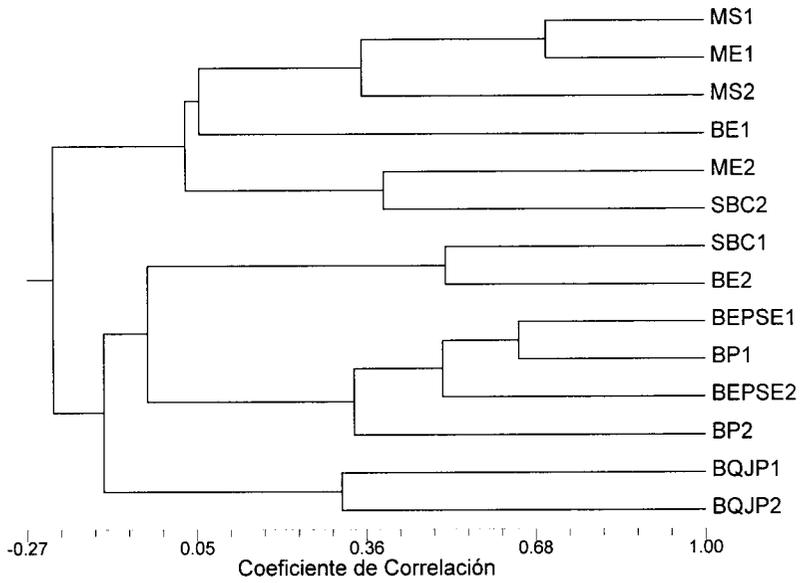


Fig. 8. Dendrograma establecido con base en los parámetros físicos y químicos de suelos por localidad.

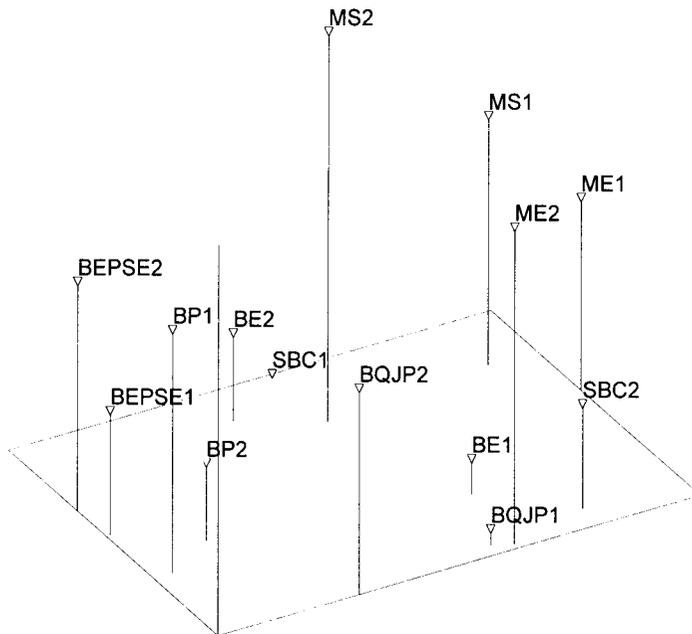


Fig. 9. Componentes principales de los análisis físicos y químicos de suelos por localidad.

da por la presencia de sus hospederos, ya que se trata probablemente de especies micorrizógenas.

Por otro lado, numerosas especies de *Tulostoma*, algunas de *Disciseda* y *Geastrum*, y todas las de Podaxales, se encuentran bien distribuidas en los suelos de MS y ME, caracterizados por su bajo porcentaje de saturación, pH ligeramente alcalino, capacidad de intercambio catiónico de mediana a pobre, bajo contenido de materia orgánica y textura gruesa. Algunas de las especies de *Disciseda*, *Geastrum* y *Tulostoma*, se distribuyen también en los suelos de selva baja caducifolia.

En las zonas áridas existe un bajo porcentaje de saturación y contenido de materia orgánica, una textura gruesa y una pedregosidad media, lo cual provoca que estos suelos retengan poca humedad. Aunado a lo anterior, presentan un período de lluvias limitado y temperaturas extremas. Estas condiciones de estrés reducen la competencia entre especies, favoreciendo el desarrollo de hongos bien adaptados a condiciones de aridez, v.g., *Longia*, *Montagnea*, *Podaxis* y numerosas especies de *Tulostoma*, caracterizadas por presentar esporas de pared gruesa, pigmentada, que las hacen resistentes a la desecación y al daño por rayos ultravioleta (Miller y Miller, 1988). Asimismo, la carencia de ornamentación de sus esporas facilita su diseminación por el viento (Ingold, 1973).

En las regiones templadas se presentaron condiciones edáficas de menor estrés: alto porcentaje de saturación, textura delgada y buenos niveles de fertilidad, así como condiciones climáticas con períodos más amplios de precipitación y temperaturas más frescas, lo que favorece una mayor competencia entre especies, fructificando hongos menos tolerantes a amplios márgenes de temperatura y humedad, v.g., *Lycoperdon ericaeum* Bon., *L. lividum* Pers. y *L. rimulatum* Peck et Trelease. No obstante, dentro de Lycoperdales también se encontraron táxones con distribución menos restringida, los cuales esporádicamente se recolectaron en zonas áridas, probablemente en microambientes que permiten la conjunción favorable de varios factores. Dentro de este grupo, las especies ampliamente distribuidas y frecuentemente recolectadas, tienen basidiosporas relativamente pequeñas, lisas o ligeramente ornamentadas, mientras que las especies con una distribución restringida o limitada a hábitats específicos, tienen basidiosporas más grandes y fuertemente ornamentadas (Kreisel, 1991).

De este modo, con base en nuestros resultados, se observa que existen dos micobiotas muy particulares a lo largo del transecto Hermosillo–Yécora, una adaptada a las zonas áridas y semiáridas, y otra a las zonas templadas. Los análisis fenético y cofenético sugieren que el tipo de vegetación y los factores físicos y químicos del suelo no son los factores determinantes de la composición de gasteromicetos, sino que se debe a una interacción de éstos y otros factores bióticos y abióticos, entre los que destacan las condiciones climáticas.

Agradecimientos. Los autores agradecen el apoyo financiero recibido por medio del convenio CESUES-UNAM 2594-294.14.VI.91 y el proyecto IN203895 DGAPA; a los ingenieros Ana Armenta Calderón, Ariadna Núñez Castanedo-Castanedo, Rosalina Santos Guzmán y Alfonso Sánchez Villegas, por su apoyo en las salidas de

campo; la colaboración del ingeniero Alberto Macías Duarte en los análisis de vegetación y al biólogo Alfredo Wong del Instituto de Biología, UNAM, su asesoría en el manejo del programa estadístico NTSYS.

Literatura citada

- AINSWORTH, G.C., F.K. SPARROW Y A.S. SUSSMAN (EDS.). 1973. Vol. IVb. *A taxonomic review with keys: Basidiomycetes and lower fungi*. Academic Press, New York.
- BONHAM, C.D. 1989. *Measurements for terrestrial vegetation*. Wiley, New York.
- BRANDRUD, T.E. 1995. The effects of experimental nitrogen addition on the ectomycorrhizal fungus flora in an oligotrophic spruce forest at Gardsjon, Sweden. *Forest Ecology and Management* 71: 111-122.
- BRANDRUD, T.E. Y V. TIMMERMANN. 1998. Ectomycorrhizal fungi in the NITREX site at Gardsjon, Sweden, below and above-ground responses to experimentally changed nitrogen inputs 1990-1995. *Forest Ecology and Management* 101: 207-214.
- BUJAKIEWICS, A. 1992. Macrofungi on soil in deciduous forests. In: W. Winterhoff (ed.) *Fungi in vegetation science*. Kluwer Academic, Dordrecht, pp. 49-78.
- BÚRQUEZ, A., A. MARTÍNEZ-YRÍZAR Y P.S. MARTÍN. 1992. From the high Sierra Madre to the coast: changes in vegetation along highway 16, Maycoba-Hermosillo. In: K.F. Clark, J. Roldán y R.H. Smith (eds.) *Geology and mineral resources of northern Sierra Madre Occidental, Mexico*. El Paso Geological Society, Texas, pp. 239-252.
- CALONGE, F.D. 1998. *Gasteromycetes, I. Lycoperdales, Nidulariales, Phallales, Sclerodermatales, Tulostomatales*. *Flora Mycologica Iberica*, vol. 3. CSIC-J. Cramer, Madrid.
- CHAPMAN, H.D. Y P.F. PRATT. 1981. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. Trillas, México, D.F.
- CIFUENTES, J., M. VILLEGAS Y L. PÉREZ. 1993. Hongos macroscópicos. In: I. Luna y J. Llorente (eds.) *Historia natural del Parque Ecológico Estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México*. CONABIO-UNAM, México, D.F., pp. 59-126.
- CIFUENTES, J., M. VILLEGAS, J.L. VILLARRUEL-ORDAZ Y S. SIERRA. 1997. Diversity of macromycetes in pine-oak forest in the neovolcanic axis, Mexico. In: M.E. Palm y I.H. Chapela (eds.) *Mycology in sustainable development: expanding concepts, vanishing borders*. Parkway, Boone, North Carolina, pp. 111-121.
- COKER, W.C. Y J.N. COUCH. 1928. *The Gasteromycetes of the eastern United States and Canada*. University of North Carolina Press, Chapel Hill.
- COTECOCA. 1986. *Coefficientes de agostaderos de la República Mexicana estado de Sonora*. COTECOCA-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México, D.F.
- CUNNINGHAM, G.H. 1942. *The Gasteromycetes of Australia and New Zealand*. McIndoe, Dunedin.
- CHIO, R.E., G. GUZMÁN Y V.M. BANDALA. 1990. Hongos del Estado de México, III. Especies citadas en la bibliografía: Gasteromycetes. *Revista Mexicana de Micología* 6: 207-220.
- ESQUEDA-VALLE, M., T. QUINTERO-RUIZ, E. PÉREZ-SILVA Y A. APARICIO-NAVARRO. 1990. Nuevos registros de Gasteromycetes de Sonora. *Revista Mexicana de Micología* 6: 91-104.
- ESQUEDA-VALLE, M., E. PÉREZ-SILVA Y T. HERRERA. 1995a. New records of Gasteromycetes for Mexico. *Documents Mycologiques* 98-100: 151-160.
- ESQUEDA-VALLE, M., E. PÉREZ-SILVA, R.E. VILLEGAS Y V. ARAUJO. 1995b. Macromicetos de zonas urbanas, II: Hermosillo, Sonora, México. *Revista Mexicana de Micología* 11: 123-132.

- SPP. 1981a. *Carta de climas, Tijuana. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981b. *Carta edafológica, Tijuana. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981c. *Carta fisiográfica, Tijuana. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981d. *Carta geológica, Tijuana. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981e. *Carta hidrológica, aguas subterráneas. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981f. *Carta hidrológica, aguas superficiales. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981g. *Carta de uso de suelo y vegetación, Sierra Libre H12-11. 1:250,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1981h. *Carta de uso de suelo y vegetación, Tijuana. 1:1,000,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SPP. 1983. *Carta edafológica H12-11. 1:250,000*. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.
- SUNHEDE, S. 1989. *Geastraceae (Basidiomycotina). Morphology, ecology, and systematics with special emphasis on the North European species*. Synopsis Fungorum 1, Fungiflora. Grfnlands Grafiske A/S, Oslo.
- TULLOSS, R.E. 1997. Assessment of similarity indices for undesirable properties and a new tripartite similarity index based on cost functions. In: M.E. Palm y I.H. Chapela (ed.) *Mycology in sustainable development: expanding concepts, vanishing borders*. Parkway, Boone, North Carolina, pp. 122-143.
- WAILING, R. 1988. A mycological kaleidoscope. *Transactions of the British Mycological Society* 90: 1-28.
- WIKLUND, K., L.O. WILSSON y S. JACOBSSON. 1995. Effect of irrigation, fertilization, and artificial drought on basidioma production in a Norway spruce stand. *Canadian Journal of Botany* 73: 200-208.
- WRIGHT, J.E. 1987. *The genus Tulostoma (Gasteromycetes). A world monograph*. Bibliotheca Mycologica 113, Cramer, Stuttgart.