

0038/12.24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DIVERSIDAD Y SUCESION DE LOS HYPHOMYCETES DE LA SUPERFICIE DE LAS HOJAS EN DESCOMPOSICION DE TRES ESPECIES ARBOREAS DOMINANTES EN UN BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA EN EL CENTRO DE VERACRUZ

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

DOCTORA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A :

GABRIELA PATRICIA HEREDIA ABARCA



DIRECTOR DE TESIS: DR. MIGUEL ULLOA SOSA

1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

193



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.

PAGINACION

DISCONTINUA.

Para Vinicio, Erandi y Melisa

A mis padres,
A Nela, Roci y Bety
A Luis y Héctor

“Lo esencial es invisible para los ojos”
A. Saint-Exupéry

AGRADECIMIENTOS

En el desarrollo de esta tesis muchas personas me han brindado su ayuda, la finalización de la misma es un esfuerzo en conjunto. Con todas ellas comparto gustosamente este trabajo y expreso mi sincero agradecimiento.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias doy las gracias por haberme brindado la oportunidad de acercarme al maravilloso universo de la ciencia y por haber conocido inolvidables amigos y colegas.

A los directivos del Instituto de Ecología, en especial al Dr. Sergio Guevara, al Dr. Carlos Frago y a la Dra. Isabelle Barois les agradezco su apoyo y confianza durante todo el periodo que duró este largo trabajo. Gracias a las facilidades que el Instituto de Ecología me brindó fue posible la realización de esta tesis.

A las doctoras Patricia Lappe, Ma. del Carmen Calderón Ezquerro y los doctores Teófilo Herrera Suárez, Miguel Ulloa Sosa, Joaquín Cifuentes Blanco, Javier Álvarez Sánchez y Felipe San Martín González, miembros del jurado evaluador, les agradezco su dedicación e interés en la revisión del manuscrito. Todas sus observaciones fueron de gran utilidad. En especial deseo agradecer al Dr. Ulloa Sosa su incondicional apoyo y la confianza que amablemente depositó en mí.

Al Dr. Vinicio Sosa Fernández le debo un amplio reconocimiento y todo mi agradecimiento por su cotidiana motivación, apoyo y asesoramiento en la parte estadística del trabajo y por las múltiples ocasiones en que me auxilió en todas las fases del desarrollo de la tesis. Sus críticas y revisiones han sido invaluable en mi formación.

Parte medular en el desarrollo de este trabajo fue el asesoramiento que recibí del Dr. Ángel Mercado Sierra y del Biol. Julio Mena Portales, quienes amablemente compartieron conmigo sus conocimientos y el gusto por permanecer frente a un microscopio en busca de lo invisible. Para ambos mi más cordial afecto y agradecimiento.

A mis colegas, la Bióloga Manuela Reyes Estebanez y la M. en C. Rosa Ma. Arias Mota agradezco su constante ayuda, entusiasmo y afable compañía en esta aventura micológica.

A las M. en C. Lupita Vidal Gaona y Margarita Villegas les debo una especial mención (honorífica?) por su constante ayuda, apoyo e invaluable amistad.

A mis amigos, Biol. Julián Bueno y la M. en C. Magdalena Cruz les doy las gracias por los incontables momentos agradables que hemos compartido y por su apoyo constante en el desempeño cotidiano de mi trabajo.

Agradezco a la Q.F.B. Soraida Irisson Name y a la pasante de Q.F.B. Ariadna Martínez Virués su auxilio en la realización de las tablas y gráficas. Al Sr. Tiburcio Laez su ayuda en las observaciones al microscopio electrónico. Al M. en C. José Cinco Patrón y a la Biol. Greta Rosas Hainako su ayuda en el trabajo de campo. A las secretarias Ma. de los Ángeles Salazar y Victoria Méndez el apoyo en la captura de textos y elaboración de figuras.

Gracias a los apoyos financieros recibidos por parte del CONACyT (Ref.: 4015-N) y de la CONABIO (Refs.: P030 y B139) fue posible crear la infraestructura necesaria para la realización de este trabajo.

Finalmente al margen de las labores académicas expreso mi agradecimiento y amor para Marianela y Rocio Heredia Abarca y para Tiny Sosa, quienes afectuosamente e incondicionalmente me han apoyado en mi superación profesional y personal.

RESUMEN

El presente estudio es una aportación al conocimiento de la biodiversidad y de la ecología de los Hyphomycetes que se desarrollan en la superficie de las hojas en un bosque mesófilo de montaña del centro del estado de Veracruz. Tuvo como objetivos primarios (1) conocer y analizar la composición de Hyphomycetes que habitan en la superficie foliar de tres especies arbóreas dominantes, y (2) cuantificar los cambios en cuanto a su abundancia, riqueza específica y diversidad a medida que las hojas envejecían y durante su descomposición *in situ*. Complementariamente se investigó la presencia de los Hyphomycetes en los tejidos internos foliares y en las capas superficiales del suelo. Las especies arbóreas analizadas fueron *Quercus germana* Cham. y Sch., *Q. xalapensis* Humb. y *Liquidambar styraciflua* Oersted, las cuales son relevantes en la zona de estudio por el alto porcentaje de biomasa foliar que aportan al mantillo.

Para la realización del trabajo se efectuaron dos muestreos complementarios. El primero fue un experimento que, mediante la técnica de confinamiento de hojas en bolsas de malla de nylon, permitió valorar en forma detallada, durante dos años, los cambios de la micobiota a lo largo de la descomposición de las tres especies de hojas. El segundo consistió en un muestreo puntual que permitió comparar los hongos en hojas vivas con diferente estado de desarrollo (categorizadas como jóvenes, maduras y viejas), en hojas muertas (con cuatro grados progresivos de descomposición) y en las capas superiores del suelo. La detección de la micobiota se efectuó mediante la revisión microscópica de preparaciones semipermanentes obtenidas de la superficie de círculos cortados del material foliar e incubados en cámaras húmedas. Los hongos del suelo se aislaron en placas con medio de cultivo utilizando la técnica de tamizado y lavados seriados, y los correspondientes a los tejidos foliares fueron aislados en diferentes medios nutritivos mediante la desinfección superficial de las hojas.

Se distinguieron 166 especies de Hyphomycetes, 8 de Coelomycetes y 4 de Ascomycetes. Entre los Hyphomycetes se describieron 4 nuevas especies para la ciencia. En total, 112 de los hongos encontrados representan nuevos registros para la micobiota de

México. Según su forma de vida, entre los hongos identificados se incluyen especies fitopatógenas, zoopatógenas y saprobias; en este último grupo figuran los hongos saprobios anfibios, los asociados a restos vegetales y los generalistas. La mayoría de las especies encontradas presentan una distribución tropical, destacándose la abundancia de hongos comunes a África y Asia.

Usando la técnica de confinamiento de hojas, se encontró que la comunidad de Hyphomycetes estuvo compuesta por un número bajo de especies, que aparecieron en forma abundante y constante a lo largo de la descomposición de las hojas, y por un gran número de especies que fueron esporádicas y poco abundantes. En los tres tipos de hojas se encontró que a medida que avanzó el proceso de descomposición, la riqueza específica y la diversidad de los Hyphomycetes decreció. La diversidad entre las dos especies de encinos no fue significativamente diferente, pero la diversidad de los hongos en las hojas de *Liquidambar styraciflua* fue significativamente menor que en los encinos.

En el muestreo transversal, los hongos *Cladosporium cladosporioides*, *Pestalotiopsis maculans* y *Tubakia dryina* sobresalieron por su alta abundancia relativa en el filopiano de las tres especies de hojas. En cuanto a la micobiota en los diferentes estados de descomposición analizados, las hojas de *Q. germana* y *Q. xalapensis* presentaron el mayor porcentaje de similitud. Las especies *Cryptophiale kakombensis*, *Chalara alabamensis* y *Subulispora procurvata* aparecieron en los tres tipos de hojas con una alta abundancia relativa. En este estudio se pudo observar la preferencia de ciertas especies por colonizar hojas vivas o en descomposición. Únicamente los hongos *Beltrania rhombica* (en las hojas de *Quercus germana*) y *Cladosporium cladosporioides* y *Pestalotiopsis maculans* (en las hojas de *L. styraciflua*) estuvieron presentes en todas las categorías de desarrollo foliar y descomposición analizadas.

En los aislamientos de los hongos del suelo los micelios y esporóforos hialinos fueron más abundantes que los pigmentados. En los tejidos internos sobresalieron las especies de Coelomycetes en contraposición a los Hyphomycetes. Tanto en el suelo como a nivel endofítico la presencia de los hongos de la hojarasca fue escasa.

Los resultados obtenidos muestran que las hojas estudiadas albergan a nivel de su superficie una amplia diversidad de Hyphomycetes, los cuales constituyen una comunidad dinámica en la que las especies son reemplazadas a medida que las hojas envejecen, mueren y se desintegran. La sucesión fúngica en las tres especies de hojas estudiadas es muy semejante, distinguiéndose ciertas preferencias de algunos hongos para desarrollarse en un determinada especie de hoja. Los resultados obtenidos marcan la pauta para el desarrollo de investigaciones futuras que profundicen en las interacciones inter e intraespecíficas de los organismos involucrados en la descomposición.

ABSTRACT

This work is a contribution to the knowledge of the diversity and ecology of the Hyphomycetes that grow on the surface of leaves. Its primary objectives were: (1) to determine and analyze the species richness of Hyphomycetes that inhabit the leaf surface of three tree species, and (2) to quantify the changes in fungal diversity as leaves age and decay *in situ*. Secondly, the presence of Hyphomycetes in internal leaf tissues and on soil surface was investigated. The tree species studied were *Quercus germana*, *Q. xalapensis*, and *Liquidambar styraciflua*, whose importance in the cloud forest of central Veracruz is due to their high contribution to leaf litter.

Two complementary samplings were conducted. The first was an experiment in which leaves from the three tree species were confined in mesh bags for two years and changes in the mycobiota were recorded through the process of decomposition. The second one consisted of a one-time sampling study in which the following groups were compared: (1) fungi encountered on live leaves during different stages of leaf development (young, mature, and senescent), (2) fungi found upon dead leaves in four progressive levels of decay, and (3) fungi found in upper soil layers. Mycobiota was detected under the microscope using semipermanent slides of leaf material cut in small circles and incubated in moist chambers. Soil fungi were isolated from sieved soil through serial washes. Fungi from internal leaf tissues were isolated in different nutrient media through the disinfection of the leaf surface.

In total, 166 species of Hyphomycetes, eight of Coelomycetes and four of Ascomycetes were recorded. Among the Hyphomycetes, four new species were described, 112 were new records for the Mexican mycobiota. Fungi were identified according to their life form, and these included phytopathogenic, zoopathogenic, and saprophytic species. The latter group includes amphibious saprophytic fungi, fungi associated with plant remains, and generalist fungi. Most of the species which were isolated have a tropical distribution. Most of the species found have a biogeographical affinity with Africa and Asia.

In the experimental study of leaf decomposition, the mycobiota was composed of a low number of species which were abundant and constantly present throughout the decaying of leaves. In addition, there were a high number of species that were encountered sporadically with low abundance. In all three species of trees, species richness and diversity of fungi decreased as the decaying process advanced. Fungal diversity was not statistically different between the leaves of the two oak species, but it was lower in *Liquidambar styraciflua* than in the oaks.

In the one-time sampling, the fungi *Cladosporium cladosporioides*, *Pestalotiopsis maculans* and *Tubakia dryina* stood out by their high abundance in the phylloplane of the leaves of the three species of trees. The greatest percent similarity of mycobiota in different stages of decomposition was found between *Quercus germana* and *Q. xalapensis*. The species *Cryptophiale kakombensis*, *Chalara alabamensis*, and *Subulispora procurvata* were present in the three types of leaves in high abundance during decomposition. In this study it was evident that some species preferred to colonize live or decaying leaves. Only the fungi *Beltrania rhombica* (in the leaves of *Q. germana*) and *Cladosporium cladosporioides* and *Pestalotiopsis maculans* (in the leaves of *L. styraciflua*) were present in all the stages of leaf development and decomposition.

Both on the soil surface and at an endophytic level, fungi associated with leaf litter were relatively less common. In the isolates of fungi from soil, hyaline micelia and sporophores were more abundant than pigmented ones. In the internal tissues of leaves, coelomycete species stood out when compared to Hyphomycetes species.

The results of the present study show that the leaves which were studied hosted a great diversity of Hyphomycetes on their surface. This diversity constitutes a dynamic community in which species replace each other as leaves age, die and decompose. Succession of fungi in the three types of leaves was very similar, with some species showing a preference to colonize leaves of certain tree species. This contribution provides a basis for the development of more detailed studies of the inter- and intra-specific interactions among the organisms involved in decomposition.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Generalidades y antecedentes	
1.2. Importancia de la investigación	
2. OBJETIVOS	11
3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	13
3.1. Localización	
3.2. Clima y suelo	
3.3. Composición florística	
3.4. Producción de hojarasca	
4. MATERIALES Y MÉTODOS	19
4.1. Muestreo longitudinal	
4.1.1. Recolección de material e instalación de muestras en el campo	
4.1.2. Muestreos	
4.1.3. Procesamiento de las muestras	
4.1.4. Cuantificación e identificación de los hongos	
4.2. Muestreo transversal	
4.2.1. Recolección de material	
4.2.2. Procesamiento de las muestras	
4.2.3. Cuantificación e identificación de los hongos	
4.2.4. Aislamiento de hongos del suelo	
4.2.5. Aislamiento de hongos endófitos de tejidos foliares	
4.3. Microscopía electrónica	
4.4. Análisis de los datos	
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
5.1. Composición de la micobiota	
5.1.1. Aspectos taxonómicos	
5.1.2. Formas de vida y adaptaciones	
5.1.3. Distribución y afinidades biogeográficas	
5.2. Muestreo longitudinal. Análisis de la micobiota a lo largo de la descomposición de las hojas mediante el método de confinamiento	

de hojas en bolsas de malla

5.2.1. Composición, abundancia, riqueza específica y diversidad fúngica durante la descomposición de las hojas

5.2.2. Discusión

5.3. Muestreo transversal. Análisis de la micobiota en hojas vivas en diferente estado de desarrollo, y en hojas del mantillo con diferente grado de descomposición

5.3.1. Micobiota del filoplano

5.3.2. Micobiota de la hojarasca

5.3.3. Discusión

5.4. Micobiota de la capa superficial del suelo

5.5. Hongos endófitos de hojas vivas y de hojas en descomposición

5.6. Sucesión de los hongos en el filoplano y en la superficie de las hojas muertas durante su descomposición

6. DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS	121
7. CONCLUSIONES	123
8. LITERATURA CITADA	125
9. ILUSTRACIONES	141
10. APÉNDICE. Artículos publicados	169

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades y antecedentes.

En cualquier etapa de su vida las hojas pueden ser utilizadas como sustrato para el desarrollo de una amplia diversidad de hongos microscópicos saprobios y parásitos, entre los cuales los Hyphomycetes constituyen un grupo característico de dicho hábitat. La interacción hongo-hoja puede originarse desde los primeros estados del desarrollo foliar (Pugh y Buckley, 1971).

Diversos factores abióticos y bióticos propician la dispersión de los propágulos fúngicos en las superficies de las hojas; entre los primeros el viento y la lluvia juegan un papel importante. Las corrientes de viento impactan en las hojas esporas y fragmentos de micelio, y los escurrimientos y salpicaduras de la lluvia favorecen su distribución en los diferentes niveles del estrato vegetal. Entre los factores bióticos, los insectos son los principales organismos que dispersan estructuras fúngicas entre plantas contiguas y lejanas. La composición química y la morfología de las hojas son factores importantes en la colonización e infección por los hongos (Allen *et al.*, 1991).

A los hongos que viven en las hojas se les conoce como foliícolas (Subramanian, 1983). La colonización de las hojas por los hongos puede limitarse a la superficie foliar denominada filoplano, o bien extenderse a los tejidos internos. La micobiota del filoplano está compuesta por especies, en su mayoría saprobias, capaces de completar su ciclo de vida o la mayor parte del mismo en la cutícula o en las capas externas de la epidermis de las hojas vivas (Ruinen, 1956; Last y Deighton, 1965; Diem, 1972). Generalmente estos hongos no ocasionan daños al hospedante; utilizan partículas de polen, exudados de las hojas y excretas de insectos como fuente alimenticia. Algunas especies actúan como parásitos débiles desarrollándose en tejidos dañados por algún fitopatógeno (Ruinen, 1961; Frankland, 1981). Con relación a las especies parásitas de las hojas, existe una amplia gama de hongos capaces

de infectar a nivel de la epidermis, como por ejemplo los mildiús y las cenicillas. Algunas otras invaden los tejidos internos como los tizones, causando en los hospederos daños de diferente magnitud y provocando enrollamientos, manchas, clorosis, marchitamientos y otros desórdenes (Agrios, 1978).

En los últimos años se ha estudiado intensamente la presencia de hongos endófitos que no provocan síntomas y que aparentemente son inocuos al hospedero. Estos hongos han sido aislados de tallos y hojas de una amplia variedad de fanerógamas (Petrini, 1991). Una característica interesante de algunos endófitos asintomáticos es su capacidad para producir alcaloides y otros metabolitos tóxicos a larvas de insectos, reduciendo el daño que éstos ocasionan a la planta (Clark *et al.*, 1989). Por este comportamiento se ha considerado la relación de los endófitos asintomáticos como un ejemplo de mutualismo (Clay, 1992).

Al desprenderse de las ramas, la mayoría de las hojas son depositadas sobre el mantillo, en donde serán degradadas hasta convertirse en humus. Antes de la abscisión, las hojas presentan cierto grado de deterioro ocasionado por la biota foliícola, sin embargo la mayor parte del proceso de descomposición se lleva a cabo en el suelo. El tiempo entre la caída de las hojas al suelo y su desintegración final es muy variado. En climas fríos las hojas de pino pueden durar 10 o más años; en zonas templado-cálidas las hojas de fresno dejan de ser reconocibles en un año, a diferencia de las especies tropicales que pueden desaparecer en meses e incluso en sólo unas semanas (Mason, 1977; Alvarez-Sánchez y Becerra-Enríquez, 1996).

En el complejo fenómeno de la descomposición intervienen, junto con los hongos, una amplia diversidad de organismos, conocidos como desintegradores, reductores o degradadores. La macrofauna del suelo participa activamente en la fragmentación vegetal, facilitando la vía de entrada de los microorganismos, como protozoarios, bacterias y hongos (Swift *et al.*, 1979; Golley, 1983). Por sus características fisiológicas y morfológicas, los hongos presentan una alta capacidad degradadora por lo que son considerados como

organismos de suma importancia en la descomposición de restos vegetales y por lo tanto en el reciclaje de nutrientes (Harley, 1971).

En respuesta a su condición heterótrofa, a lo largo de su evolución los hongos han desarrollado importantes adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten obtener sus nutrientes a partir de prácticamente cualquier tipo de sustrato orgánico vivo o muerto. Su fase somática, generalmente inconspicua, está constituida por filamentos denominados hifas, cuya forma y crecimiento semejante a una red les permite colonizar toda la superficie foliar. En conjunto las hifas forman el micelio, el cual puede sobrevivir por largos períodos, gracias a estructuras de resistencia como son clamidosporas y esclerocios (Willetts y Bullock, 1992). En determinados taxa las hifas llegan a alcanzar cierta diferenciación celular y forman cordones miceliales y rizomorfos, los cuales suelen extenderse en el suelo por varios metros en busca de nuevas fuentes energéticas (Boddy, 1993).

Las hifas secretan enzimas capaces de solubilizar compuestos complejos, que por absorción son posteriormente incorporados a su metabolismo en forma de moléculas más simples (Kendrick, 1992). Las enzimas de mayor importancia en la descomposición de las hojas son las involucradas en la degradación de celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa es el principal componente de los restos vegetales (Esau, 1965). Anualmente millones de toneladas de celulosa son descargadas a los ecosistemas. En la naturaleza, la mayor actividad celulolítica está a cargo de los hongos (Kendrick, 1992).

Junto con la celulosa, las hemicelulosas forman parte estructural de las paredes celulares (Esau, 1965). Especies de actinomicetos, bacterias y una amplia gama de hongos son capaces de desdoblar dichas moléculas (Kendrick, 1992). El tercer componente de importancia es la lignina cuya compleja estructura se caracteriza por su resistencia a la descomposición. Aunque existen especies de actinomicetos y de bacterias degradadoras de lignina, en la naturaleza los principales desintegradores son basidiomicetos poliporales y agaricales. Otras enzimas necesarias en la descomposición de las hojas son cutinasas,

pectinasas, amilasas, lipasas y sacarosas, que son requeridas en menor proporción (Satchell, 1974).

La capacidad enzimática de la micobiota para aprovechar el sustrato en sus distintas fases de degradación es un factor importante en la composición de los hongos durante la desintegración de la hojarasca. La hojarasca, en el sentido que se usa en este trabajo, está compuesta por hojas muertas depositadas en la capa superficial del suelo o mantillo, la cual dependiendo del grosor puede dividirse de la superficie hacia el suelo en los horizontes L (de litter, hojarasca), F1 o F2 (fermentación) y H (humus).

En el suelo las presiones de selección se agudizan al aumentar la competencia por el sustrato y la actividad depredadora por parte de organismos micófagos de la macro y mesofauna como son ácaros, lombrices, nemátodos y colémbolos (Parkinson *et al.*, 1979; Frankland, 1981). Ante tal situación, la mayoría de los hongos de las hojas vivas desaparecer paulatinamente, surgiendo en su lugar otras especies características de la hojarasca, las cuales a su vez son reemplazadas por otros hongos a medida que aumenta la descomposición, presentándose así una sucesión fúngica (Hudson, 1968; Frankland, 1981).

Uno de los aspectos más atrayentes de la investigación sobre los hongos asociados a restos foliares, es la composición de la sucesión fúngica a medida que transcurre la descomposición. Este fenómeno fue inicialmente descrito por Garrett (1950, 1963) en restos de raíces de plantas cultivadas. Los conceptos aportados por dicho autor han sido la base para trabajos subsecuentes.

En su esquema, Garrett señala que en las fases iniciales de la descomposición, el tejido es colonizado por hongos que aprovechan azúcares y compuestos más simples que la celulosa; a este grupo de hongos se les conoce como “hongos del azúcar” (Burges, 1939) y está integrado por Mucorales. Posteriormente son substituidos por hongos desintegradores de celulosa pertenecientes a especies de ascomicetos y hongos conidiales; en esta etapa pueden aparecer nuevamente los “hongos del azúcar” que, más que contribuir al

desdoblamiento del sustrato, se alimentan de los productos hidrolíticos de los desintegradores de celulosa. En las fases finales de descomposición dominan especies de basidiomicetos degradadoras de lignina. Actualmente se ha visto que este esquema generaliza el fenómeno ya que además de la disponibilidad de las fuentes de carbón existen otras variables que influyen en la sucesión (Swift, 1976; Frankland, 1981; Kuter, 1986).

La sucesión fúngica ha sido descrita en diversos tipos de hojarasca, incluyendo plantas de importancia agrícola como *Saccharum officinarum* (Hudson, 1962) y *Musa sapientum* (Meredith, 1962). En plantas silvestres las investigaciones se han dirigido esencialmente a angiospermas y gimnospermas. Los trabajos pioneros en donde se analizan los cambios en la composición y la sucesión fúngica en hojas aparecieron a mediados de este siglo. En 1952, Ward realizó el primer estudio detallado sobre la colonización de acículas de pino (Millar, 1974). Otras aportaciones contemporáneas a la mencionada fueron las de Saitô (1956) y Pugh (1958), en hojas de *Fagus crenata* y *Carex paniculata*, respectivamente.

En la tabla 1 se presenta una relación de las investigaciones más relevantes, en las que se aborda la sucesión fúngica en diversos tipos de hojas de angiospermas y gimnospermas. Aún cuando los primeros trabajos aparecieron a mediados de siglo, las contribuciones que definieron e impulsaron esta línea de investigación, aportando nuevas técnicas para el aislamiento, la observación y la cuantificación de los hongos microscópicos, fueron publicadas entre los años 60 y 70, en su mayoría en especies de ecosistemas templados.

Las contribuciones de Hering (1965) y de Kendrick y Burges (1962) demostraron el dinamismo de las comunidades fúngicas a medida que las hojas se degradan. El primer autor comprobó la persistencia de algunos hongos habitantes de las hojas vivas después de un año de haberse depositado en el suelo. Uno de los trabajos pioneros que con mayor detalle describe la sucesión fúngica en las hojas es el de Hogg y Hudson (1966), quienes concluyeron que previo a que se desintegren las hojas y se incorporen al suelo, son colonizadas por hongos habitantes de la hojarasca y posteriormente por hongos del suelo.

Tabla 1. Algunas especies de plantas en cuyas hojas se ha estudiado la sucesión fúngica durante su descomposición.

Hoja	País	Referencia
<i>Fagus crenata</i>	Japón	Saitô, 1956
<i>Carex paniculata</i>	Inglaterra	Pugh, 1958
<i>Musa sapientum</i>	Jamaica	Meredith, 1962*
<i>Pinus sylvestris</i>	Inglaterra	Kendrick y Burges, 1962
<i>Quercus petraea</i> , <i>Betula verrucosa</i> <i>Corylus avellana</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>	Inglaterra	Hering, 1965
<i>Fagus sylvatica</i>	Inglaterra	Hogg y Hudson, 1966
<i>Eucalyptus regnans</i>	Australia	Macauley y Thrower, 1966
<i>Pinus taeda</i> , <i>Quercus</i> sp.	Estados Unidos	Watson <i>et al.</i> , 1974
<i>Populus tremuloides</i>	Canadá	Visser y Parkinson, 1975
<i>Quercus phillyraeoides</i> <i>Castanopsis cuspidata</i>	Japón	Yokoyama <i>et al.</i> , 1977
<i>Atlantia monophylla</i>	India	Subramanian y Vittal, 1979*
<i>Gymnosporia emarginata</i>	India	Subramanian y Vittal, 1980*
<i>Eperua falcata</i>	Guyana Francesa	Kiffer <i>et al.</i> , 1981*
<i>Ilex aquifolium</i>	Inglaterra	Mishra y Dickinson, 1981
<i>Pinus luchuensis</i>	Isla Kitaiojima, Japón	Tokumasu, 1985 *
<i>Acer saccharum</i>	Estados Unidos	Kuter, 1986
<i>Abies firma</i>	Japón	Aoki <i>et al.</i> , 1990
<i>Abies alba</i>	Alemania	Aoki <i>et al.</i> , 1992
<i>Pinus taeda</i>	Argentina	Godeas, 1992
<i>Quercus germana</i> , <i>Q. sartori</i> , <i>Liquidambar styraciflua</i>	México	Heredia, 1993*
<i>Pinus sylvestris</i>	Alemania	Tokumasu <i>et al.</i> , 1994
<i>Alchornea triplinervia</i>	Brasil	Piccolo-Grandi, 1994
<i>Pinus densiflora</i>	Japón	Tokumasu, 1996

* Trabajos realizados en zonas tropicales o subtropicales.

Como puede constatarse en la tabla 1, en contraposición a la vasta literatura para algunas especies de ecosistemas templados, la información referente a especies tropicales o subtropicales es incipiente. Tales aportaciones generalmente contienen datos cualitativos acerca de la colonización fúngica de hojas vivas y hojarasca. Para ecosistemas subtropicales se cuenta únicamente con los trabajos de Tokumasu (1985) y de Heredia (1993). Este último trabajo, preámbulo de la presente investigación, fue realizado en el estado de Tamaulipas y constituye, a nivel mundial, en la literatura micológica, el único estudio que aborda aspectos sucesionales de los hongos de la hojarasca en un bosque mesófilo de montaña.

Paralelamente al desarrollo de las investigaciones mencionadas, a nivel mundial ha surgido un cuantioso número de contribuciones “micoflorísticas” (Kirk, 1982,1983, 1985; Holubová-Jechová y Castañeda, 1986; Mouchacca, 1990; Castañeda y Kendrick, 1990a, 1990b,1991; Pirozynski, 1972) evidenciando la riqueza de las hojas en cuanto a su biodiversidad fúngica.

En México el conocimiento de la diversidad de los hongos conidiales saprobios, tanto de hojas como de otro tipo de restos vegetales, se encuentra en su fase inicial. A diferencia de las especies macroscópicas, son muy pocas las fuentes bibliográficas que incluyen descripciones o inventarios sobre micromicetes del territorio mexicano. En las obras de Ellis (1971, 1976) únicamente se hace referencia a tres especies colectadas en México: *Periconia manihoticola* (Vicens) Viégas, *Cirrenalia pseudomacrocephala* Kohlmeyer y *Exosporium mexicanum* (Ellis y Everh.) M. B. Ellis. En 1984, Onofri publicó una lista con 47 especies aisladas de muestras mixtas de hojarasca de terrenos cafetaleros de Coatepec, Veracruz; el mismo año Onofri y Zucconi (1984a,b) describieron *Phialocephala mexicana* Onofri y Zucconi y registraron para México *Dactylaria fusiformis* Shearer y Crane, ambas colectadas en el estado de Veracruz.

En la última década el conocimiento de los hongos conidiales saprobios en México ha tenido un impulso significativo. Actualmente se cuenta con descripciones y registros

nuevos para Tamaulipas (Heredia, 1994), Veracruz (Mercado-Sierra y Heredia, 1994; Mena-Portales *et al.*, 1995; Heredia *et al.*, 1995; Heredia *et al.*, 1997a, 1997b) y Campeche (Heredia y Mercado-Sierra, 1998). Colateralmente, estudios sobre los estados anamórficos de especies de Ascomycetes, en particular Xylariales y Clavicipetales, han aportado información para Quintana Roo, Oaxaca, Campeche y Chiapas (San Martín *et al.*, 1997a, 1997b).

1. 2. Importancia de la investigación.

Los hongos son considerados como el segundo grupo más diverso después de los insectos. En los últimos años varias aportaciones han expuesto la magnitud de la diversidad fúngica a nivel mundial (Hawksworth, 1993; Rossman, 1994), haciendo evidente la falta de conocimiento para determinados grupos de hongos y para algunas regiones geográficas. Guzmán (1995) conservadoramente calculó que existen en México entre 120 000 y 140 000 especies de hongos, de las cuales menos del 10% han sido estudiadas. El mismo autor señala que aproximadamente 2 000 especies han sido descritas para micromicetes y 4 000 para macromicetes incluyendo líquenes y myxomycetes.

Los datos anteriores demuestran la precaria situación del conocimiento de la biodiversidad fúngica en México, siendo más crítico el panorama para las especies microscópicas. En su mayoría, los trabajos relacionados con micromicetes versan sobre hongos parásitos de plantas y causantes de micosis en el hombre y los animales. Las investigaciones sobre hongos saprobios se han concentrado en pocas especies, primordialmente de interés industrial. Ante tal situación, resulta imprescindible la realización de estudios que exploren la diversidad de la microbiota microscópica en ecosistemas silvestres y en particular en áreas tropicales y subtropicales, en donde muy probablemente se encuentra la mayor expresión de la diversidad fúngica. Desafortunadamente, dichas áreas están sujetas a una acelerada pérdida de diversidad ante las constantes prácticas desforestadoras. En

particular, el bosque mesófilo de montaña (en adelante bmm) del centro de Veracruz es un ecosistema que está en peligro de desaparición; la explosión demográfica, la tala clandestina, el cultivo del café, la ganadería y la agricultura de temporal han ocasionado en los últimos lustros la disminución drástica de su extensión (Williams-Linera, 1992). Actualmente el bmm ha quedado limitado a pequeños manchones en barrancas y cañadas a lo largo de los ríos; se calcula que en el Municipio de Xalapa alrededor de 500 ha presentan, con muy diferente grado de conservación, este tipo de bioma (Castillo, 1991).

Para México, florísticamente los bmm son considerados como los ecosistemas más diversos por unidad de superficie (Rzedowki, 1996). Desde el punto de vista micológico, la riqueza de especies macroscópicas ha sido constatada en numerosos trabajos (Varela y Cifuentes, 1979; Heredia, 1989; Valenzuela y Chacón-Jiménez, 1991; San Martín y Rogers, 1995, 1996). En contraposición, la diversidad de los hongos microscópicos está lejos de conocerse.

Un aspecto interesante de los bmm es la presencia de especies neotropicales y boreales en el estrato arbóreo, aspecto que ha sido analizado mediante estudios biogeográficos con plantas vasculares (Lorenzo *et al.*, 1983; Luna-Vega *et al.*, 1988, 1989), y recientemente con hongos, principalmente macromicetes (Chacón y Guzmán, 1997). Queda sin embargo, la interrogante de las afinidades biogeográficas para las especies microscópicas. No obstante su importancia ecológica en la naturaleza como organismos desintegradores y su potencial como fuente de metabolitos secundarios, los hongos microscópicos saprobios han sido ignorados en programas de diversidad, manejo de recursos naturales e impacto ambiental. El potencial farmacéutico que estos organismos tienen se conoce para un grupo muy reducido de especies. Los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acremonium* y *Fusarium* producen el 40% de los antibióticos conocidos. Probablemente no más de 5 000-7 000 especies hayan sido estudiadas al respecto. Se estiman entre 3 000 y 4 000 los compuestos obtenidos de metabolitos secundarios fúngicos, entre los que se incluyen antibióticos,

micotoxinas, fármacos activos y otros con actividades desconocidas (Dreyfuss y Chapela, 1994).

Consecuentemente, el precario conocimiento de las especies microscópicas saprobias en ambientes tropicales ha frenado el desarrollo de investigaciones relacionadas con su ecología. A pesar de su importancia como agentes degradadores, en la mayoría de los estudios sobre descomposición, los hongos son excluidos o tratados superficialmente.

2. OBJETIVOS

El presente trabajo se planteó con la finalidad de profundizar en el conocimiento de la composición y ecología de los hongos Hyphomycetes de la superficie de las hojas vivas y en descomposición de dos especies de encinos, *Quercus germana* y *Q. xalapensis*, y del ocozote, *Liquidambar styraciflua*. Estos árboles se encuentran entre las especies dominantes en los remanentes del bmm de la región central de Veracruz. Para cada una de las especies mencionadas se proyectaron los siguientes objetivos particulares:

- ◆ Conocer y analizar la composición de los Hyphomycetes que se desarrollan en su superficie foliar.
- ◆ Cuantificar los cambios en la riqueza específica*, diversidad** y abundancia*** de los Hyphomycetes presentes en la superficie de las hojas durante su descomposición en el mantillo del bosque.
- ◆ Cuantificar la riqueza específica, diversidad y abundancia de los Hyphomycetes del filoplano en diferentes estados de desarrollo foliar y comparar estos parámetros con la microbiota de la superficie de las hojas con diferente grado de descomposición.
- ◆ Conocer la distribución de las especies fúngicas de la hojarasca en los tejidos internos de las hojas vivas y en hojas muertas, así como en las capas superiores del suelo.
- ◆ Determinar y describir la sucesión de los Hyphomycetes a medida que las hojas envejecen y a lo largo de su descomposición.

Entendiéndose como:

* El número de especies diferentes detectadas.

** La distribución de la abundancia o equiparabilidad de las especies de una comunidad.

*** El porcentaje de frecuencia de aparición de cada especie en una muestra determinada.

3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Localización.

El área de estudio se localiza en los terrenos del Parque Ecológico Francisco Javier Clavijero, cuya entrada principal se sitúa a 2.5 kilómetros de la ciudad de Xalapa, por la carretera antigua a Coatepec, dentro del municipio de Xalapa, limitando con el municipio de Coatepec (Fig. 1). Abarca una superficie de 29 ha, entre los paralelos 19° 30' y 19° 31' lat. N y los meridianos 96° 56' y 96° 57' de long. O.

La topografía en el área es irregular, presentando explanadas, taludes y lomas con pendientes de hasta 40%, entre una altitud de 1225 a 1300 msnm. Su estado de conservación es variable, encontrándose cafetales, plantaciones de cítricos abandonadas y lugares con vegetación secundaria; los remanentes de bosque mesófilo cubren una tercera parte de la zona y se localizan en las laderas con pendiente pronunciada (Williams-Linera, 1993).

3.2. Clima y suelo.

Para enmarcar el clima prevaleciente en el área se utilizaron los datos de la estación meteorológica más cercana, ubicada aproximadamente a 1.5 km del área de estudio, en la zona de Briones. El climograma que se presenta en la figura 2 se obtuvo mediante los valores promedios de diez años comprendidos en el período 1988-1997. La temperatura media anual en dicho período fue de 20°C, con los valores más bajos en enero (14.7°C) y los más elevados en junio (20.27°C). El promedio de la precipitación total anual alcanzado fue de 1733.3 mm, con alta frecuencia de días lluviosos en todos los meses del año, siendo el período de menor captación de agua entre noviembre y mayo, y el de mayor entre julio y septiembre. Tomando en cuenta las modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen hechas por García (1988) la fórmula que describe el clima de la zona es (A)cb(fm)(i')gwn en la cual se incluyen climas semicálidos con temperatura promedio anual

mayor de 18°C, con poca oscilación térmica, precipitación del mes más seco mayor de 40mm y nieblas frecuentes.

La constante presencia de neblina es común y característica de la zona, lo que favorece la alta humedad atmosférica, la cual alcanza un promedio anual de 79% (Sampierei y Castro, 1990). De igual forma que en otras vertientes del Golfo, predominan los Vientos Alisios del Noreste y los “nortes” que entre octubre y febrero provocan una lluvia menuda y prolongada.

Los suelos de esta región son derivados de cenizas volcánicas recientes. Se incluyen dentro de los andosoles que se caracterizan por su alta capacidad de retención de agua y nutrimentos, una densidad aparente baja y un elevado contenido de materia orgánica. Se encuentran en áreas húmedas y subhúmedas (Aguilera, 1989). Las texturas oscilan de arcillo-arenosas a migajón arcillo-arenosas. El pH es ácido, con valores entre 4.5 y 5.0. El perfil edáfico tiene una secuencia ABC, en donde el horizonte A es relativamente profundo, grueso y oscuro, distinguiéndose las siguientes capas:

A₀₀ (capa L o capa de hojarasca), con restos vegetales y animales sin descomponer o poco descompuestos, con grosor variable según la época del año y lo accidentado del terreno.

A₀: en esta capa se encuentra materia orgánica parcialmente descompuesta; puede estar compactada, a menudo con dos capas distintivas; F con material en proceso de fermentación y H con restos humificados.

A₁: es un horizonte de color oscuro, contiene una proporción relativamente alta de materia orgánica y está íntimamente ligado con la capa inorgánica correspondiente al horizonte A₂, la cual es resultante de los procesos de lavado y lixiviación.

3. 3. Composición florística.

El área de estudio está dentro de una comunidad característica de un bosque mesófilo de

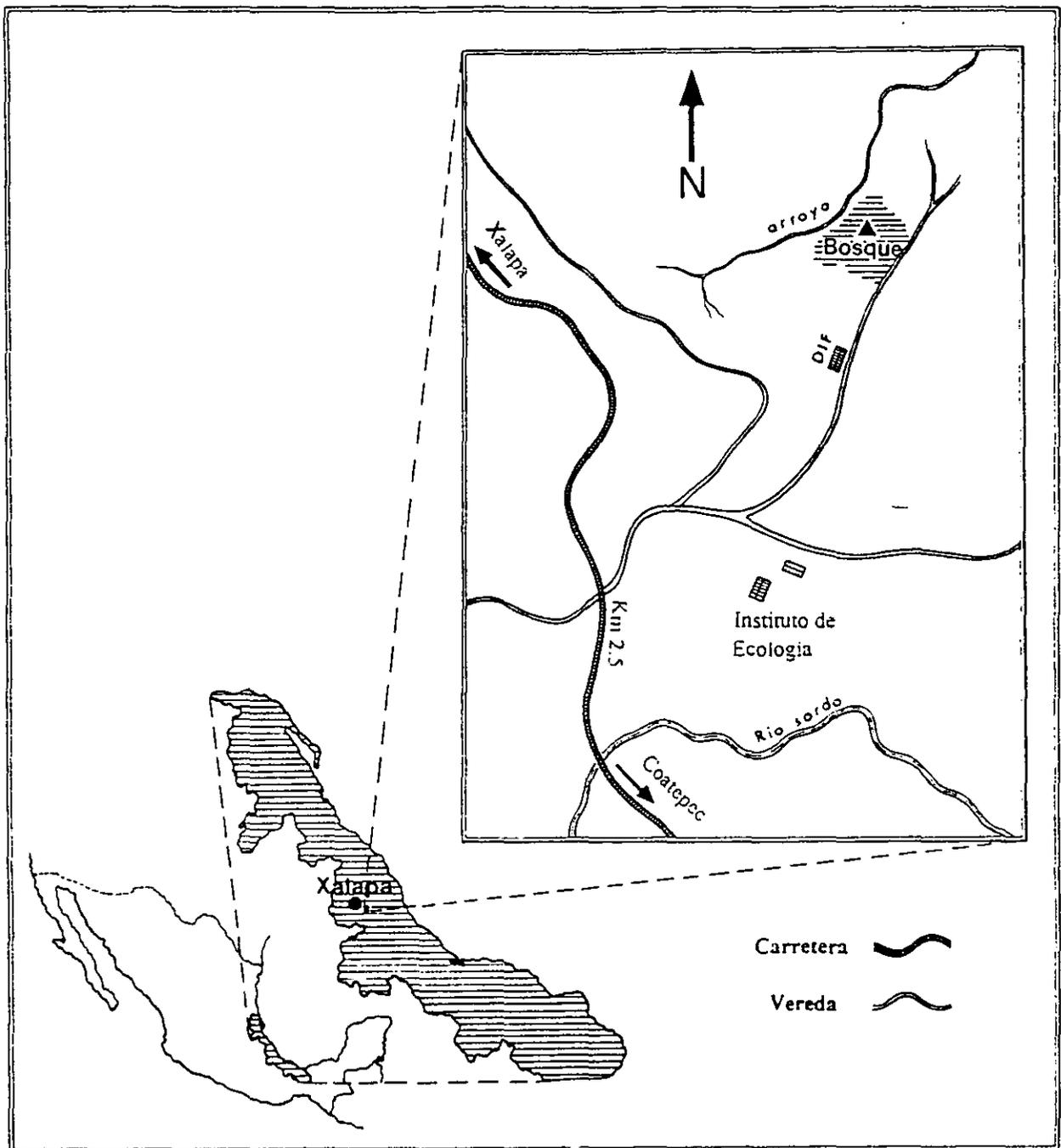


Fig. 1. Localización del bosque en donde se ubica el área de estudio.

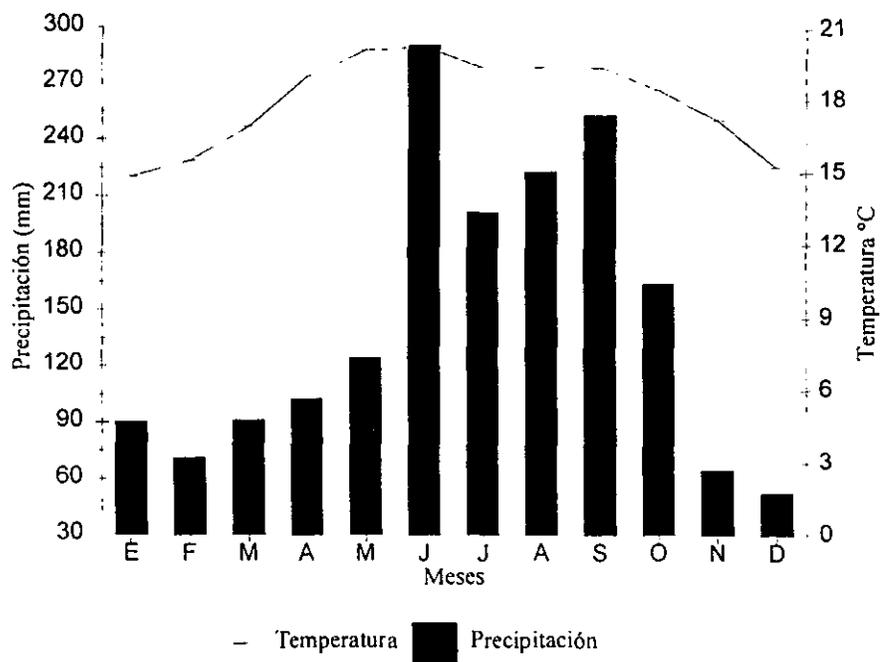


Fig. 2. Temperatura media y precipitación en la zona del área de estudio. Datos recopilados de la estación meteorológica de Briones. Cada dato representa el promedio de 10 años.

montaña (bmm) *sensu* Rzedowski (1988) o bosque caducifolio *sensu* Gómez-Pompa (1980), también nombrado bosque nublado o de nubes (Stadtmüller, 1987). Abarca aproximadamente 2 ha de una ladera, la cual no ha sido desforestada ya que ha servido como una barrera rompevientos para asentamientos contiguos, por lo que presenta componentes de vegetación primaria. Claramente se distinguen los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo. La altura promedio del dosel es de 24.6 m. Entre los árboles más importantes se encuentran *Carpinus caroliniana* Walter, *Liquidambar styraciflua* Oersted, *Quercus germana* Cham. y Sch., *Clethra mexicana* D. C., *Quercus xalapensis* Humb. y *Turpinia insignis* (HBK) Tulsane (Williams-Linera, 1993). En el estrato arbustivo están *Oreopanax xalapensis* (H.B. y K.) D., *Eugenia mexicana* Stendel., *Malvaviscus arboreus* Cav. y *Xylosma flexuosum* Hansley, entre otras. En el estrato herbáceo proliferan diversas especies de helechos además de otras plantas vasculares como *Peperomia glabella* (Swartz) A. Diert, *Peperomia quadrifolia* (L.) H.B. y K., *Monotropa uniflora* L. y *Begonia incarnata* Link y Otto (Castillo, 1991).

Una de las características distintivas de los bmm es la abundancia de plantas trepadoras y una amplia variedad de epífitas (Rzedowski, 1996), las cuales están bien representadas en el área. Con relación a las epífitas son comunes las bromelias, los helechos, las piperáceas, las orquídeas, los musgos y las hepáticas. Los estratos arbustivo y herbáceo son muy exuberantes en los lugares abiertos por la caída de árboles. Los troncos derrumbados con diferente grado de descomposición son comunes, cubriéndose de musgos, helechos, líquenes, hepáticas y hongos en poco tiempo.

3. 4. Producción de hojarasca.

El estrato arbóreo incluye tanto elementos perennifolios como caducifolios, lo que le confiere al bosque una apariencia siempre verde. Durante todo el año el suelo está cubierto por una gruesa capa de hojarasca que puede presentar de 10 a 40 cm de profundidad, cuando se incrementa en las épocas de mayor caída de hojas de los árboles caducifolios. Otro factor que

favorece el aporte de biomasa vegetal al mantillo es la acción de los vientos; durante los meses de febrero y marzo los ciclones tropicales provocan la caída de hojas, desprendimiento de ramas y en ocasiones el derrumbe de árboles. En su mayoría los restos vegetales se depositan en el suelo quedando algunos atrapados en las cubiertas de los árboles.

El aporte anual de hojarasca en la zona ha sido valorado por Correa (1981) y Williams-Linera y Tolome (1996), quienes registraron una producción de 9.2 ± 2.5 y $8.45 \pm 0.18 \text{ t ha}^{-1}$, respectivamente. En ambos estudios las hojas fueron los elementos más abundantes, constituyendo 66 y 75% de la biomasa de la hojarasca. La máxima caída de hojas se presenta durante los meses de febrero a abril y octubre y noviembre, en los cuales la precipitación es menor en comparación al resto del año. Las especies arbóreas que aportan la mayor biomasa al mantillo en forma de hojas son *Liquidambar styraciflua*, *Quercus germana* y *Q. xalapensis* (Correa, 1981). *L. styraciflua* tira la mayoría de sus hojas entre octubre y noviembre y las especies de *Quercus* entre marzo y abril (Williams-Linera y Tolome, 1996).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del presente trabajo se efectuaron dos tipos de muestreos uno longitudinal y otro transversal (Méndez Ramírez *et al.*, 1990). El muestreo longitudinal consistió en un experimento *in situ* que se planteó con la finalidad de comparar en forma detallada los cambios paulatinos en la composición y abundancia de las especies de hongos durante la descomposición de los tres tipos de hojas de interés. Por otro lado, el muestreo transversal consistió en la realización de una recolecta puntual que permitió comparar los hongos presentes tanto en las hojas vivas como en la hojarasca y a nivel de las capas superiores del suelo. Este último muestreo permitió conocer la continuidad de la presencia de las especies fúngicas durante el desarrollo de las hojas y su posterior descomposición e integración al suelo.

4.1. Muestreo longitudinal. Seguimiento de la micobiota a lo largo de la descomposición de las hojas.

4.1.1. Recolección de material e instalación de muestras en el campo.

Para abordar en forma controlada la descomposición de las hojas desde el momento en que caen al suelo hasta las fases más avanzadas de descomposición se empleó el método de confinamiento de material vegetal en bolsas de malla (Gilbert y Bock, 1960). Esta técnica consiste en introducir las hojas en bolsas confeccionadas con malla las cuales se colocan en el suelo y se recogen periódicamente y analizan según el propósito de la investigación.

La duración del estudio se planteó para un período de 30 meses, para lo cual se elaboraron 360 bolsas rectangulares (15 x 20 cm) de malla de fibra de vidrio, con 2 mm de abertura. En una de las dos épocas de mayor caída de hojas (finales de febrero y comienzo de marzo) se efectuaron recorridos en el bosque para recolectar del suelo hojas recién caídas de las tres especies analizadas. Se consideraron como hojas recién caídas aquellas que

estuvieran completas o casi completas y que no presentaran tonalidades oscuras o que estuvieran dañadas en más de 20% de su área foliar.

En el laboratorio se extendieron las hojas por separado para cada especie y se dejaron airear por 48 horas a temperatura ambiente; posteriormente se procedió a llenar las bolsas, cada una con 10 hojas, cerrándolas con hilo de nylon. Para cada tipo de hoja se elaboraron 120 bolsas. Las bolsas fueron colocadas en dos parcelas de 10 x 10 m. En cada parcela, se colocaron 60 bolsas de cada tipo de hoja, fijándolas con grapas de alambre al suelo en hileras. La secuencia de la colocación se estableció al azar.

4.1.2. Muestreos.

Con el fin de cuantificar la microbiota de las hojas recién caídas, previamente al llenado de las bolsas se tomaron 6 muestras de cada tipo de hoja (cada muestra consistió de 10 hojas tomadas al azar). El estudio inició el 20 de marzo de 1994 y finalizó el 7 de marzo de 1996; durante este lapso se efectuaron 18 muestreos periódicos. Tomando en cuenta el grado de deterioro en algunas hojas, las últimas bolsas de hojarasca fueron recolectadas a los 724 días de haberse colocado en el bosque. En cada muestreo fueron seleccionadas al azar 3 bolsas para cada tipo de hoja en cada parcela. Las bolsas recogidas fueron colocadas en forma individual en bolsas de plástico para su traslado al laboratorio.

4.1.3. Procesamiento de las muestras.

Las hojas se procesaron inmediatamente después de su recolección. Una vez extraídas de las bolsas, las hojas se sacudieron o limpiaron con brochas para eliminar restos de suelo y raíces; en ocasiones durante los últimos muestreos del segundo año fue necesario lavar las hojas en un tamiz debido a la abundante cantidad de grumos y raicillas adheridas a su superficie.

Una vez extraídas las partículas de tierra y raicillas de las hojas, se procedió a la preparación de cámaras húmedas en cajas de petri de cristal (100 x 15 mm) con papel filtro.

De toda las hojas de las muestra se cortaron círculos de 6 mm de diámetro con una perforadora previamente desinfectada con alcohol. Para cada una de las 6 repeticiones de cada tipo de hoja fueron colocados 25 círculos sobre papel filtro previamente esterilizado y humedecido. Las cámaras se incubaron a 28°C por un período de 25 días. Las cajas fueron inspeccionadas diariamente para mantener el papel filtro humedecido.

4.1.4. Cuantificación e identificación de los hongos.

Para la observación microscópica y la cuantificación de las especies, se hicieron preparaciones semipermanentes de impresiones directas de los círculos utilizando la técnica de Langvad (1980). Dicha técnica consiste en la colocación de un trozo de cinta adhesiva doble en el portaobjetos, a la cual se pega momentáneamente el material en estudio con el fin de obtener una impresión del mismo. Posteriormente se retira el tejido vegetal y se añade algún colorante, para finalmente colocar el portaobjetos. De cada muestra se elaboraron 5 laminillas con cinco círculos de hojas. El colorante utilizado fue azul de algodón con lactofenol. De esta forma, con el auxilio de un microscopio de luz transmitida (Carl Zeiss K7D), se revisó toda la superficie de cada uno de los círculos, cuantificando el número de especies diferentes presentes en cada uno.

La tarea de identificación se efectuó mediante el análisis detallado de la morfología y conidiogénesis de los esporóforos impresos en las laminillas, para lo cual se realizaron mediciones y esquemas. La ubicación taxonómica de las especies se realizó mediante la consulta de las obras de, Carmichel *et al.* (1980), Castañeda (1985, 1986), Castañeda y Kendrick (1990a, 1990b, 1991), Ellis (1957, 1971, 1976), Gams y Holubová-Jechová (1992), Matsushima (1971, 1975, 1980, 1983, 1987, 1989, 1993), Mercado-Sierra (1984), Mercado-Sierra *et al.* (1997), Nag Raj y Kendrick (1975), Pirozynski (1972) y Sivanesan (1987). En muchas ocasiones se recurrió a los artículos especializados en donde fueron descritas por primera ocasión los taxa en estudio, los trabajos consultados fueron: Alcorn (1996),

Castañeda y Arnold (1985), Castañeda (1988), Castañeda *et al.* (1996), De Hoog (1985), Drechsler (1937), Ellis (1967), Farr (1980), Glawe (1987), Goos (1989), Holubová-Jechová (1987, 1990), Hughes (1951a, 1951b, 1979), Hughes y Kendrick (1968), Kamal y Singh (1980), Kirk (1982), Kuthubutheen y Nawawi (1991), Mason y Ellis (1953), Morgan-Jones e Ingram (1976), Nag-Raj (1985), Nawawi (1975), Onofri y Zucconi (1984a), Pirozynski (1962, 1963, 1968), Pirozynski y Hodges Jr. (1973), Rambelli y Lunghini (1979), Subramanian y Vittal (1973), Sutton (1973), Untereiner (1997), Wingfield *et al.* (1987) y Zucconi y Onofri (1989).

4.2. Muestreo transversal. Análisis puntual de la composición de la micobiota en hojas vivas con diferente estado de desarrollo, en hojarasca y en la superficie del suelo.

4.2.1. Recolección de material.

Durante el mes de octubre de 1996 fueron seleccionados al azar en la zona de trabajo cinco árboles de cada una de las especies en estudio. De cada individuo se cortaron al azar entre 40 a 50 hojas en diferente estado de desarrollo. Paralelamente, en los sitios contiguos a los árboles muestreados fueron recolectadas hojas del mantillo en diferente estado de descomposición, y muestras de suelo a una profundidad de 0-10 cm. Las hojas se clasificaron cualitativamente en 7 estados de desarrollo y descomposición: 3 correspondientes a las hojas vivas y 4 para las hojas muertas con diferente grado de descomposición. A continuación se describen los estados referidos como F1, F2 y F3 para las hojas vivas, y H1, H2, H3 y H4 para las hojas muertas.

F1- Hojas jóvenes. Hojas de tamaño pequeño, sin daño aparente, de color verde en toda su superficie.

F2- Hojas maduras. Hojas que ya alcanzaron su tamaño máximo, con tonalidades verdes en la mayor parte de su superficie.

F3- Hojas senescentes. Hojas con tonalidades verde-café, algunas con daños evidentes en su superficie.

H1- Hojas recién caídas. Hojas semejantes a las F3 pero colectadas del suelo y con tonalidades café en más del 50% del área foliar.

H2- Hojas ligeramente degradadas. Hojas con tonalidades café negruzco en la mayor parte de su área foliar, fragmentadas y con consistencia quebradiza.

H3- Hojas medianamente degradadas. Hojas con tonalidades oscuras en toda su área, fragmentadas.

H4- Hojas altamente degradadas. Hojas muy fragmentadas, oscuras, con restos de suelo, procedentes de las capas más profundas del mantillo.

El suelo se colectó en áreas circundantes a los árboles muestreados, a una profundidad de 0-10 cm. En total se obtuvieron 5 muestras, las cuales fueron mezcladas para conformar una muestra mixta. Todo el material se extendió en el laboratorio y se dejó airear a temperatura ambiente por 48 horas.

4.2.2. Procesamiento de las muestras.

De cada una de las 7 categorías establecidas se obtuvo una submuestra mixta, consistente en 20 hojas tomadas al azar, de las cuales se cortaron círculos de toda su superficie para la elaboración de las cámaras húmedas, de la misma manera que se mencionó anteriormente.

4.2.3. Cuantificación e identificación de los hongos.

De cada una de las categorías establecidas para cada tipo de hoja se elaboraron 5 laminillas con cinco círculos cada una. En total se revisaron 105 laminillas, cuantificando el número de especies fúngicas diferentes para cada círculo.

4.2.4. Aislamiento de hongos del suelo.

El aislamiento de los hongos del suelo se efectuó mediante el método de filtración de partículas por lavados continuos (Parkinson, 1994), con las modificaciones establecidas por Bills y Polishook (1994a). Este método favorece el aislamiento de los hongos a partir de fragmentos de micelio inmersos en las partículas de suelo y reduce la recuperación de colonias aisladas por esporas.

Previamente a los lavados, el suelo se dejó secar por 48 horas y posteriormente se tamizó para eliminar piedras y raicillas. De cada muestra se pesaron 5 g de suelo tamizado, se lavaron por 15 minutos a través de dos microtamices de polipropileno con mallas de 210 y 105 μm previamente esterilizados con alcohol a 75%. Subsecuentemente el material depositado en el filtro de 105 μm se volvió a lavar por 10 minutos y las partículas sobrantes se suspendieron en 40 ml de agua destilada esterilizada y se sometieron a 15 lavados seriados con agua destilada esterilizada. De la suspensión final se inocularon alícuotas de 0.1 ml en 10 placas de cada uno de los medios de cultivo empleados. Las cajas se incubaron a 25 °C. Los medios utilizados fueron cloranfenicol-diclorán-rosa de bengala agar y extracto de malta agar; en ambos casos se añadieron 50 mg de sulfato de estreptomicina para inhibir el crecimiento de bacterias.

Durante 20 días a partir del tercer día después de la inoculación, las colonias emergentes fueron transferidas a tubos de cultivo con papa dextrosa agar (PDA) e incubadas a 28°C. Para la identificación de los hongos del suelo se utilizaron los tratados de Domsch *et al.* (1980), Barron (1968), von Arx (1981) y Ellis (1971, 1976). Para la identificación de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus* y *Trichoderma* se recurrió a los trabajos de Pitt (1991), Raper y Fennell (1965) y Rifai (1969), respectivamente. La valoración de la micobiota del suelo fue a nivel cualitativo.

4.2.5. Aislamiento de hongos endófitos de tejidos foliares.

Con el fin de detectar la presencia endofítica de los hongos de la hojarasca se procedió al

aislamiento de las especies presentes en los tejidos foliares. De las siete categorías establecidas para las hojas se obtuvieron dos muestras mixtas, una compuesta por hojas vivas en los diferentes estados de desarrollo y la otra por hojas con diferente grado de descomposición.

Con el objeto de eliminar los propágulos presentes en las superficies foliares las hojas fueron cortadas en fragmentos de 2-4 mm y desinfectadas de la siguiente manera: un minuto con alcohol al 75%, 3 minutos con NaOCl y 30 segundos de nuevo con alcohol (Bills, 1996). Finalmente se lavaron dos veces por dos minutos con agua destilada esterilizada. El material desinfectado se colocó en placas de extracto de malta agar (EMA en lo consecutivo) con clorotetraciclina y sulfato de estreptomina (50 mg de cada uno) y se incubó a 28°C. A partir del tercer día se procedió a transferir las colonias a tubos de cultivo con papa dextrosa agar (PDA en lo consecutivo).

Para su identificación los hongos se sembraron en placas con EMA al 2%, en avena agar y en harina de maíz agar con pedazos de hojas de plátano (Matsushima, 1971; Bills, 1996). De igual forma que para los hongos del suelo, la valoración de los hongos endofíticos fue a nivel cualitativo.

4.3. Microscopía electrónica.

En diversas ocasiones fueron realizadas observaciones al microscopio electrónico de barrido. Para lo cual círculos de las hojas previamente incubadas en cámaras húmedas se sombrearon con oro paladio por 15 min en un sombreador JEOL Mad Fine Coat 10N Spatter JFC-1100 y fueron revisadas en un microscopio JEOL Mad JSM-T20.

4.4. Análisis de los datos.

De cada muestra se obtuvo para cada especie fúngica una estimación de su frecuencia de aparición (%Fra), mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Fra} = \frac{\text{No. de círculos en que la especie aparece}}{\text{No. total de círculos de la muestra}} \times 100$$

Adicionalmente se calculó el porcentaje de frecuencia de constancia (%Frc) de las especies mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Frc} = \frac{\text{No. de muestreos* en que la especie aparece}}{\text{No. total de muestreos*}} \times 100$$

* En el caso del muestreo transversal se consideró el número de los estados de desarrollo o descomposición en que la especie en cuestión apareció.

Este valor permitió conocer la constancia con que una especie determinada apareció a lo largo del estudio. Así, en el muestreo longitudinal permitió valorar la constancia de los hongos durante las diferentes condiciones de descomposición del material, mientras que en el estudio transversal proporcionó información sobre la constancia de las especies en las 7 categorías analizadas.

Para comparar el porcentaje de similitud en especies entre las comunidades de hongos de las tres tipos de hojas se calculó el Índice de Sørensen mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{200 \times C}{A + B}$$

Donde:

C= número de especies comunes en A y B

A= número de especies en la comunidad A

B= número de especies en la comunidad B

El índice va de 0 % (cero similitud) a 100 % (idéntica composición).

La diversidad se calculó aplicando la función de Shannon (H') (Shannon y Weaver,

1949) mediante la siguiente fórmula:

$$H' = - \left[\sum (n_i/n) \log (n_i/n) \right]$$

Donde: n_i es el número de individuos pertenecientes a la especie i en la muestra y n es el número de individuos totales en la muestra. Considerándose los esporóforos como individuos.

Para determinar si existían cambios en la riqueza específica y en la diversidad a lo largo de la descomposición en el estudio longitudinal, se ajustaron rectas mediante regresión lineal simple a los datos de cada tipo de hoja. La variable dependiente fue la riqueza específica o la diversidad de cada tipo de hoja, y la variable independiente fue el tiempo de descomposición. Como las regresiones resultaron significativas tanto para la riqueza específica como para la diversidad, se procedió a comparar las pendientes y las ordenadas entre las rectas de las tres especies de hojas, para probar si la riqueza específica (o la diversidad) iniciales y su cambio durante la descomposición eran diferentes entre las hojas de *Quercus germana*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar styraciflua*.

En el caso del estudio transversal, para probar si las especies de hojas diferían en su riqueza específica media de hongos o en su diversidad media (promedio de las registradas en cada estado de desarrollo o descomposición), se condujeron análisis de varianza de un diseño en bloques al azar, donde cada estado o categoría de hoja era el bloque. Tanto las regresiones como los análisis de varianza se realizaron con el paquete estadístico GraphPad Prism, version 2.01.

Con el fin de determinar objetivamente la sucesión de hongos a lo largo del desarrollo y descomposición de las hojas, se aplicaron dos técnicas estadísticas multivariadas y complementarias: una ordenación mediante un análisis de componentes principales (ACP) y una clasificación mediante un análisis de conglomerados (Gauch, 1982).

El ACP es una técnica de ordenación para proyectar una nube multidimensional de puntos en un espacio de menor número de dimensiones, cuyos nuevos ejes se derivan bajo

los criterios de que sean ortogonales (o sea que no estén correlacionados) y que expliquen la máxima varianza (Gauch, 1982). Estos nuevos ejes o "componentes" representan el efecto correlacionado de las variables originales (en el caso del presente estudio, especies de hongos) y pueden interpretarse como variables latentes o factores que representan el efecto de otras variables más fundamentales (en este caso dominancia de las especies de hongos). El análisis de conglomerados asigna entidades a clases o grupos con base en una medida de similitud entre las entidades. En el estudio de comunidades bióticas la clasificación es una técnica natural si la variación de la comunidad es discontinua, mientras que la ordenación es recomendada si la variación es continua. En el estudio de una supuesta sucesión, se implica por hipótesis una variación continua (aunque no necesariamente). Por lo tanto, una clasificación de las categorías de las hojas sería impuesta. Sin embargo, el uso de esta técnica se justifica porque las categorías del estado de las hojas en el estudio transversal se escogieron *a priori*, tratando de distinguir claramente diferentes etapas de la maduración o descomposición de las hojas. Además, esta técnica ayuda muchas veces a la interpretación de los resultados de ordenaciones al permitir buscar, subsecuente e independientemente a la ordenación o clasificación, aquellas variables comunes a los conglomerados obtenidos.

La ordenación parte de la hipótesis de que las categorías de desarrollo y descomposición son ordenables con base en la composición de la microbiota asociada a cada estado y al porcentaje de frecuencia de aparición de cada especie de hongo. Por ello una falta de ordenación, indicada por una distribución azarosamente esparcida en el plano de los factores o componentes extraídos y por una baja proporción de la varianza explicada por los componentes principales, indicaría que no hay sucesión. Similarmente, la clasificación generalmente presentada como un dendrograma- parte de la hipótesis de que las categorías de las hojas son asignables a grupos afines por la composición y abundancia de las especies. Por lo tanto, de existir una sucesión de hongos se esperaría que las categorías de desarrollo o descomposición cercanas en el tiempo, por tener una composición específica similar, serían

asignadas al mismo grupo o a grupos muy afines en el dendrograma.

Tanto la ordenación como la clasificación se efectuaron sobre una matriz de abundancia (expresada como el porcentaje de frecuencia de aparición) de las especies de Hyphomycetes en cada estado de desarrollo o descomposición de las hojas del estudio transversal, obtenida conjuntando la información de las tablas 8, 9 y 10. Como lo que se quería ordenar y clasificar eran las categorías de las hojas, la matriz se traspuso de manera que las filas (casos) fueran las categorías y las columnas (o variables) fueran las especies de hongos. El ACP se realizó sobre la matriz de correlaciones entre las variables, sin rotación de los componentes principales. La ordenación de las categorías de hojas resultante se graficó bidimensional y tridimensionalmente en el espacio de los componentes o factores 1, 2 y 3, para examinar la existencia de la sucesión.

Para el análisis de conglomerados se usó un método jerárquico aglomerativo que empieza con n conglomerados ($n = 21$ en el presente estudio), donde cada estado de hoja forma un conglomerado, y se termina con un conglomerado que agrupa a todas las categorías. El análisis de conglomerados se realizó usando la Distancia Euclidiana (DE) como medida de similaridad y el método de enlace promedio. La DE enfatiza la importancia de las especies dominantes (Gauch, 1982) por lo que una suposición del análisis fue que las especies raras no son determinantes en el patrón sucesional. Tanto el ACP como el análisis de conglomerados se realizaron con el paquete estadístico STATISTICA, versión 5.1.



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Composición de la micobiota.

A continuación se presenta un análisis de la composición de la micobiota de los tres tipos de hojas, para lo cual se han reunido todas las especies detectadas tanto en hojas vivas como en hojarasca (Tabla 2). Además de los Hyphomycetes se han incluido algunas especies de Coelomycetes y Ascomycetes debido a que dentro de estos grupos se encontraron especies que destacaron por su alta frecuencia. Con el fin de ubicar y facilitar el manejo de la información obtenida, se ha recurrido a la clasificación presentada por Herrera y Ulloa (1990), considerando que las jerarquías taxonómicas reflejan únicamente semejanzas morfológicas.

El total de especies distinguidas suma 210, sin incluir las correspondientes a los géneros *Penicillium*, *Trichoderma* y *Phoma*. Las especies de los dos primeros géneros no se identificaron debido a que aparecieron en las cámaras húmedas, las cuales fueron valoradas mediante preparaciones semipermanentes. Esto imposibilitó la realización de aislamientos que son requeridos para su caracterización. La identificación de las especies de *Phoma* rebasa los objetivos planteados en este trabajo.

5.1.1. Aspectos taxonómicos.

Taxonómicamente, la micobiota estuvo formada por 166 Hyphomycetes, 8 Coelomycetes y 4 Ascomycetes. De los Hyphomycetes, 135 fueron determinados a nivel de especie, quedando 9 como *affinis*; 22 se ubicaron hasta género y un total de 32 especies quedaron pendientes de identificación por falta de material adecuado. El número de géneros distinguidos asciende a 92. En el siguiente cuadro se incluyen los géneros mejor representados, sobresaliendo el número de especies de *Curvularia*, *Chalara* y *Dictyochaeta* en los tres tipos de hojas.

<i>Quercus germana</i>		<i>Quercus xalapensis</i>		<i>Liquidambar styraciflua</i>	
<i>Dictyochaeta</i>	5*	<i>Curvularia</i>	6*	<i>Curvularia</i>	6*
<i>Curvularia</i>	4	<i>Chalara</i>	6	<i>Alternaria</i>	4
<i>Chalara</i>	4	<i>Dictyochaeta</i>	5	<i>Dictyochaeta</i>	4
<i>Sporidesmium</i>	4	<i>Cladosporium</i>	4	<i>Gyrothrix</i>	4
		<i>Gyrothrix</i>	4		
		<i>Thozetella</i>	4		

* Indica el número de especies identificadas para cada género.

En las hojas de *Q. germana* se detectaron 139 especies; en las de *Q. xalapensis* 136 especies, y en las de *L. styraciflua* 126. En general, los tres tipos de hojas albergan una micobiota muy parecida. Según los resultados del índice de Sørensen las muestras de *Q. germana* y *Q. xalapensis* comparten un mayor porcentaje de especies fúngicas, alcanzando un valor de 69 %; le siguen *Q. xalapensis* y *L. styraciflua*, cuya similitud fue 65.6 %, y finalmente *L. styraciflua* y *Q. germana* con 58.8 %.

Hasta antes de la presente investigación, las hojas de *Liquidambar* habían sido pobremente exploradas desde el punto de vista micológico, no así las de *Quercus*, que han sido objeto de diversos estudios en bosques templados del Norte de Europa y América (Watson *et al.*, 1974; Hering, 1965; Yokoyama *et al.*, 1977).

La mayoría de las especies identificadas se desconocían en México. Un total de 112 especies corresponden a nuevos registros para México. Los hongos *Acremoniula triseptata*, *Camposporium quercicola*, *Endophragmiella mexicana* y *Monodictys spinosa* son nuevas especies para la ciencia. La diagnosis detallada de dichas especies y de 43 más, que a lo largo del desarrollo del presente estudio fueron descritas constituyendo nuevos registros para México, se describieron en Heredia, 1994; Heredia *et al.*, 1995; Mercado-Sierra *et al.*, 1995 y Mena-Portales *et al.*, 1995. Sobretiros de estos trabajos se anexan en el apéndice.

La alta frecuencia del género *Curvularia* en hojas de plantas tropicales ha sido mencionada por Hudson (1968); así mismo, en los estudios de Tokumaso *et al.* (1997) y

Subramanian y Vittal (1979, 1980) realizados en Tailandia y la India, respectivamente, sobresale la diversidad de especies de dicho género. Con respecto a los otros géneros, Yokoyama *et al.* (1977) señalan a *Chalara* y *Dyctiochaeta* como dominantes en hojarasca de *Quercus phillyraeoides* A. Gray.

Se considera que un alto número de hongos conidiales corresponden a los estados anamorfos de Acomycetes y en menor proporción de Basidiomycetes (Kendrick, 1989). A pesar de que cada vez se conoce más sobre las conexiones anamorfo-teleomorfo, la mayoría de los hongos conidiales no han sido relacionados con sus teleomorfos o estados sexuales.

En la tabla 3 se incluyen los estados sexuales o teleomorfos conocidos para algunas de las especies identificadas en el presente estudio. Como puede observarse, todos ellos pertenecen a órdenes de ascomicetes. De las conexiones presentadas en la tabla, únicamente se observó en las hojas a *Pestalospaeria concentrica* Barr probable teleomorfo de *Pestalotiopsis maculans* (Barr, 1975). Aun cuando no se logró obtener en cultivo la fase sexual, la alta frecuencia con que se encontraron asociadas ambas especies hace suponer que se trata del holomorfo. Además las medidas y características de las ascas y el peritecio coinciden con la descripción del material tipo en que se basó Barr (1975) para establecer dicha conexión.

La búsqueda de la fase sexual para los hongos conidiales representa una tarea sumamente laboriosa y difícil de concluir. Se ha planteado la posibilidad para algunos hongos mitospóricos de que a lo largo de su evolución haya desaparecido la producción de estructuras sexuales. Kendrick (1989) comenta que seguramente algunas especies de hongos conidiales se han adaptado exitosamente a la obtención de intercambio genético a través de la parasexualidad, por lo que la producción del teleomorfo les resulta redundante y en consecuencia éste se ha ido perdiendo en su ciclo de vida.

Para algunos taxa se ha avanzado significativamente en el establecimiento de conexiones anamorfo-teleomorfo, como en los géneros conidiales *Gliocladium*, *Fusarium*

y *Cylindrocarpon*, que han sido relacionados con ascomicetos del orden Hypocreales. Samuels y Rossman (1979) mencionan que los ascomicetos que tienen una morfología semejante en cuanto al peritecio tienden a formar anamorfos morfológicamente similares, y que mediante esta vía es factible predecir con cierta confiabilidad el tipo de anamorfo. Sin embargo, la predicción de un teleomorfo a partir de un anamorfo es hasta ahora incierta, en especial para aquellos hongos conidiales cuya morfología es relativamente simple; tal es el caso de los géneros *Acremonium* y *Chrysosporium*. Para el primero se han descrito por lo menos 29 diferentes géneros holomorfos, incluidos en 9 órdenes de Ascomycetes, y para el segundo se han establecido conexiones con por lo menos 22 géneros de ascomicetos, incluidos en 3 órdenes, y con un basidiomiceto (Kendrick y Murase, 1994).

El establecimiento de las conexiones puede proporcionar información valiosa sobre grupos naturales dentro de los hongos conidiales; asimismo en la medida en que se explore más este campo será posible visualizar si existe una correspondencia entre la similitud morfológica y sus teleomorfos.

5.1.2. Formas de vida y adaptaciones.

En la figura 3 se presenta una evaluación de las diferentes formas de vida de las especies de hongos identificadas (incluyendo las consideradas como *affinis*). Se han distinguido los siguientes grupos: 1) saprobios en restos vegetales, 2) saprobios generalistas, 3) saprobios anfibios, 4) fitopatógenos y 5) zoopatógenos.

Como era de esperarse, la mayoría de los Hyphomycetes encontrados corresponden a hongos saprobios asociados a restos vegetales, en particular a hojas de plantas silvestres y cultivadas. Entre los hongos que prosperan en las hojas antes de que mueran y se desprendan, están diferentes especies de *Alternaria*, *Curvularia* y *Bipolaris*; otras meros conocidas son *Ampullifera* aff. *brasiliensis*, *Microxiphium* sp., *Mycoleptodiscus* sp., *Sarcinella glycosmidis* (Fig. 27b) y *Trypospermum myrti*. Especies de los géneros *Beltraria*.

Circinotrichum, *Cryptophiale*, *Chalara*, *Dactylaria*, *Dictyochaeta*, *Nakataea* y *Phialocephala*, entre otras, se caracterizan por desarrollarse principalmente sobre las hojas muertas depositadas en el mantillo (Subramanian, 1983). Algunas de las especies incluidas dentro de este grupo han sido colectadas sobre madera, como son *Corynespora homaliicola* (Fig. 17c), *Chloridium virescens* var. *chlamydosporum*, *Dictyochaeta simplex*, *Dictyosporium heptasporium*, *Helicosporium virescens*, *Henicospora minor*, *Hermatomyces tucumanensis*, *Monodictys glauca*, *Sporidesmium leptosporum*, *Speiropsis belauensis* y *Stachybotrys kampalensis*. Otras, además de desarrollarse sobre restos vegetales, han sido aisladas frecuentemente del suelo, incluyéndose en este caso a *Gliocladium roseum*, *Gonytrichum macrocladum*, *Humicola grisea*, *Nigrospora sphaerica*, *Pithomyces chartarum* y *Thermomyces lanuginosus*.

En segundo término se encontraron las especies fitopatógenas, las cuales estuvieron representadas preferentemente por parásitos facultativos que, como es sabido, generalmente están presentes como saprobios y proliferan cuando el hospedero está bajo condiciones desventajosas. Entre los géneros de Hyphomycetes identificados, *Alternaria*, *Bipolaris*, *Curvularia* y *Fusarium* destacan por su importancia fitopatológica. *Alternaria citri* se asocia con daños en hojas y frutos de *Citrus* spp. (Mercado-Sierra *et al.*, 1997b) y *A. dianthicola* causa la pudrición de las yemas florales de claveles (Farr *et al.*, 1989); varias de las especies determinadas dentro del género *Bipolaris* ocasionan manchas foliares, como *B. bicolor*, *B. australiensis* y *B. spicifera*; esta última puede además ser causante de pudriciones en raíces (Sivanesan, 1987).

Un género de suma importancia en fitopatología es *Fusarium*, destacando *F. decemcellulare*, el cual además de provocar chancros en muchos hospederos leñosos es un patógeno importante en cacao, y *F. flocciferum*, el agente causal de la pudrición negra de la papa (Farr *et al.*, 1989).

Entre las especies de Coelomycetes identificadas están *Colletotrichum*

gloeosporioides y *Tubakia dryina* (Fig. 29d). El primero es un patógeno ampliamente distribuido causante de antracnosis en frutos de múltiples hospederos (Agrios, 1978), y el segundo es un habitante común en hojas de plantas leñosas. *T. dryina* prospera en una amplia variedad de especies de *Quercus* en diferentes zonas de Estados Unidos (Farr *et al.*, 1989); en Illinois se ha reportado en hojas de *L. styraciflua* (Tehon, 1948). Aunque provoca manchas foliares, pruebas de patogenicidad han demostrado que no llega a ocasionar daños significativos en el hospedero (Holdenrieder y Kowalski, 1989).

Es importante señalar que aun cuando se encontraron especies potencialmente fitopatógenas, no se observaron manifestaciones aparentes de alguna enfermedad en las plantas estudiadas. Muy probablemente la alta diversidad de la micobiota en las hojas impide la proliferación de las especies patógenas. El antagonismo de algunos hongos del filoplano hacia los hongos fitopatógenos ha sido objeto de múltiples experimentos a nivel de campo e invernadero. Dickinson y Skidmore (1976) encontraron que varias especies saprobias del filoplano tienen el potencial para antagonizar contra el patógeno de la cebada *Septoria nodorum*, inhibiendo la germinación de los conidios.

La actividad antibiótica de hongos comunes del filoplano como son *Cladosporium herbarum*, *C. macrosporum*, *Alternaria alternata* y *Stemphylium botryosum* ha sido demostrada ante otros hongos del filoplano (Fokkema, 1973). Recientemente se ha encontrado que la mayoría de las especies de *Alternaria* producen sustancias antifúngicas (Lindenfelser y Ciegler, 1969). La manifestación de enfermedades se acentúa en los agroecosistemas en que la diversidad de los hospederos está limitada a unas cuantas especies. Es factible suponer que bajo las condiciones preponderantes en el bosque existen fenómenos de supresividad que mantienen un equilibrio entre las poblaciones saprobias y las poblaciones patógenas de las hojas.

El tercer grupo más abundante correspondió a los saprobios generalistas, formado por hongos capaces de desarrollarse en cualquier tipo de sustrato orgánico. Las especies de

Aspergillus, *Cladosporium*, *Gliocladium*, *Stachybotrys*, *Torula* y *Zygosporium* son representativas del mencionado grupo. Estos géneros, junto con *Trichoderma* y *Penicillium*, agrupan organismos que se distinguen por su alta capacidad saprobioica competitiva (Garrett, 1963).

En menor proporción está presente el grupo de los hongos saprobios anfibios, dentro de los cuales se han reunido especies que frecuentemente se desarrollan en restos vegetales sumergidos en ambientes dulceacuícolas con corrientes ligeras, como son riberas de ríos, riachuelos o estanques. La morfología de los taxa acuáticos es característica; sus propágulos generalmente se ramifican en varios planos, presentando largos brazos o apéndices y formas tetraradiadas. La peculiar forma de los conidios de estos hongos es considerada como una adaptación a su dispersión en el medio acuático. Se ha visto que los apéndices de las formas tetraradiadas se comportan como diminutas anclas que ayudan a que las esporas queden atrapadas en los restos vegetales a pesar de las corrientes de agua. Asimismo, la presencia de múltiples apéndices aumenta la probabilidad de colonización del sustrato (Webster y Descals, 1981; Goh, 1997).

La existencia de este grupo de hongos enriquece aún más la diversidad micológica de los bosque mesófilos. Seguramente el ambiente húmedo durante la mayor parte del año en el bosque favorece su desarrollo en las películas de agua que se forman en la superficie de las hojas y entre los resquicios de la hojarasca. De las especies identificadas se incluyen en este grupo a *Diplocladiella scalaroides*, *Isthmotricladia gombakiensis*, *Speiropsis belauensis*, *Teratosperma singulare*, *Tetraploa aristata*, *Trinacrium graciles*, *Tripopermium myrti*, *T. roupalae* y *Triramulispora gracilis*.

Entre los hongos parásitos de animales estuvieron: *Pithomyces chartarum*, relacionado con el eczema en ovejas en Nueva Zelandia (Barron, 1968); *Bipolaris spiciferà* causante de micosis queratinolíticas en el hombre y micosis subcutáneas en caballos y gatos (Sivanesan, 1987), y por *Dactylella ellipsospora* depredador de nemátodos (Barron, 1977).

Resulta interesante señalar que el mayor número de especies encontradas correspondió a hongos dematiáceos, los cuales se caracterizan por tener una pigmentación oscura, incluyendo diferentes tonalidades que van del café negruzco-oscuro al café pálido, presentándose en todas las estructuras o solo en algunas. Generalmente estos hongos desarrollan paredes gruesas tanto en el micelio como en los conidióforos y conidios, así como en otras estructuras como setas y clamidosporas.

Algunos autores han resaltado la dominancia de formas oscuras en las hojas (Hering, 1965; Dix y Webster, 1995). Al parecer las especies dematiáceas están mejor adaptadas a las adversidades físicas y biológicas prevalentes en el filoplano y en la hojarasca. En las hojas adheridas a las ramas, los hongos están expuestos a condiciones de baja humedad y a la exposición de luz ultravioleta y en las hojas recién depositadas en el mantillo, además de la desecación, las estructuras fúngicas deben enfrentarse a la actividad depredadora por parte de la microflora y mesofauna del suelo.

Las aportaciones experimentales de Diem (1971) y Pugh y Buckley (1971), han demostrado la tolerancia de las especies dematiáceas a condiciones de baja humedad y a la exposición a la luz ultravioleta. Se piensa que la melanización y las paredes gruesas del micelio protegen a los hongos de la lisis ocasionada por bacterias. Dichas características sitúan a estos hongos en una posición ventajosa ante las especies hialinas (Dix y Webster, 1995).

5.1.3. Distribución y afinidades biogeográficas.

En la tabla y en la figura 4 se presenta la distribución, por grandes regiones de las 135 especies de hongos conidiales identificadas en el presente trabajo. Existen zonas donde más que la ausencia de los hongos, lo que se refleja es el vacío en el conocimiento de estos organismos. Tal es el caso de los países de Centro América y Sudamérica, donde seguramente un alto porcentaje de las especies halladas en el presente trabajo prosperan en

esas áreas.

Las especies con amplia distribución (señaladas como cosmopolitas) suman 27, incluyendo a *Beltrania rhombica*, *Tetraploa aristata*, *Torula verrucospora* y *Zygosporium gibbum*, que aunque son frecuentes en las zonas tropicales, han sido halladas en regiones templadas del hemisferio Norte. Un total de 26 especies pueden ser consideradas como poco comunes, ya que previo a la realización del presente trabajo su distribución estaba limitada a la localidad del material tipo; entre éstas se encuentran *Ceratosporella deviata* (Fig. 30b), *Cryptophiale minor*, *Dictyochaeta antillana* (Fig. 19), *Gyrothrix dichotoma*, *Nakataea cylindrospora* (Fig. 23a), *Paliphora intermedia* (Fig. 24), *Phialocephala mexicana* (Fig. 25a), *Pseudobeltrania havanensis* (Fig. 23b) y *Sarcinella glycosmidis* (Fig. 27b).

Sin considerar las especies de amplia distribución, es interesante destacar que más de la mitad de los hongos identificados se encuentran también en el Caribe, Asia y Africa (52, 65 y 56 especies respectivamente). Estos datos sugieren que probablemente de igual forma que con la flora vascular (Rzedowski, 1996), el bmm de México concentra un alto número de especies de Hyphomycetes con afinidades con el continente asiático. Desde el punto de vista micológico una situación similar ha sido planteada por San Martín y Rogers (1995), quienes analizaron la distribución mundial del género *Xylaria*. Los autores mencionados señalan la alta similitud entre las floras como una de las posibles causas de dicha semejanza a nivel de la micobiota. Para poder apoyar lo anterior es necesario el incremento sustancial de inventarios micológicos, no sólo para México sino también para otras áreas tropicales inexploradas hasta la fecha.

La región del sureste y centro de Veracruz presenta relevancia por ser una zona de transición entre el ambiente tropical y el templado. La mezcla de elementos templados y tropicales en el bosque mesófilo de montaña lo ubican como uno de los tipos de vegetación con mayor diversidad desde el punto de vista botánico (Rzedowski, 1996). La afinidad fitogeográfica de la flora de este tipo de ecosistema ha sido estudiada para varias regiones de México (Lorenzo, *et al.* 1983; Luna-Vega *et al.*, 1988, Puig *et al.*, 1987). Si bien es

probable que aún estamos lejos de conocer la totalidad de la composición de los hongos asociados a las hojas, la información resultante del presente trabajo permite realizar un análisis preliminar de las posibles afinidades biogeográficas de los hongos asociados a las hojas.

En el histograma de la figura 4 se han ubicado las especies fúngicas encontradas de acuerdo a su distribución por regiones fitogeográficas, destacando la abundancia de especies con afinidad tropical. Estos resultados son concordantes con los estudios fitogeográficos de la flora del bosque mesófilo en varios estados de la República (Lorenzo *et al.*, 1983; Luna-Vega, *et al.*, 1988; Puig, *et al.*, 1987), los cuales coinciden en que los elementos tropicales están representados más ampliamente en comparación con los elementos templados.

Es interesante destacar que aun cuando el origen de las especies de las hojas estudiadas es considerado como holártico (Williams-Linera y Tolome, 1996), los hongos conidiales que se desarrollan en ellas tienen principalmente una afinidad tropical. Tales observaciones indican que más que el tipo de hoja, son los factores abióticos asociados a la localidad, tales como el clima los que juegan un papel preponderante en la composición de la micobiota.

Tabla 2. Micobiota de las hojas de *Quercus germana* (Qg), *Quercus xalapensis* (Qx) y *Liquidambar styraciflua* (Ls). Taxa arreglados según la clasificación de Herrera y Ulloa (1990). El signo + indica presencia y el - ausencia. Las especies que han sido descritas para México presentan un supraíndice el cual indica la referencia bibliográfica incluida al final de la tabla.

ESPECIES	Qg	Qx	Ls
HYPHOMYCETES			
◆ MONILIALES			
Moniliaceae			
<i>Acremonium exiguum</i> W. Gams	-	-	+
<i>Acremonium kiliense</i> Grütz	+	-	-
<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresen.	+	+	+
<i>Aspergillus niger</i> Tiegh.	+	+	+
<i>Cylindrocarpon</i> sp.	-	-	+
<i>Cylindrocarpon coprosmae</i> C. Booth	+	-	-
<i>Cylindrocladium parvum</i> P. J. Anderson	+	+	+
<i>Dactylaria aspirensis</i> R. F. Castañeda et W. B. Kendr.	-	+	-
<i>Dactylaria fulva</i> R.Y. Roy et Gujarati	+	+	-
<i>Dactylaria</i> aff. <i>fusiformis</i> Shearer et J. L. Crane	+	-	-
<i>Dactylaria</i> aff. <i>lepida</i> Minter	-	-	+
<i>Dactylaria obtriangularia</i> Matsush.	+	+	-
<i>Dactylella ellipsospora</i> Grove ⁵	+	+	+
<i>Gliocladium roseum</i> Bainier	+	+	+
<i>Penicillium</i> spp.	+	+	+
<i>Trichoderma</i> spp.	+	+	+
Dematiaceae			
<i>Acremoniula brevis</i> (M. B. Ellis) S. Hughes	+	-	-
<i>Acremoniula triseptata</i> Mercado, Heredia et Mena ⁶	+	+	-
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	+	+	+
<i>Alternaria citri</i> (M. B. Ellis et N. Pierce) N. Pierce	+	-	+
<i>Alternaria dianthicola</i> Neerg.	-	-	+
<i>Alternaria tenuissima</i> (Kunze ex Pers.) Wiltsh.	+	+	+
<i>Ampullifera</i> aff. <i>brasiliensis</i> Deighton	+	+	-
<i>Anungitea fragilis</i> B. Sutton ⁵	+	+	+
<i>Arthrinium phaeospermum</i> (Corda) M. B. Ellis ⁷	+	+	+
<i>Beltrania africana</i> S. Hughes	+	+	+
<i>Beltrania querna</i> Harkn.	+	-	+
<i>Beltrania rhombica</i> Penz. ³	+	+	+
<i>Beltraniella portoricensis</i> (F. Stevens) Piroz. et S. D. Patil	+	+	+
<i>Beltraniella</i> sp.	+	+	+
<i>Beltraniopsis</i> aff. <i>tanzaniensis</i> Piroz.	-	-	+
<i>Bipolaris australiensis</i> (M. B. Ellis) Tsuda et Ueyama ⁴	-	+	+
<i>Bipolaris bicolor</i> (P. C. Misra) Shoemaker ⁴	+	+	+
<i>Bipolaris hawaiiensis</i> (M. B. Ellis) Uchida et Aragaki ⁴	+	-	-
<i>Bipolaris spicifera</i> (Bainier) Subram. ⁴	-	+	-

Tabla 2. Continuación.

ESPECIES	Qg	Qx	Ls
<i>Bipolaris victoriae</i> R. R. Nelson	+	-	-
<i>Camposporium quercicola</i> Mercado, Heredia et Mena ⁶	+	+	-
<i>Candelabrum spinulosum</i> Beverw.	-	+	-
<i>Ceratosporella deviata</i> Subram. ⁵	+	-	+
<i>Circinotrichum olivaceum</i> (Speg.) Piroz.	-	+	-
<i>Circinotrichum papakurae</i> S. Hughes et Piroz. ⁷	+	+	-
<i>Cladosporium chlorocephalum</i> (Fresen.) E. W. Mason et M. B. Ellis	-	+	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) de Vries	+	+	+
<i>Cladosporium oxysporum</i> Berk. et Curtis	+	+	+
<i>Cladosporium sphaerospermum</i> Penz.	+	+	+
<i>Codinaea britannica</i> M. B. Ellis	+	-	-
<i>Corynespora citricola</i> M. B. Ellis	-	-	+
<i>Corynespora homaliicola</i> Deighton et M. B. Ellis	-	-	+
<i>Cryptophiale kakombensis</i> Piroz. ³	+	+	+
<i>Cryptophiale minor</i> M. L. Farr	-	+	-
<i>Cryptophiale udagawae</i> Piroz. et Ichinoe ³	+	+	+
<i>Curvularia affinis</i> Boedijn	-	+	-
<i>Curvularia brachyspora</i> Boedijn ⁴	-	+	-
<i>Curvularia catenulata</i> Reddy et Bilgrami	-	+	+
<i>Curvularia clavata</i> B. L. Jain ⁴	+	+	+
<i>Curvularia eragrostidis</i> (Henn.) J. A. Mey. ⁴	-	-	+
<i>Curvularia lunata</i> (Wakker) Boedijn ⁴	+	+	+
<i>Curvularia pallescens</i> Boedijn ⁴	+	+	+
<i>Curvularia senegalensis</i> (Speg.) Subram. ⁴	+	-	+
<i>Chaetopsina fulva</i> Rambelli	+	-	-
<i>Chalara alabamensis</i> Morgan-Jones et E. G. Ingram ³	+	+	+
<i>Chalara aurea</i> (Corda) S. Hughes	-	+	-
<i>Chalara hughesii</i> Naj Raj et J. B. Kendr.	-	+	+
<i>Chalara microspora</i> (Corda) S. Hughes	+	+	-
<i>Chalara urceolata</i> Nag Raj et J. B. Kendr. ³	+	+	+
<i>Chalara</i> sp.	+	+	-
<i>Chloridium virescens</i> (Pers. ex Pers.) var. <i>chlamydosporum</i> W. Gams et Hol.-Jech.	+	+	+
<i>Dictyochaeta antillana</i> R. F. Castañeda	+	-	-
<i>Dictyochaeta assamica</i> (Agnihothr.) Aramb., Cabello et Mengasc. ⁵	+	+	+
<i>Dictyochaeta cylindrospora</i> (Morgan-Jones et E. G. Ingram) Aramb. et Cabello	+	+	-
<i>Dictyochaeta novae-guineensis</i> (Matsush.) A. I. Romero	-	+	+
<i>Dictyochaeta</i> aff. <i>pahangensis</i> Kuthub. et Nawawi	+	+	-
<i>Dictyochaeta simplex</i> (S. Hughes et W. B. Kendr.) Hol.-Jech. ⁵	+	+	+
<i>Dictyochaeta</i> sp.	-	-	+
<i>Dictyosporium heptasporum</i> (Garov.) Damon ⁵	+	-	+
<i>Diplocradiella scalaroides</i> Arnaud: M. B. Ellis ³	+	-	+
<i>Drechslera biseptata</i> (Sacc. et Roum.) Richardson et Fraser	-	-	+
<i>Drechslera</i> aff. <i>haloides</i> (Drechsler) Subram. et B. L. Jain	+	-	-
<i>Drechslera</i> aff. <i>poae</i> (Baudys) Shoemaker	+	-	-
<i>Endophragmiella mexicana</i> Mena, Heredia et Mercado ⁶	+	+	-
<i>Endophragmiella</i> sp.	-	+	-

Tabla 2. Continuación.

ESPECIES	Qg	Qx	Ls
<i>Geniculosporium</i> sp.	+	-	-
<i>Gonytrichum macrocladum</i> (Sacc.) S. Hughes ⁵	+	-	-
<i>Gyrothrix circinata</i> (Berk. et Curtis) S. Hughes ⁵	-	+	+
<i>Gyrothrix dichotoma</i> Piroz.	-	+	-
<i>Gyrothrix ramosa</i> Zucconi et Onofri	+	+	+
<i>Gyrothrix thevetiae</i> (Chona et Munjal) Piroz.	+	-	+
<i>Gyrothrix verticillata</i> Piroz.	+	+	+
<i>Helicosporium griseum</i> Berk. et Curtis ⁵	+	+	+
<i>Helicosporium virescens</i> (Pers.) Sivan. ⁵	+	-	-
<i>Helicosporium</i> sp.	+	+	-
<i>Henicospora minor</i> P. M. Kirk et B. Sutton	+	+	+
<i>Hermatomyces tucumanensis</i> Speg.	-	+	+
<i>Humicola grisea</i> Traaen	+	+	-
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i> Nawawi ⁵	+	+	+
<i>Kionochaeta ramifera</i> (Matsush.) P. M. Kirk et B. Sutton ²	+	+	+
<i>Kramasamuha sibika</i> Subram. et Vittal	+	+	+
<i>Microxiphium</i> sp.	+	+	+
<i>Monodictys glauca</i> (Cooke et Harkn.) S. Hughes	+	-	-
<i>Monodictys spinosa</i> Mercado, Heredia et Mena ⁶	-	-	+
<i>Monodictys</i> sp.	-	-	+
<i>Nakataea cylindrospora</i> R. F. Castañeda, Saikawa et Hennebert	+	+	-
<i>Nakataea fusispora</i> (Matsush.) Matsush. ⁵	+	+	+
<i>Nigrospora sphaerica</i> (Sacc.) E.W. Masson	+	+	+
<i>Nodulisporium</i> sp.	+	+	+
<i>Paliphora intermedia</i> Alcorn	+	+	+
<i>Periconia byssoides</i> Pers. ex Merat ⁷	+	+	+
<i>Periconiella velutina</i> (Wint.) Sacc.	-	-	+
<i>Phialocephala mexicana</i> Onofri et Zucconi ¹	+	+	+
<i>Phialophora</i> sp.	+	+	+
<i>Pithomyces chartarum</i> (Berk. et Curtis) M. B. Ellis ⁵	+	+	+
<i>Pithomyces maydicus</i> (Sacc.) M. B. Ellis ⁵	-	+	+
<i>Pseudobeltrania havanensis</i> Hol.-Jech.	-	+	-
<i>Rhinocladiella</i> estado de <i>Capronia mansonii</i> (Schol-Schwarz) Müller <i>et al.</i>	-	-	+
<i>Rhinocladiella</i> sp. 1	+	+	+
<i>Rhinocladiella</i> sp. 2	-	+	-
<i>Sarcinella glycosmidis</i> Kamal y Singh	+	+	+
<i>Scolecobasidium humicola</i> G. L. Barron et L. V. Busch	+	-	-
<i>Scolecobasidium</i> aff. <i>fusiformis</i> Matsush.	+	-	-
<i>Selenosporella curvispora</i> MacGarvie ⁵	+	+	+
<i>Septonema</i> aff. <i>fragilis</i> R. F. Castañeda	+	+	+
<i>Septonema</i> sp.	-	+	-
<i>Solosympiella</i> sp.	-	+	-
<i>Spegazzinia deightonii</i> (S. Hughes) Subram. ⁵	+	+	+
<i>Spegazzinia tessarthra</i> (Berk. et Curtis) ³	+	-	-
<i>Speiropsis belauensis</i> S. Hughes	-	+	+
<i>Sporendocladia bactrospora</i> (J. B. Kendr.) M. Wingfield	+	+	+

Tabla 2. Continuación.

ESPECIES	Qg	Qx	Ls
<i>Sporidesmiella hyalosperma</i> (Corda) P. M. Kirk var. <i>hyalosperma</i> P. M. Kirk ⁸	+	-	-
<i>Sporidesmium filiferum</i> Piroz. ⁵	+	+	+
<i>Sporidesmium goidanichii</i> (Rambelli) S. Hughes	-	+	+
<i>Sporidesmium leptosporum</i> (Sacc. et Roum.) S. Hughes ²	+	-	-
<i>Sporidesmium</i> sp. 2	+	+	-
<i>Sporidesmium</i> sp. 7	+	-	-
<i>Stachybotrys kampalensis</i> S. Hughes	-	-	+
<i>Subulispora procurvata</i> Tubaki ³	+	+	+
<i>Sympodiella laxa</i> Subram. et P. R. Vittal	-	+	+
<i>Sympodiella multiseptata</i> Tubaki	+	+	-
<i>Teratosperma singulare</i> Syd. ⁵	-	+	+
<i>Tetracoccosporium aerium</i> P.C Misra et P. Srivast. ⁵	+	+	+
<i>Tetraploa aristata</i> Berk. et. Broome ³	+	+	+
<i>Thermomyces lanuginosus</i> Tsikl.	+	+	+
<i>Torula verrucospora</i> (P. N. Mathur et G. Singh) B. Sutton ²	-	-	+
<i>Trinacrium gracile</i> Matsush.	-	-	+
<i>Tripospermum myrti</i> (Lind) S. Hughes ⁵	+	+	+
<i>Tripospermum roupalae</i> (Syd.) S. Hughes	-	-	+
<i>Tripospermum</i> sp.	+	+	+
<i>Triramulispora gracilis</i> Matsush. ⁵	+	+	-
<i>Ulocladium atrum</i> Preuss ⁵	-	-	+
<i>Veronaea coprophila</i> (Subram. et Lodha) M. B. Ellis ⁵	+	+	+
<i>Zygosporium gibbum</i> (Sacc., Rouss. et Boom) S. Hughes	+	+	+
<i>Zygosporium minus</i> S. Hughes ⁷	-	-	+
<i>Zygosporium mycophilum</i> (Vuill.) Sacc.	+	+	+
Stilbellaceae			
<i>Menisporopsis theobromae</i> S. Hughes ³	-	-	+
<i>Thozetella cristata</i> Piroz. et Hodges	-	+	-
<i>Thozetella cubensis</i> Castañeda et G. Arnold	-	+	+
<i>Thozetella radicata</i> (Morris) Piroz. et Hodges	+	+	-
<i>Thozetella</i> sp.	+	+	-
Tuberculariaceae			
<i>Dendrodochium</i> sp.	+	+	+
<i>Epicoccum nigrum</i> Link	+	+	+
<i>Fusarium decemcellulare</i> Brick	+	-	-
<i>Fusarium flocciferum</i> Corda	-	-	+
<i>Fusarium semitectum</i> Berk. et Rav.	+	-	-
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	-	-	+
<i>Myrothecium inundatum</i> Tode ex Gray	-	+	+
<i>Myrothecium prestonii</i> M. C. Tulloch	+	-	-
<i>Myrothecium</i> sp.	-	-	+
<i>Vermiculariopsiella immersa</i> (Desm.) Bender	+	+	+
<i>Volutella</i> sp.	-	+	-

Tabla 2. Continuación.

ESPECIES	Qg	Qx	Ls
COELOMYCETES			
◆ MELANCONIALES			
Melanconiaceae			
<i>Colletotrichum acutatum</i> Simmonds	-	-	+
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> (Penz.) Sacc.	-	-	+
<i>Pestalotiopsis macrospora</i> (Ces.) Steyaert	+	+	+
<i>Pestalotiopsis maculans</i> (Corda) Naj-Raj	+	+	+
<i>Seimatosporium nipponicum</i> Matsush.	-	+	+
<i>Tubakia dryina</i> (Sacc.) B. Sutton	+	+	+
◆ SPHAEROPSIDALES			
Sphaeropsidaceae			
<i>Ascochyta</i> sp.	+	+	-
<i>Phoma</i> spp.	+	+	+
<i>Phomopsis</i> sp.	+	-	-
SUBDIVISIÓN ASCOMYCOTINA			
<i>Ceratocystis picea</i> (Münch) B. K. Bakshi	+	-	-
<i>Glomerella</i> sp.	+	+	+
<i>Nectria</i> sp.	-	-	+
<i>Ophiostoma</i> sp.	-	+	-
ESPECIES NO IDENTIFICADAS			
micelio xilariáceo sp. 1	+	+	+
micelio xilariáceo sp. 2	+	+	+
micelio xilariáceo sp. 3	+	+	+
Especie No. 3	-	+	-
Especie No. 6	+	-	-
Especie No. 8	+	+	-
Especie No. 9	-	+	-
Especie No. 12	-	+	-
Especie No. 18	-	+	-
Especie No. 19	+	-	-
Especie No. 25	+	+	+
Especie No. 26	-	+	-
Especie No. 27	-	-	+
Especie No. 33	+	-	+
Especie No. 35	+	-	-
Especie No. 36	+	-	+

Tabla 2. Continuación.

ESPECIES	Qg	Qx	Ls
Especie No. 37	+	-	+
Especie No. 39	-	+	-
Especie No. 42	-	+	-
Especie No. 43	-	+	-
Especie No. 49	+	-	-
Especie No. 50	+	+	+
Especie No. 53	+	+	-
Especie No. 55	+	+	-
Especie No. 61	+	-	-
Especie No. 62	-	-	+
Especie No. 65	-	+	+
Especie No. 69	+	+	-
Especie No. 72	+	-	-
Especie No. 73	+	-	-
Especie No. 74	+	-	-
Especie No. 75	-	-	+

- 1.- Onofri y Zucconi, 1984.
- 2.- Mercado y Heredia, 1994.
- 3.- Heredia, 1994.
- 4.- Mena, *et al.*, 1995.
- 5.- Heredia, *et al.*, 1995.
- 6.- Mercado, *et al.*, 1995.
- 7.- Heredia, *et al.*, 1997a.

Tabla 3. Conexiones teleomórficas establecidas para algunas de las especies de los hongos conidiales identificadas en las hojas de *Quercus germana*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar styraciflua*.

Anamorfo	Teleomorfo	Orden	Referencia
<i>Beltraniella portoricensis</i>	<i>Pseudomassaria carolinensis</i> Barr y Hodges	Xylariales	Hodges y Barr, 1971
<i>Bipolaris australiensis</i>	<i>Cochliobolus australiensis</i> (Tsuda y Ueyama) Alcorn	Dothideales	Alcorn, 1983
<i>B. bicolor</i>	<i>C. bicolor</i> Paul y Parbery	Dothideales	Paul y Parbery, 1966
<i>B. hawaiiensis</i>	<i>C. hawaiiensis</i> Alcorn	Dothideales	Alcorn, 1978
<i>B. spicifera</i>	<i>Pseudocochliobolus spicifer</i> (Nelson) Tsuda, Ueyama y Nishihara	Dothideales	Nelson, 1964
<i>B. victoriae</i>	<i>Cochliobolus victoriae</i> Nelson	Dothideales	Nelson, 1960
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	<i>Glomerella cingulata</i> (Stonem.) Spauld. y Schrenk	Phyllachorales	In Sutton, 1980
<i>Cylindrocarpon coprosmae</i>	<i>Nectria coprosmae</i> Dingley	Hypocreales	In Booth, 1971
<i>Curvularia eragrostidis</i>	<i>Cochliobolus eragrostidis</i> (Tsuda y Ueyama) Sivanesan	Dothideales	Sivanesan, 1987
<i>C. lunata</i>	<i>Cochliobolus lunatus</i> Nelson y Haasis	Dothideales	Nelson y Haasis, 1964
<i>C. pallescens</i>	<i>C. pallescens</i> (Tsuda y Ueyama) Sivanesan	Dothideales	Sivanesan, 1987
<i>Fusarium decemcellulare</i>	<i>Nectria rigidiuscula</i> Berk. y Broome.	Hypocreales	In Booth, 1971
<i>F. flocciferum</i>	<i>Gibberella heterochroma</i> (?) Wollenw	Hypocreales	In Domsch <i>et al.</i> , 1980
<i>Gliocladium roseum</i>	<i>Nectria ochroleuca</i> (Schw.) Berk.	Hypocreales	In Domsch <i>et al.</i> , 1980
<i>Tubakia dryina</i>	<i>Dicarpella dryina</i> Belisario	Diaporthales	Belisario, 1991
<i>Tetraploa aristata</i>	<i>Massarina tetraploa</i> Scheuer	Dothideales	Scheuer, 1989
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	<i>Pestalospaeria concentrica</i> Barr	Xylariales	Barr, 1975
<i>Rhinocladiella mansonii</i>	<i>Capronia mansonii</i> (Schol-Schawrz) E. Müller <i>et al.</i>	Dothideales	Müller <i>et al.</i> , 1987

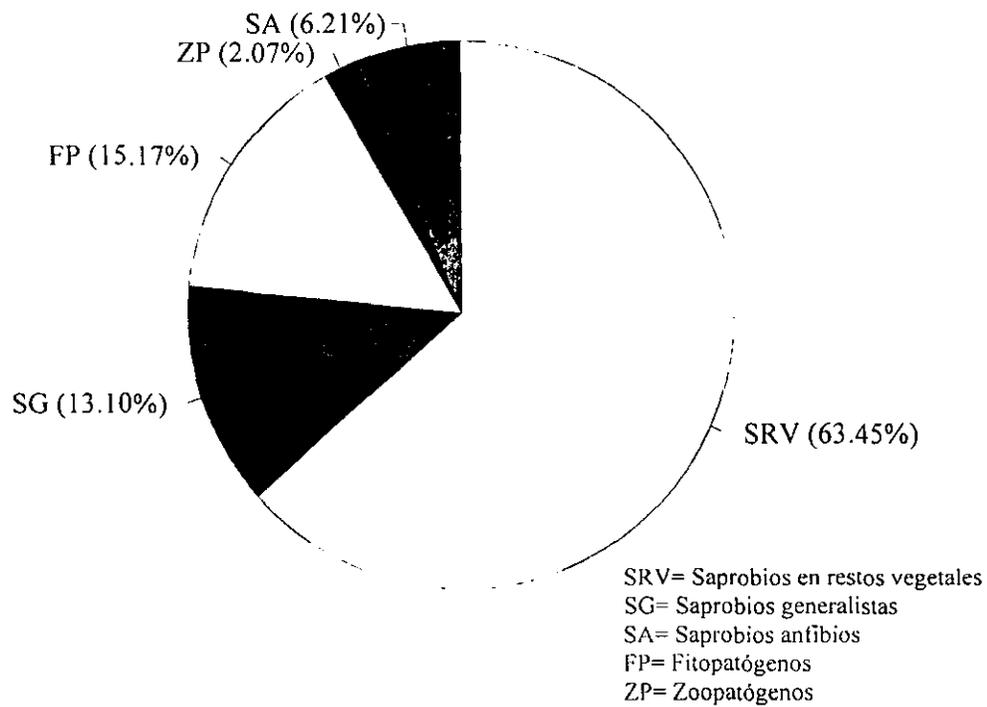


Fig. 3. Proporción (en porcentaje) de las diferentes formas de vida de la microbiota de las hojas de las tres especies estudiadas.

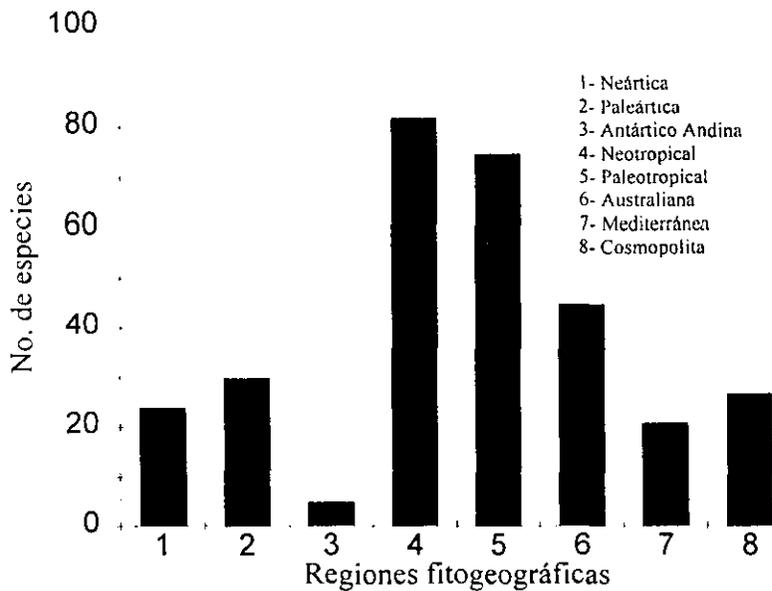


Fig. 4. Distribución biogeográfica de la microbiota de las hojas de *Quercus germana*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar styraciflua*.

Tabla 4. Distribución mundial de las especies de Hyphomycetes identificados en las hojas de *Quercus germana*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar styraciflua*. AN (América del Norte); C (Caribe); AC (América Central); AS (América del Sur); AF (África); ASI (Asia); EU (Europa); OC (Oceanía); AU (Australia); CO (Cosmopolita).

ESPECIES	AN	C	AC	AS	AF	ASI	EU	OC	AU	CO
<i>Acremoniula brevis</i>					X					
<i>Acremoniula triseptata</i>	X									
<i>Acremonium exiguum</i>					X					
<i>Acremonium kiliense</i>					X	X	X			
<i>Alternaria alternata</i>										X
<i>Alternaria citri</i>										X
<i>Alternaria dianthicola</i>										X
<i>Alternaria tenuissima</i>										X
<i>Anungitea fragilis</i>	X			X			X	X		
<i>Arthrinium phaeospermum</i>										X
<i>Aspergillus fumigatus</i>										X
<i>Aspergillus niger</i>										X
<i>Beltrania africana</i>				X	X			X	X	
<i>Beltrania querna</i>	X	X					X	X		
<i>Beltrania rhombica</i>										X
<i>Beltraniella portoricensis</i>		X		X	X	X	X	X	X	
<i>Bipolaris australiensis</i>	X				X	X			X	
<i>Bipolaris bicolor</i>	X	X			X	X	X	X	X	
<i>Bipolaris hawaiiensis</i>	X	X			X	X		X	X	
<i>Bipolaris spicifera</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Bipolaris victoriae</i>	X			X	X	X	X		X	
<i>Camposporium quercicola</i>	X									
<i>Candelabrum spinulosum</i>				X		X	X	X		
<i>Ceratosporella deviata</i>						X				
<i>Circinotrichum olivaceum</i>	X			X	X	X			X	
<i>Circinotrichum papakurae</i>		X							X	
<i>Cladosporium chlorocephalum</i>										X
<i>Cladosporium cladosporioides</i>										X
<i>Cladosporium oxysporum</i>	X	X	X	X	X	X				
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>										X
<i>Codinaea britannica</i>							X			
<i>Corynespora citricola</i>		X							X	

Tabla 4. Continuación.

ESPECIES	AN	C	AC	AS	AF	ASI	EU	OC	AU	CO
<i>Corynespora homaliicola</i>					X					
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Cryptophiale minor</i>		X		X						
<i>Cryptophiale udagawae</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Curvularia affinis</i>				X	X	X		X		
<i>Curvularia brachyspora</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Curvularia catenulata</i>						X				
<i>Curvularia clavata</i>				X	X	X			X	
<i>Curvularia eragrostidis</i>	X	X			X	X		X	X	
<i>Curvularia lunata</i>										X
<i>Curvularia pallescens</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Curvularia senegalensis</i>		X		X	X	X			X	
<i>Chaetopsina fulva</i>	X	X		X		X	X			
<i>Chalara alabamensis</i>	X			X	X					
<i>Chalara aurea</i>	X	X		X			X		X	
<i>Chalara hughesii</i>				X		X	X		X	
<i>Chalara microspora</i>	X						X			
<i>Chalara urceolata</i>							X		X	
<i>Chloridium virescens var.</i>										
<i>chlamydosporum</i>	X	X		X	X		X			
<i>Cylindrocarpon coprosmae</i>									X	
<i>Cylindrocladium parvum</i>	X			X	X	X	X	X		
<i>Dactylaria aspirensis</i>		X								
<i>Dactylaria fulva</i>		X				X				
<i>Dactylaria obtriangularia</i>		X		X		X	X			
<i>Dactylella ellipsospora</i>	X			X		X		X		
<i>Dictyochaeta antillana</i>		X								
<i>Dictyochaeta assamica</i>	X		X		X	X				
<i>Dictyochaeta cylindrospora</i>	X	X				X				
<i>Dictyochaeta novae-guineensis</i>		X		X				X		
<i>Dictyochaeta simplex</i>	X	X		X	X	X	X	X	X	
<i>Dictyosporium heptasporum</i>	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Diplocladiella scalaroides</i>	X	X		X		X	X	X	X	
<i>Dreschlera biseptata</i>	X						X		X	

Tabla 4. Continuación

ESPECIES	AN	C	AC	AS	AF	ASI	EU	OC	AU	CO
<i>Endophragmiella mexicana</i>	X									
<i>Epicoccum purpurascens</i>										X
<i>Fusarium decemcellulare</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	
<i>Fusarium flocciferum</i>	X					X	X			
<i>Fusarium semitectum</i>						X				
<i>Fusarium sporotrichoides</i>	X					X	X			
<i>Gliocladium roseum</i>										X
<i>Gonytrichum macrocladum</i>										X
<i>Gyrothrix circinata</i>	X	X	X		X	X			X	
<i>Gyrothrix dichotoma</i>					X					
<i>Gyrothrix ramosa</i>					X					
<i>Gyrothrix thevetiae</i>		X				X				
<i>Gyrothrix verticillata</i>					X					
<i>Helicosporium griseum</i>										X
<i>Helicosporium virescens</i>										X
<i>Henicospora minor</i>					X		X			
<i>Hermatomyces tucumanensis</i>	X	X		X	X					
<i>Humicola grisea</i>										X
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i>		X				X				
<i>Kionochaeta ramifera</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Kramasamuha sibika</i>		X		X		X			X	
<i>Menisporopsis theobromae</i>	X	X			X	X		X		
<i>Monodictys glauca</i>	X									
<i>Monodictys spinosa</i>	X									
<i>Myrothecium inundatum</i>	X						X			
<i>Myrothecium prestonii</i>		X	X		X	X				
<i>Nakataea cylindrospora</i>		X								
<i>Nakataea fusispora</i>		X		X				X	X	
<i>Nigrospora sphaerica</i>										X
<i>Paliphora intermedia</i>									X	
<i>Periconia byssoides</i>										X
<i>Periconiella velutina</i>							X			
<i>Phialocephala mexicana</i>	X									
<i>Pithomyces chartarum</i>										X

Tabla 4. Continuación.

ESPECIES	AN	C	AC	AS	AF	ASI	EU	OC	AU	CO
<i>Pithomyces maydicus</i>										X
<i>Pseudobeltrania havanensis</i>		X								
<i>Rhinocladiella estado de</i>										
<i>Dictyotrichiella mansonii</i>	X	X			X		X	X		
<i>Sarcinella glycosmidis</i>						X				
<i>Scolecobasidium humicola</i>	X	X	X	X		X	X	X	X	
<i>Selenosporella curvispora</i>	X			X		X	X		X	
<i>Spegazzinia deightonii</i>	X	X		X	X	X		X		
<i>Spegazzinia tessartha</i>	X	X		X	X	X		X	X	
<i>Speiropsis belauensis</i>								X		
<i>Sporendocladia bractrospora</i>	X	X		X		X	X			
<i>Sporidesmiella hyalosperma</i> var.										
<i>hyalosperma</i>	X	X			X		X			
<i>Sporidesmium filiferum</i>	X	X		X	X	X			X	
<i>Sporidesmium goidanichii</i>						X	X	X		
<i>Sporidesmium leptosporum</i>										X
<i>Stachybotrys kampalensis</i>		X	X		X	X		X		
<i>Subulispora procurvata</i>	X			X	X	X		X	X	
<i>Sympodiella laxa</i>						X				
<i>Sympodiella multiseptata</i>		X				X				
<i>Teratosperma singulare</i>	X					X				
<i>Tetracoccusporium aerium</i>	X					X				
<i>Tetraploa aristata</i>										X
<i>Thermomyces lanuginosus</i>	X				X	X	X	X		
<i>Thozetella cristata</i>	X			X						
<i>Thozetella cubensis</i>		X								
<i>Thozetella radicata</i>			X	X						
<i>Torula verrucospora</i>										X
<i>Trinacrium gracile</i>						X				
<i>Tripospermum myrti</i>	X			X	X	X	X	X	X	
<i>Tripospermum roupalae</i>		X	X							
<i>Triramulispora gracilis</i>						X				
<i>Ulocladium atrum</i>										X
<i>Vermiculariopsiella immersa</i>					X	X	X			

Tabla 4. Continuación.

ESPECIES	AN	C	AC	AS	AF	ASI	EU	OC	AU	CO
<i>Veronaea coprophila</i>	X					X				
<i>Zygosporium gibbum</i>										X
<i>Zygosporium minus</i>		X		X	X	X		X		
<i>Zygosporium mycophilum</i>		X				X	X			

FALTA PAGINA

No. 54

5.2. Muestreo longitudinal. Análisis de la micobiota a lo largo de la descomposición de las hojas mediante el método de confinamiento de hojas en bolsas de malla.

5.2.1. Composición, abundancia, riqueza específica y diversidad fúngica durante la descomposición de las hojas.

El número de especies distinguidas desde que las bolsas fueron colocadas en el mantillo hasta el último muestreo fue: 76 en las hojas de *Q. germana*, 69 en las de *Q. xalapensis* y 64 en las de *L. styraciflua*. En las tablas 5-7 se presentan las especies detectadas para cada tipo de hoja y su frecuencia en los diferentes muestreos.

La distribución del porcentaje de frecuencia de constancia (%Frc) de las especies en los 18 muestreos realizados se muestra en la figura 5. Para los tres tipos de hojas se observa que un alto número de especies presentó una constancia baja y muy pocas especies obtuvieron valores altos, lo que significa que la mayoría de las especies aparecieron esporádicamente y sólo unas cuantas estuvieron presentes durante todo, o la mayor parte, del proceso de descomposición.

Así mismo, la mayoría de los valores obtenidos para la abundancia de los hongos (en términos del porcentaje de frecuencia de aparición) son menores al 10% (Fig. 6), y en pocas ocasiones se encontraron especies con valores superiores al 20%.

Los cambios en la riqueza específica de la micobiota a lo largo de la descomposición de las tres especies de hojas presentaron un patrón similar (figura 7). En los tres casos la riqueza específica disminuyó a medida que aumentó la descomposición foliar, como lo indicaron las regresiones lineales para *Q. germana* ($F_{1,16}=133$), *Q. xalapensis* ($F_{1,16}=55.6$) y *L. styraciflua* ($F_{1,16}=97.6$; P 's <0.0001). Mientras que las pendientes de las rectas ajustadas para cada especie de hoja no fueron significativamente diferentes ($F_{2,48}=0.52$, $P=0.602$), las ordenadas al origen sí se localizaron en diferentes puntos (27, 27 y 23 para *Q. germana*, *Q. xalapensis* y *L. styraciflua* respectivamente; $F_{2,50}=5.76$, $P=0.0056$). De acuerdo al ajuste de

la regresión, la riqueza específica de las hojas de *Q. germana* y *Q. xalapensis* es significativamente mayor a la de las hojas de *L. styraciflua* durante el proceso de descomposición.

El comportamiento de la diversidad siguió un patrón similar al de la riqueza específica (Fig. 8). El ajuste lineal fue significativo para *Q. germana* ($F_{1,16}=332$), para *Q. xalapensis* ($F_{1,16}=39.9$) y *L. styraciflua* ($F_{1,16}=53$; $P's < 0.0001$). Aunque en varios de los muestreos la diversidad de la microbiota de *L. styraciflua* fue mayor a la de los otros dos tipos de hojas, no se encontraron diferencias significativas ni entre las pendientes ($F_{2,48}=1.54$, $P=0.34$), ni entre las ordenadas al origen ($F_{2,50}=1.10$, $P=0.34$).

5.2.2. Discusión.

Los datos expuestos sobre la distribución de los valores de la frecuencia de aparición indican que al igual que en diversas comunidades de organismos superiores, pocas especies se manifiestan abundantemente y muchas aparecen en forma escasa (Krebs, 1985). Dicho comportamiento también ha sido observado en comunidades de hongos microscópicos del suelo (Christensen, 1981), de la filosfera (Cabral, 1985) y en especies endofíticas (Carroll y Carroll, 1978; Collado *et al.*, 1996).

La disminución paulatina de la riqueza específica y la diversidad a medida que incrementó la descomposición resultó ser independiente al tipo de hoja estudiada. Los resultados obtenidos concuerdan con Swift (1976) quien señala que a medida que aumenta la descomposición la diversidad fúngica decrece. Los factores que intervienen en los cambios en la diversidad y abundancia de la microbiota durante la descomposición de las hojas son variables y están en gran medida en función del ambiente en que se desarrollan. Macauley y Thrower (1966), al analizar la descomposición de hojas de *Eucaliptus regnans*, mencionan que la desaparición de ciertas especies, aún en presencia de suficientes nutrientes durante la descomposición, tiene una estrecha relación con el efecto antagónico de otras especies

fúngicas y con la actividad de organismos micófagos.

A diferencia de los ecosistemas templados, en donde los cambios en los factores climáticos afectan directamente en la abundancia y diversidad de la micobiota (Hogg y Hudson, 1966; Watson *et al.* 1974; Visser y Parkinson 1975), en este estudio, la oscilación de la temperatura y la precipitación parecen no haber influido en la composición y abundancia de la micobiota de la hojarasca, ya que durante los dos años del estudio se observó una paulatina disminución en el número de especies independientemente de la época en que se realizaron los muestreos. La etapa de menor disponibilidad de agua para los hongos probablemente se presenta cuando las hojas caen a la superficie del mantillo, ya que en este momento es cuando están más expuestas a la desecación. Sin embargo en este tipo de ecosistemas, en donde el aporte de materiales vegetales es constante, las hojas quedan en poco tiempo inmersas en las capas inferiores, en donde el ambiente es más húmedo, por lo que es probable que la disminución en precipitación afecte poco a la micobiota ya establecida. No obstante, para poder confirmar dicha hipótesis sería necesario monitorear a nivel del mantillo las variaciones de la temperatura y la humedad.

Ante estas condiciones puede suponerse que, en el caso particular del bosque mesófilo, los cambios de la micobiota están determinados principalmente por las transformaciones del sustrato y las interacciones intra e interespecíficas de la micobiota y de la macrofauna. La dinámica de las transformaciones del sustrato está íntimamente ligada a su composición química. En múltiples investigaciones se ha enfatizado que las concentraciones de N, P, lignina y taninos, además de la relación C:N y C:P controlan la descomposición de la hojarasca (Harrison, 1971; Aerts, 1997). Fog (1988) demostró que altas concentraciones de nitrógeno pueden bloquear la actividad degradadora de la lignina por parte de la micobiota.

Por su comportamiento en cuanto a su frecuencia de constancia a largo de la descomposición es factible distinguir dos grupos fúngicos en la hojarasca, compuestos por

especies esporádicas y especies residentes. Las especies esporádicas son aquellas que aparecen en forma infrecuente, las cuales en este caso estarían representadas por la mayoría de los hongos detectados (Fig. 5). Estos hongos probablemente se encuentran en forma de propágulos inactivos que germinan sólo bajo ciertas condiciones, desarrollándose rápidamente y completando su ciclo de vida en pocos días. Su comportamiento es semejante al de las especies fugitivas y al de las especies con selección tipo r , propuesto por Mac Arthur y Wilson (1967) y Pianka (1970), respectivamente. Las especies residentes están representadas por hongos recurrentes, adaptados para persistir en el sustrato independientemente de las condiciones ambientales y biológicas. Tales hongos presentan cierta afinidad con el comportamiento de especies con selección tipo K (Cabral, 1985).

A continuación se presenta para cada una de los tres tipos de hojas estudiadas un análisis detallado de los cambios en la abundancia de los hongos que podrían considerarse como residentes. Se consideraron como especies residentes aquellas con un porcentaje de frecuencia de constancia igual a 50% o mayor.

Para las hojas de *Q. germana* se han incluido como especies residentes de la hojarasca los hongos *Beltrania rhombica*, *Cryptophiale kakombensis*, *Chalara alabamensis*, *Dictyochaeta assamica*, *D. simplex*, *Subulispora procurvata*, *Paliphora intermedia* y *Sympodiella multiseptata* (Fig. 9). En todas las especies se observó un descenso en la abundancia a medida que aumentó el tiempo de descomposición. Las especies *B. rhombica* y *C. kakombensis* destacaron por su alta abundancia y constancia durante las diferentes etapas de descomposición. En ambas especies se distinguió un aumento durante los primeros muestreos y una disminución gradual a partir de los 274 días, permaneciendo hasta el último muestreo. Un comportamiento similar se detectó para *S. multiseptata*, aunque en este caso los valores de abundancia fueron menores y estuvo ausente en los tres últimos muestreos.

Las especies *Ch. alabamensis*, *D. assamica*, *D. simplex* y *S. procurvata* se presentaron con abundancias más bajas. Su abundancia aumentó entre los 30 y 150 días y

posteriormente disminuyó abruptamente, hasta desaparecer en los siguientes muestreos. *P. intermedia* estuvo presente durante los estados intermedios de la descomposición sin presentar un patrón definido.

Las especies residentes en las hojas de *Q. xalapensis* fueron *B. rhombica*, *C. kakombensis*, *D. assamica*, *D. simplex*, *Henicospora minor*, *Kionochaeta ramifera* y *P. intermedia* (Fig. 10). El hongo más abundante fue *C. kakombensis*, presente en todos los muestreos con excepción del último, presentando un comportamiento muy semejante al descrito para las hojas de *Q. germana*. Otras especies que destacaron por su constancia fueron *Kionochaeta ramifera* y *D. assamica*. Esta última presentó su mayor abundancia entre los 30 y 60 días, disminuyendo notablemente a los 150 días, hasta desaparecer en los dos últimos muestreos. De igual forma que en las hojas de *Q. germana*, el hongo *B. rhombica* apareció a lo largo de todo el estudio, aunque en menor proporción y sin un patrón definido.

En las hojas de *L. styraciflua*, un alto porcentaje de la micobiota desapareció a partir de los 344 días. En este caso las especies residentes estuvieron representadas por *Zygosporium gibbum*, *Sporidesmium filiferum* y *C. kakombensis* (Fig. 11). Esta última de nuevo sobresalió por su frecuencia de constancia, detectándose desde los 90 días hasta el final del estudio, con un comportamiento similar al descrito para las hojas de encinos, aunque con una abundancia más baja. *Sporidesmium filiferum* fue detectado a partir de los 60 días, su abundancia presentó oscilaciones y desapareció en los tres últimos muestreos. *Z. gibbum* fue una de las especies con mayor frecuencia de aparición durante los primeros muestreos, alcanzando los máximos valores a los 90 días y disminuyendo progresivamente hasta desaparecer a los 344 días. *Cryptophiale kakombensis* fue la única especie residente presente en los tres tipos de hojas. Se caracteriza por presentar una seta oscura con paredes gruesas, en cuya porción media superior se encuentran hileras de fiálides arregladas en empalizada (Fig. 35 a y b). Produce esporas fusiformes que se aglutinan en un mucílago alrededor de la parte fértil. Esta especie es típica de hojas y ha sido registrada únicamente en zonas

tropicales.

Los resultados expuestos muestran que existe una mayor semejanza en cuanto a la composición de las especies residentes entre la hojarasca de *Q. germana* y *Q. xalapensis*, en comparación con las hojas de *L. styraciflua*. Así mismo, a diferencia de las hojas de los encinos, en *L. styraciflua* únicamente se consideraron tres especies como residentes, ya que en su mayoría la micobiota a lo largo de la descomposición estuvo constituida por especies esporádicas, de las cuales una alta proporción desapareció a partir del segundo año del estudio.

Además, mientras que en las hojas de *L. styraciflua* el hongo *B. rhombica* fue poco común, en las hojas de los encinos fue notable su constancia y abundancia en las diferentes fases de la descomposición foliar. *B. rhombica* ha sido colectada en ambientes templados pero es una especie común en restos vegetales de zonas tropicales. Ha sido señalada como dominante a lo largo de la descomposición de hojas en áreas tropicales (Kiffer *et al.*, 1981) y semitropicales (Heredia, 1993). Con excepción de *C. kakombensis*, las otras dos especies residentes de *Liquidambar* fueron exclusivas para este tipo de hoja. *Z. gibbum* (Fig. 33c) es un hongo cosmopolita que se desarrolla en una amplia diversidad de sustratos vegetales, y *S. filiferum* es un habitante de restos vegetales en zonas tropicales (Pirozynski, 1972; Matsushima, 1983, 1989).

Es lógico suponer que diversos aspectos de la fisiología y morfología de las especies de los hongos mencionados les permiten sobrevivir durante los constantes cambios en la descomposición de las hojas. Swift (1976) señala que la capacidad de una especie fúngica para producir antibióticos y una amplia diversidad enzimática le otorga ciertas ventajas para persistir en ambientes altamente competitivos. Desafortunadamente existe un vacío en el conocimiento de la fisiología de los hongos de la hojarasca que permita conocer tanto su capacidad para degradar los tejidos vegetales como para producir sustancias inhibitorias.

En cuanto a su morfología es interesante señalar que varias de las especies residentes

mencionadas anteriormente presentan estructuras setiformes. Además de *C. kakombensis* (Fig. 35b), otros hongos que tienen algún tipo de seta son *B. rhombica* (Fig. 35d), *Dictyochaeta cylindrospora* (Fig. 20), *D. novae-guineensis* (Fig. 21), *Paliphora intermedia* (Fig. 24) y *K. ramifera* (Fig. 32b). Pirozynski y Patil (1969) señalan la presencia de una considerable diversidad de hongos conidiales setosos sobre hojas en descomposición en la India. Estos autores mencionan la posibilidad de que las setas funcionen como separadores o formadores de microespacios entre las capas de la hojarasca, protegiendo de esta manera la destrucción de las células conidiógenas que generalmente se localizan en la base de las setas. Dada la consistencia rígida de las setas es factible suponer que presenten una mayor resistencia a ser depredadas por artrópodos. No obstante, tales observaciones están sujetas a estudios más detallados ya que por un lado no todas las especies setiformes pueden ser ubicadas como residentes de la hojarasca ni todas las residentes presentan dicho carácter.

Mediante la revisión de las hojas a través de la técnica de Langvad (1980) y las observaciones al microscopio electrónico de barrido fue posible observar la distribución de los esporóforos y del micelio en la epidermis foliar (Figs. 31a,b). Una alta incidencia de conidióforos se observó a lo largo de las venas, y en estados avanzados de descomposición en los tejidos estructurales de las láminas foliares (Figs. 31a y 35a). Varios autores han enfatizado la distribución de los hongos a lo largo de las venas. Pugh y Buckley (1971) atribuyen este fenómeno a la posibilidad de que en las venas se concentren los niveles más altos de los exudados y nutrientes.

Es interesante señalar que desde los primeros muestreos se observaron hifas con fíbulas, denotando la presencia de basidiomicetos. Los géneros de basidiomicetos que generalmente están asociados a la hojarasca son *Mycena*, *Collybia* y *Clitocybe*. Los trabajos de Dix y Simpson (1984), realizados con *Collybia peronata*, especie que se desarrolla frecuentemente en las hojas de *Quercus*, han mostrado que la actividad degradadora de este hongo se incrementa significativamente en presencia de los microorganismos de la hojarasca,

incluyendo hongos conidiales. Tal comportamiento es considerado como un efecto sinérgico entre *C. peronata* y la microbiota natural de las hojas, debido a que la producción de enzimas, como las celulasas, son inducidas por las concentraciones de glucosa y carbohidratos presentes en el medio; dichas sustancias son reguladas a su vez por el metabolismo de la microbiota natural de las hojas. Los estudios referidos demuestran cómo la actividad enzimática está influida por múltiples factores y que la interacción de las especies fúngicas juega un papel importante en la degradación de los materiales vegetales.

Existen muy pocos estudios similares con los que puedan compararse los datos obtenidos en el muestreo longitudinal del presente trabajo. Tanto la metodología de campo como las técnicas empleadas para la detección y observación de los hongos son determinantes en el tipo de resultados obtenidos. Escasos trabajos micológicos han estudiado en forma cuantitativa y a largo plazo la descomposición de las hojas empleando el método de confinamiento de hojas en bolsas de malla *in situ*. Entre estos están los de Hering (1965), Fell y Hunter (1979), Kuter (1986), Godeas (1992) y Heredia (1993).

Las ventajas y desventajas de la utilización de bolsas de hojarasca en estudios ecológicos han sido ampliamente discutidas (Witkamp y Olson, 1963). Experimentos en los que se han comparado materiales vegetales contenidos en bolsas de malla con materiales expuestos a la intemperie han demostrado que dentro de las bolsas el proceso de descomposición se efectúa en forma más lenta (St. John, 1980). Lo anterior se debe a que la utilización de mallas con aperturas menores a 1 mm limita el paso de la macrofauna edáfica; se estima que la pérdida de peso se incrementa hasta una tercera parte en presencia de los artrópodos (Carlile y Watkinson, 1994). La fragmentación del sustrato por parte de miriápodos, hormigas, lombrices y coleópteros libera sustancias nutritivas e incrementa las superficies de colonización fúngica (Sharma *et al.*, 1995); asimismo, su ingestión, degradación y subsecuente expulsión en las excretas aumenta su digestibilidad, dando oportunidad a que el sustrato sea colonizado por especies con una limitada plasticidad

enzimática.

No obstante, el método de las bolsas de malla permite, con una alta confiabilidad, monitorear y comparar el proceso de descomposición de cualquier tipo de material vegetal bajo condiciones naturales, sin el riesgo de que éste sea confundido o contaminado por materiales ajenos. Es importante considerar que la técnica empleada para la detección de los hongos durante este estudio circunscribe el conocimiento a las especies que en el momento de la revisión microscópica se encontraban esporulando en la superficie de los restos foliares. Cabe suponer que mediante este método muchas especies hayan sido ignoradas, aunque a pesar de esta limitante es sorprendente la riqueza micológica del sustrato analizado. Comparando el número de especies detectadas en la presente investigación con el de otros trabajos en los que se han empleado cámaras húmedas, como los de Hering (1965), Hogg y Hudson (1966) y Ruscoe (1971), se aprecia que la recuperación de Hyphomycetes en el presente estudio fue considerablemente mayor.

Tanto la humedad como el tiempo de incubación son factores importantes en los resultados obtenidos mediante cámaras húmedas; es indispensable controlar adecuadamente la cantidad de agua en las cajas, ya que en exceso favorece el desarrollo de hongos con rápido crecimiento, como son los aspergilos, penicilios y tricotermas. Asimismo, en materiales en estado de descomposición avanzado se forman fácilmente películas de agua que propician la proliferación de bacterias. El tiempo de incubación resulta un tanto variable y está en función del tipo de hoja. Es importante dejar las cajas por lo menos por un período de 2 semanas para que los hongos se ambienten y esporulen.

La utilización de la técnica de Langvad (1980) para evaluar la micobiota en las cámaras húmedas, además de facilitar la cuantificación de las especies, proporciona una panorámica sobre su coexistencia espacial y distribución en la superficie de las hojas. En ocasiones se llegaron a distinguir hasta 15 especies diferentes en un círculo. Este método de evaluación arroja excelentes resultados en las fases iniciales de descomposición y en los

materiales que todavía conservan su integridad. En las fases avanzadas de descomposición resulta prácticamente imposible obtener información confiable debido a que el tejido vegetal se pierde y a que existe una alta proporción de grumos y excretas que impiden la revisión bajo el microscopio. Por tal razón, tomando en cuenta el estado de algunas de las hojas, el estudio se concretó al período señalado anteriormente.

En trabajos de este tipo, la combinación de diferentes métodos de aislamiento en cultivo con la observación directa brinda una panorámica mucho más completa de la diversidad fúngica. La complejidad y minuciosidad que requiere la revisión y cuantificación microscópica de las muestras incubadas en cámaras húmedas limitan en gran medida la ejecución de otras técnicas en forma paralela. Una visión general de la micobiota aislada de tejidos internos de las hojas en placas con medio de cultivo será expuesta en párrafos subsecuentes.

Tabla 5. Porcentaje de frecuencia de aparición de las especies de hongos en las hojas de *Quercus germana* a diferentes días de descomposición. Cada dato es el promedio de seis repeticiones. *Hojas recién caídas.

ESPECIES	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)																	
	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724
<i>Acremoniula triseptata</i>	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-
<i>Alternaria alternata</i>	58	4.6	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. tenuissima</i>	-	0.6	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anungitea fragilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	-	0.6	-	1.3	-	-	-	-	0.6	-	0.6	-	-	-	-	-
<i>A. niger</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>Beltrania rhombica</i>	12.6	34	49.3	41.3	49.3	44	38	46	26	31.3	36.6	28.6	24	18	12	11.3	13.3	9.3
<i>Beltraniella portoricensis</i>	-	-	-	4	2	-	-	4	0.6	0.6	-	1.3	-	0.6	-	-	-	-
<i>B. bicolor</i>	6.6	-	1.3	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bipolaris hawaiiensis</i>	1.3	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camposporium quercicola</i>	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ceratosporella deviata</i>	-	-	-	1.3	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	56	9.3	7.3	2	1.3	0.6	2	1.3	3.3	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. oxysporum</i>	7.3	2.6	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	-	-	12	34	34	36.6	31.3	40	29.3	31.3	18.6	15.3	19.3	14	12.6	13.3	11.3	8.6
<i>C. udagawae</i>	-	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Curvularia clavata</i>	17.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. lunata</i>	6	1.3	2	-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. pallescens</i>	-	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. senegalensis</i>	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chalara alabamensis</i>	4.6	2.6	10	12.6	17.3	0.6	0.6	4	3.3	4	2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ch. urceolata</i>	-	-	-	-	1.3	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chloridium virescens</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dactylaria obtriangularia</i>	-	-	-	-	-	-	1.3	-	0.6	-	-	0.6	0.6	-	-	-	-	-
<i>Dactylella ellipsospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	0.6	-	0.6	-	-	0.6	-	-
<i>Dictyochaeta anitllana</i>	-	-	-	-	4	-	0.6	-	-	-	-	0.6	0.6	1.3	0.6	0.6	-	-
<i>D. assamica</i>	4	14.6	10	18.6	16	10.6	10	8.6	6.6	0.6	-	1.3	0.6	-	-	-	-	-
<i>D. cylindrospora</i>	-	-	-	-	4	-	0.6	-	-	-	2	-	1.3	0.6	0.6	-	-	-
<i>D. simplex</i>	2	-	-	4	12	9.3	2.6	2	6	3.3	-	0.6	0.6	-	-	-	-	-
<i>Dictyosporium heptasporum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplocladiella scalaroides</i>	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epicoccum nigrum</i>	27.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gliocladium roseum</i>	5.3	1.3	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gonytrichum macrocladum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	0.6	1.3	0.6	-

Tabla 5. Continuación.

ESPECIES	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)																	
	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724
<i>Gyothrix thevetiae</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicosporium virescens</i>	-	-	-	2	2	0.6	2.6	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicosporium sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Henicospora minor</i>	-	-	4	6	5.3	2	1.3	0.6	0.6	0.6	-	1.3	-	0.6	-	-	-	-
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	0.6	-	-	-	-	-
<i>Kionochaeta ramifera</i>	-	-	-	-	4.6	1.3	1.3	2	-	2.6	0.6	1.3	-	0.6	2	-	-	-
<i>Nakataea fusispora</i>	-	-	-	-	2.6	3.3	1.3	1.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nigrospora sphaerica</i>	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	1.3	-	-	-	-	-	-
<i>Paliphora intermedia</i>	-	-	-	6	2.6	12	15.3	5.3	6.6	6	0.6	1.3	0.6	0.6	2	-	-	-
<i>Penicillium spp.</i>	-	1.3	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	2	0.6	-	0.6	-
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	46.6	9.2	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. macrospora</i>	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pithomyces chartarum</i>	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinocladiella sp. 1</i>	-	0.6	-	31.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Scolecobasidium aff. fusiformis</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Selenospora curvispora</i>	-	-	-	-	-	2.6	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spegazzinia deightonii</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. tessartha</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporendocladia bractospora</i>	-	-	4.6	5.3	2	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporidesmium filiferum</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. leptosporum</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporidesmium sp. 2</i>	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Subulispora procurvata</i>	-	-	3.3	18	4	5.3	4	3.3	2.6	2	1.3	1.3	0.6	-	-	-	-	-
<i>Symptodiella multiseptata</i>	-	-	-	19.3	20.6	16.6	20.6	19.3	13.3	11.3	9.3	8	5.3	5.3	-	-	-	-
<i>Tetracoccosporium aerium</i>	-	-	-	-	-	3.3	-	0.6	-	0.6	1.3	-	-	-	0.6	0.6	-	-
<i>Tetraploa aristata</i>	-	2	2	0.6	-	-	-	-	0.6	-	0.6	-	0.6	-	-	-	-	0.6
<i>Thermomyces lanuginosus</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thozetella sp.</i>	-	-	-	-	-	-	4.6	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	1.3	-	-	-	-	0.6	1.3	-
<i>Tripospermum myrti</i>	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Triramuldispora gracilis</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tubakia dryina</i>	16	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Veronaea coprophila</i>	0.6	12	12.6	-	5.3	3.3	-	2.6	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zygosporium gibbum</i>	-	13.9	7.3	0.6	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Z. mycophilum</i>	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5. Continuación.

ESPECIES	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)																	
	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724
<i>especie No. 6</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 19</i>	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 25</i>	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 33</i>	-	-	-	3.3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 36</i>	0.6	8	0.6	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 37</i>	-	-	-	9.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 55</i>	-	-	-	0.6	1.3	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>especie No. 69</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	3.3	-	-	0.6	0.6	-	-	-	-	-
<i>especie No. 74</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-

Tabla 6. Porcentaje de frecuencia de aparición de las especies de hongos en las hojas de *Quercus xalapensis* a diferentes días de descomposición. Cada dato es el promedio de seis repeticiones. *Hojas recién caídas.

ESPECIES	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)																		
	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724	
<i>Acremoniula triseptata</i>	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Alternaria alternata</i>	54.6	1.3	14.6	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. tenuissima</i>	5.3	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anungitaea fragilis</i>	-	-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	0.6	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	-	-	-	0.6	-	0.6	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	0.6
<i>A. niger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	0.6	1.3	-	-	1.3	-	-
<i>Beltrania rhombica</i>	4	8.6	7.3	1.3	4	13.3	8	7.3	17.3	8.6	7.3	4.6	6.6	4	6	2.6	4.6	4	
<i>Beltraniella portoricensis</i>	8.6	0.6	6	4	0.6	-	0.6	2	-	4.6	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bipolaris australiensis</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. bicolor</i>	2	3.3	4	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. spicifera</i>	5.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camposporium quercicola</i>	-	-	0.6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	51.3	1.3	4	1.3	-	0.6	3.3	1.3	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. oxysporum</i>	4	8	0.6	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. sphaerospermum</i>	-	1.3	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	4	8	22	49.3	37.3	46.6	40.6	36.6	30.6	18	26	22.6	18	15.3	28.6	16.6	10.6	-	-
<i>C. udagawae</i>	3.3	-	4	-	-	-	-	-	-	-	12	12.6	1.3	-	13.3	10.6	12	9.3	-
<i>Curvularia brachyspora</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. clavata</i>	11.3	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. lunata</i>	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. pallescens</i>	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Circinotrichum papakurae</i>	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chalara alabamensis</i>	5.3	0.6	6	5.3	0.6	0.6	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ch. urceolata</i>	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chalara sp.</i>	-	-	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chloridium virescens</i>	-	1.3	2.6	6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dactylaria fulva</i>	-	-	-	4.6	15.3	4	1.3	-	1.3	2	1.3	-	0.6	1.3	1.3	0.6	-	-	-
<i>D. obtriangularia</i>	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dactylella ellipsospora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	0.6	-	-	-
<i>Dietyochaeta assamica</i>	3.3	36.6	44	24	24.6	8.6	7.3	5.3	3.3	5.3	6.6	3.3	-	3.3	3.3	0.6	-	-	-
<i>D. cylindrospora</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. simplex</i>	3.3	2	1.3	2.6	14	8.6	2	6	2	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. aff. pahangensis</i>	-	-	-	-	0.6	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Endophragmiella sp.</i>	-	-	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 6. Continuación.

ESPECIES	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)																	
	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724
<i>Epicoccum nigrum</i>	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gliocladium roseum</i>	0.6	-	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrothrix circinata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	6.6	-	-	13.3	-	-	-
<i>Helicosporium griseum</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Henicospora minor</i>	-	-	8.6	22.6	17.3	14.6	7.3	3.3	6	8	0.6	-	0.6	1.3	-	-	-	-
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kionochaeta ramifera</i>	-	3.3	-	-	12	2.6	10.6	9.3	10.6	6.6	15.3	13.3	12	6.6	10.6	2	-	3.3
<i>Nigrospora sphaerica</i>	0.6	1.3	-	2	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paliphora aurea</i>	-	-	-	4.6	22	-	1.3	-	1.3	2.6	2	0.6	1.3	-	2.6	-	-	-
<i>Penicillium spp.</i>	-	-	-	-	-	-	2	-	0.6	1.3	-	-	0.6	-	-	0.6	1.3	1.3
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	22	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. macrospora</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phialocephala mexicana</i>	-	-	6.6	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pithomyces chartarum</i>	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pithomyces maydicus</i>	0.6	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinochadiella sp. 1</i>	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Selenosporella curvispora</i>	-	0.6	-	0.6	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spegazzinia deightonii</i>	0.6	-	2	16.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Speiroopsis belauensis</i>	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sporidesmium filiferum</i>	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Subulispora procurvata</i>	6.6	-	4	11.3	8	3.3	4	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symptodiella multiseptata</i>	-	-	0.6	2	2	0.6	3.3	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetracoccosporium aerium</i>	2	-	0.6	-	-	1.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraploa aristata</i>	0.6	4.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermomyces lanuginosus</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thozetella cubensis</i>	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma spp</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	0.6	-	2	6.6	6.6	-	1.3
<i>Tubakia dryina</i>	32	-	-	-	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Veronaea coprophila</i>	2	17.3	6.6	2.6	1.3	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Zygosporium gibbum</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Z. mycophilum</i>	2	0.6	2	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 3	-	-	11.3	2	6.6	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 25	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 39	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 43	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 55	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7. Porcentaje de frecuencia de aparición de las especies de hongos en las hojas de *Liquidambar styraciflua* a diferentes días de descomposición. Cada dato es el promedio de seis repeticiones. *Hojas recién caídas.

TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)

ESPECIES	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724
<i>Alternaria alternata</i>	64	30.6	12.6	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. citri</i>	-	-	-	-	2	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. tenuissima</i>	13.3	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Amungitea fragilis</i>	-	-	-	-	-	13.3	17.3	8	14	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus fumigatus</i>	-	-	-	-	-	1.3	-	-	0.6	-	-	-	-	-	1.3	-	-	0.6
<i>A. niger</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	0.6	0.6
<i>Beltrania rhombica</i>	-	-	1.3	-	0.6	-	2	5.3	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bipolaris bicolor</i>	2	1.3	0.6	-	-	-	2	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	40	22	16	6.6	4	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. oxysporum</i>	6	33.3	34	21.3	18	-	16.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	-	-	10.6	9.3	10	9.3	10.6	8	2.6	2	4	2	0.6	1.3	4	1.3	1.3	4
<i>C. udagawae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.3	0.6	0.6	0.6	1.3	-	-
<i>Curvularia clavata</i>	8	3.3	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. eragrostidis</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. lunata</i>	11.3	5.3	3.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. pallescens</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. senegalensis</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chalara alabamensis</i>	-	-	2	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ch. urceolata</i>	-	-	-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chloridium virescens</i>	-	-	-	5.3	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dactylella ellipsospora</i>	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	2	-	0.6	0.6	0.6	-	-	0.6	-
<i>Dictyochaeta assamica</i>	-	-	4.6	10	4.6	3.3	4	1.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>D. simplex</i>	-	-	-	-	3.3	1.3	2	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyosporium heptasporum</i>	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diplocyadiella scalaroides</i>	-	-	-	-	-	-	1.3	1.3	0.6	2	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epicoccum nigrum</i>	12	0.6	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gliocladium roseum</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gyrophthyrx circinata</i>	-	-	6	4	2.6	-	-	0.6	4	2.6	0.6	1.3	0.6	0.6	-	-	-	-
<i>G. thevetiae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Helicosporium griseum</i>	-	-	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Henicospora minor</i>	-	-	-	-	0.6	4.6	0.6	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kionochaeta ramifera</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-
<i>Memisporopsis theobromae</i>	-	-	-	-	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Monodictys spinosa</i>	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 7. Continuación.

ESPECIES	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN (días)																	
	0*	30	60	90	150	184	218	251	274	317	344	400	464	514	594	635	680	724
<i>Nakataea fusispora</i>	-	-	-	5.3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nigrospora sphaerica</i>	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paliphora aurea</i>	-	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-	-	-	-	1.3	-	-	-
<i>Penicillium spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	2	-	1.3	0.6	1.3	6.6	-	-
<i>Periconia byssoides</i>	-	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	24	59.3	34	20	5.3	1.3	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. macrospora</i>	-	16	5.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phialocephala mexicana</i>	-	-	-	0.6	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pithomyces chartarum</i>	16	3.6	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhinocladiella sp.1</i>	9.3	-	0.6	21.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Spegazzinia deightonii</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Speiopsis belauensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.6	0.6	1.3	-	-	-	-	-
<i>Sporidesmium filiferum</i>	-	-	2.6	2.6	10	10.6	15.3	2	5.3	4.6	20	9.3	4.6	1.3	1.3	-	-	-
<i>Subulispora procurvata</i>	-	14.6	20	18	11.3	6.6	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Teratosperma singulare</i>	-	-	-	0.6	-	-	-	1.3	-	-	-	-	0.6	-	0.6	-	-	-
<i>Tetracoccusporium aerium</i>	-	-	-	-	12	15.3	6	2	9.3	8	5.3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetraploa aristata</i>	-	2	1.3	1.3	0.6	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermomyces lanuginosus</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thozetella cubensis</i>	-	-	-	16.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Torula verrucospora</i>	-	-	1.3	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma spp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	9.3	-	-	-	-	9.3	-	5.3
<i>Tripospermum myrti</i>	4.6	-	-	0.6	0.6	1.3	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tubakia dryina</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulocladium atrum</i>	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Veronaea coprophila</i>	9.3	-	6.6	1.3	6	0.6	-	6	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-
<i>Zygosporium gibbum</i>	-	24.6	45.3	31.3	22.6	8	8	8.6	8.6	10	2.6	-	-	0.6	-	-	-	-
<i>Z. mycophilum</i>	0.6	3.3	1.3	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 25	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 33	-	0.6	-	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 36	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 62	-	-	-	-	4	-	10.6	6	-	6	10.6	-	-	-	-	-	-	-
especie No. 65	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-

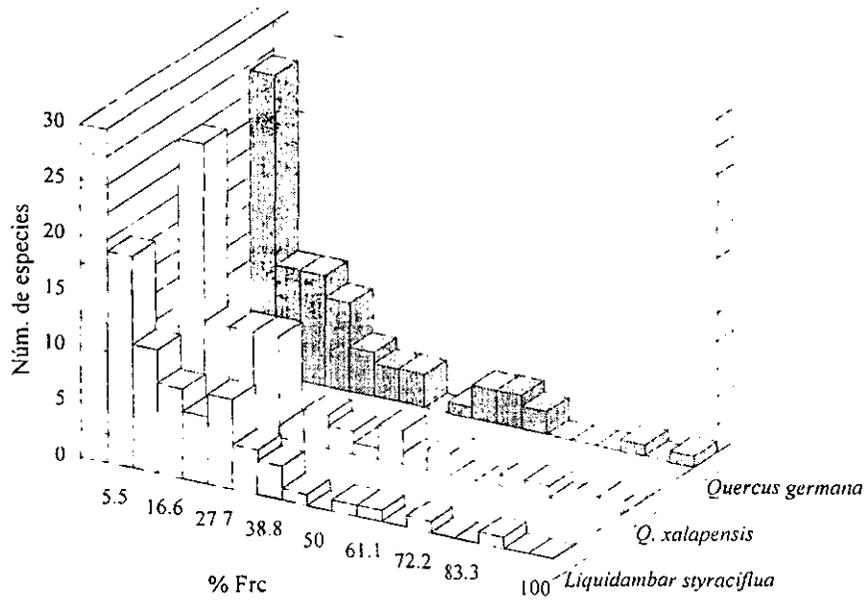


Fig. 5. Distribución del porcentaje de frecuencia de constancia (% Frc) de las especies fúngicas en las hojas estudiadas a lo largo de los diferentes muestreos.

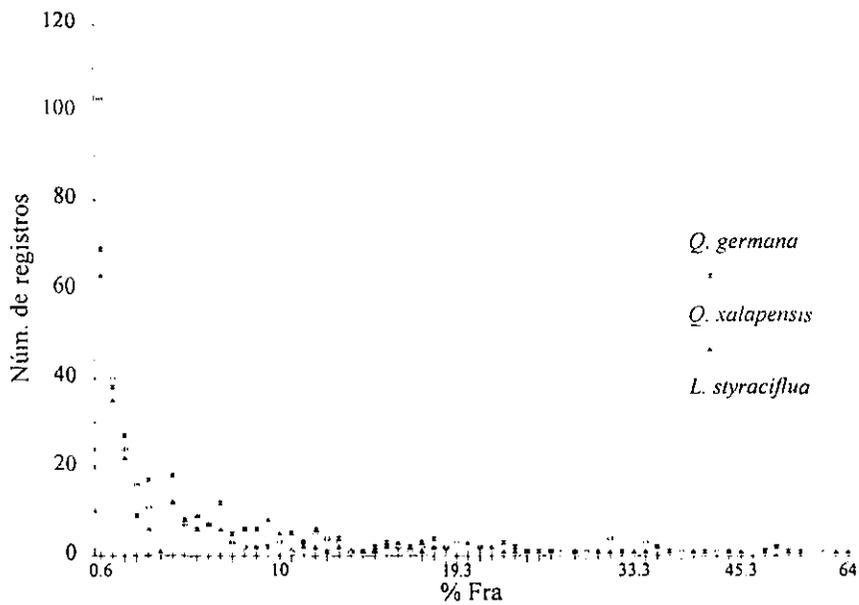


Fig. 6. Distribución de los valores de la frecuencia de aparición (% Fra) para la micobiota en las tres especies de hojas a lo largo de los diferentes muestreos.

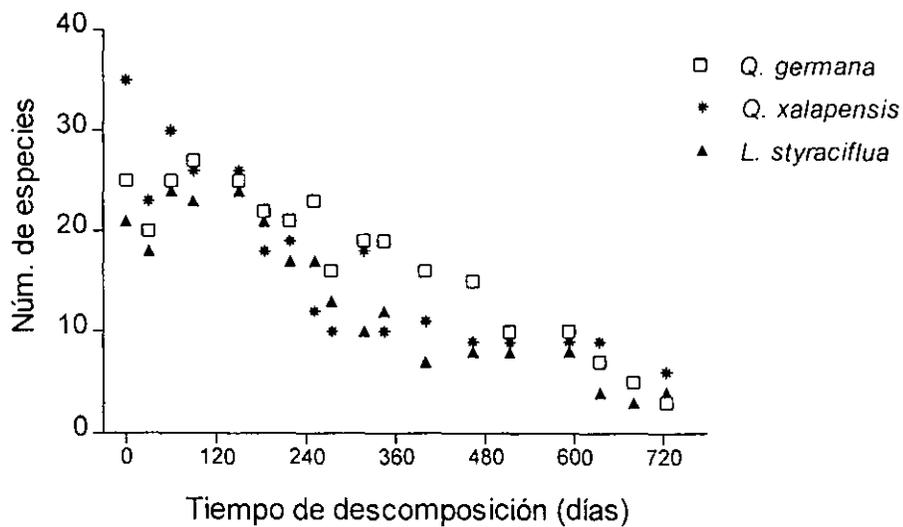


Fig. 7. Muestreo longitudinal. Variación de la riqueza específica de la microbiota de las hojas estudiadas durante su descomposición.

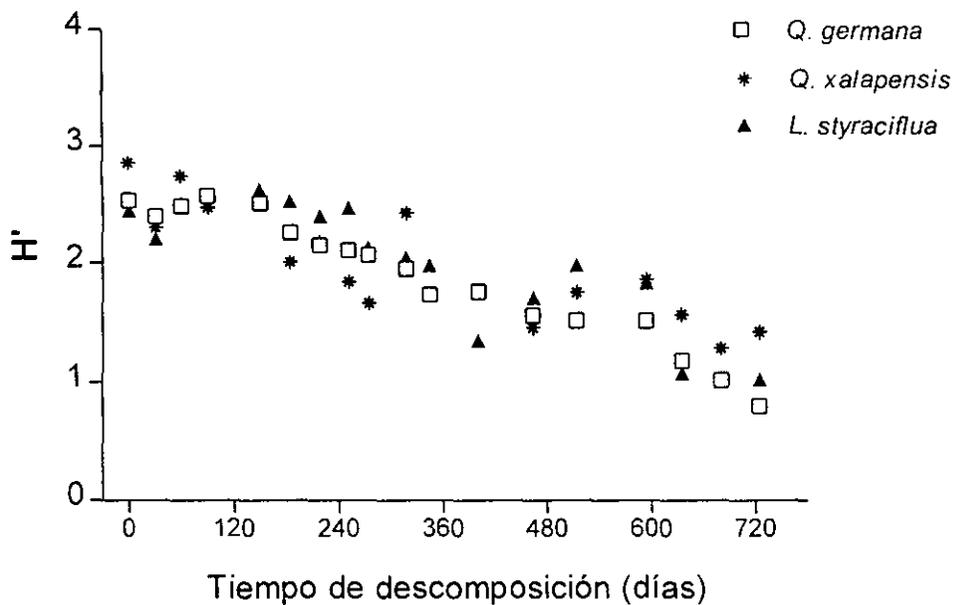


Fig. 8. Muestreo longitudinal. Variación de la diversidad promedio de la microbiota de las hojas estudiadas. Calculada mediante el índice de Shannon (H').

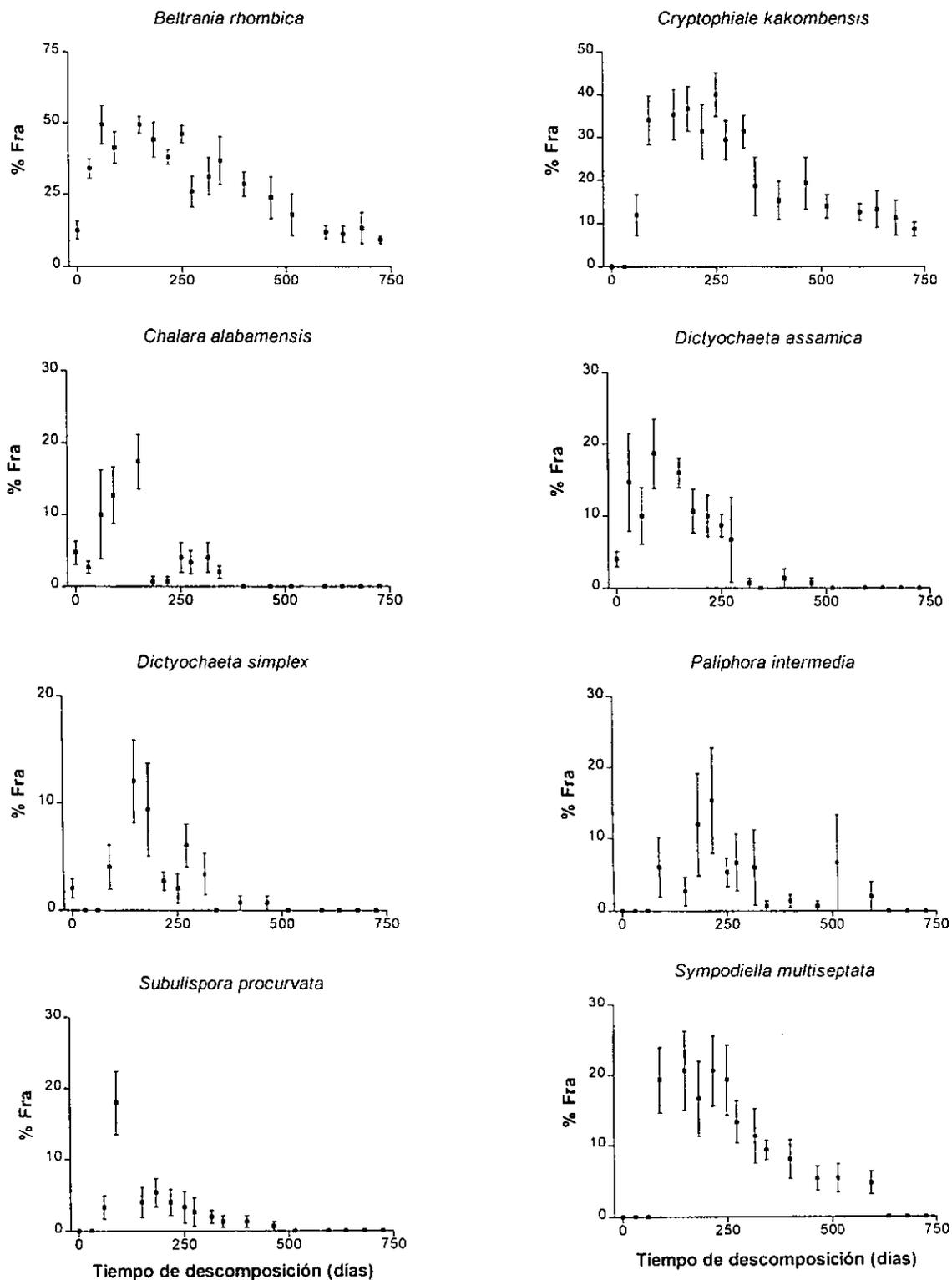


Fig. 9. Cambios en el porcentaje de frecuencia de aparición (%Fra) de las especies fúngicas residentes durante la descomposición de las hojas de *Quercus germana*. Las barras indican el error estándar alrededor de la media.

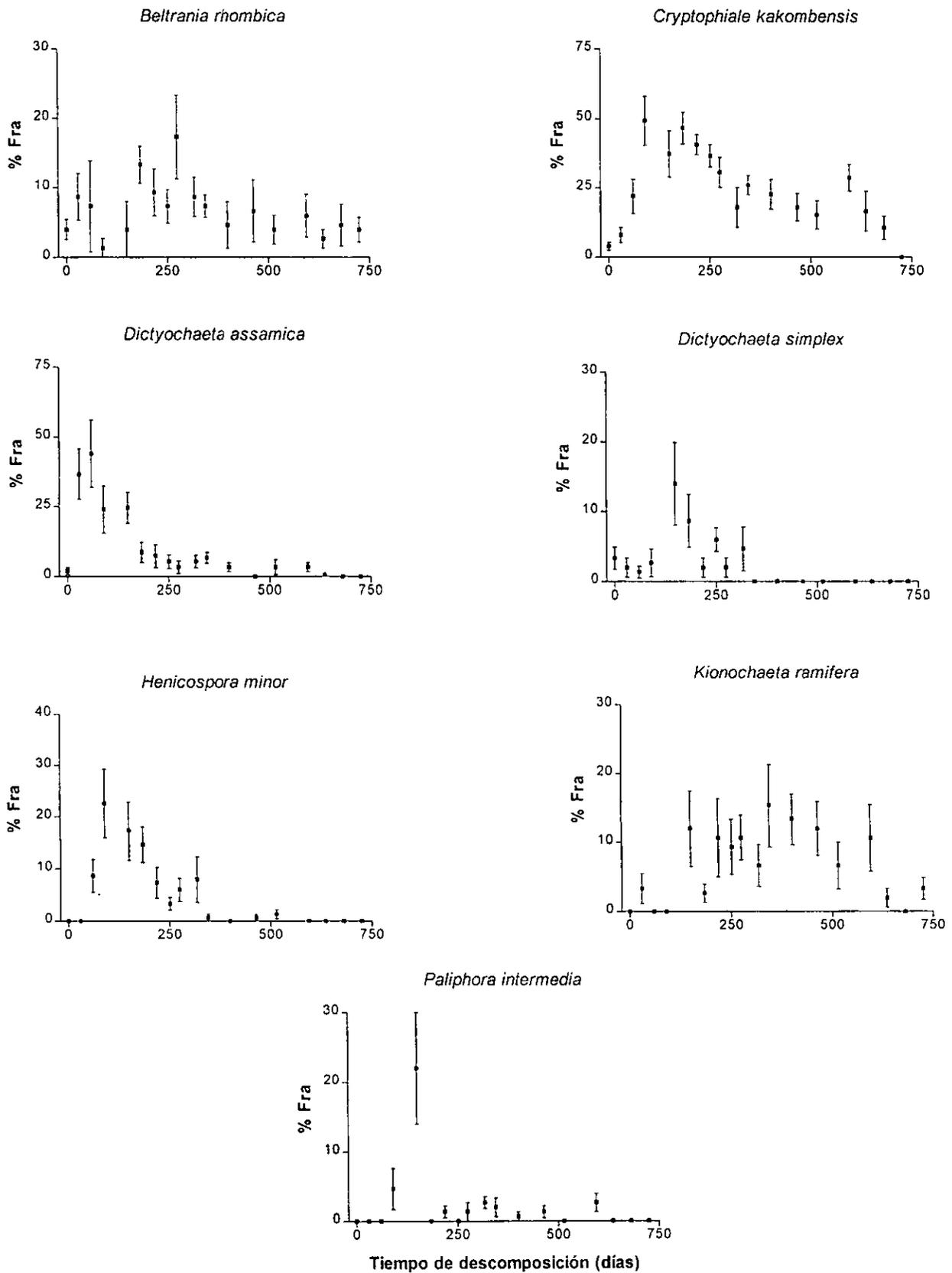


Fig. 10. Cambios en el porcentaje de frecuencia de aparición (%Fra) de las especies fúngicas residentes durante la descomposición de las hojas de *Quercus xalapensis*. Las barras indican el error estándar alrededor de la media.

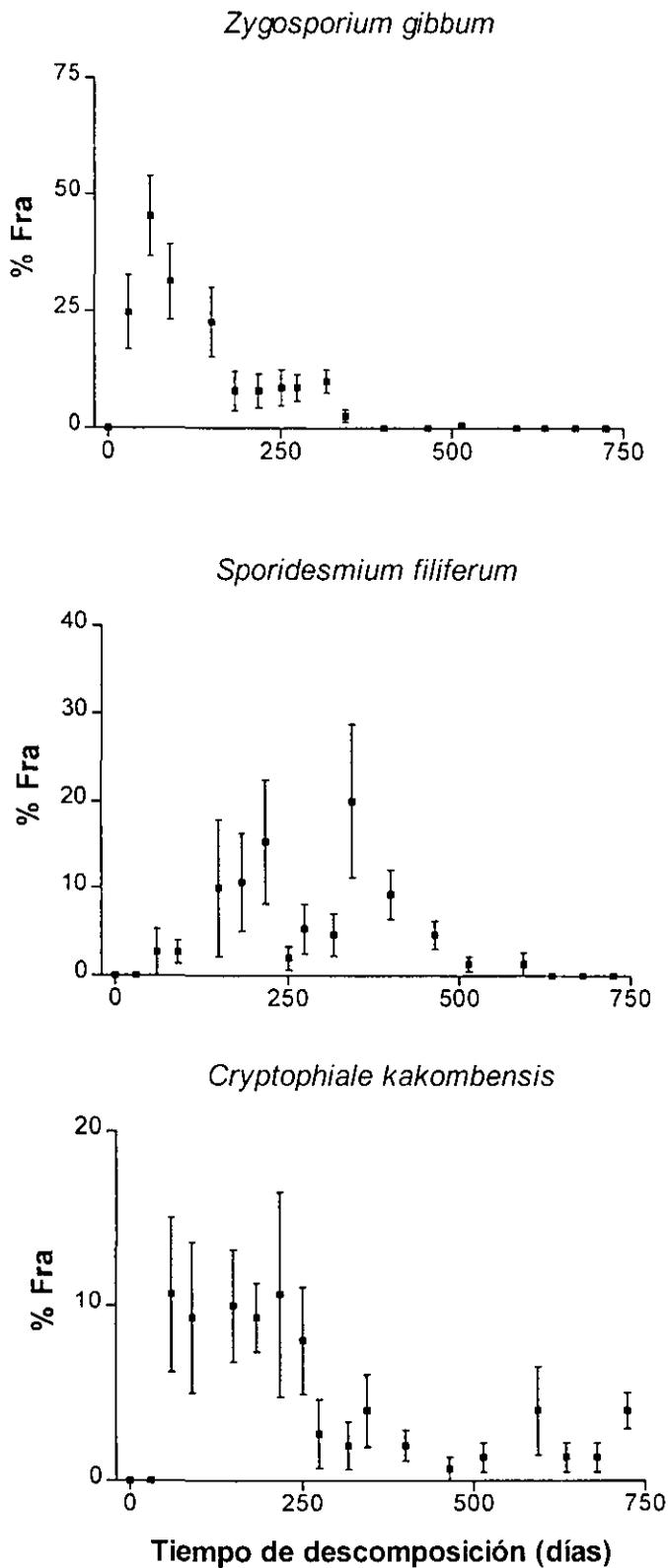


Fig. 11. Cambios en el porcentaje de frecuencia de aparición (%Fra) de las especies fúngicas residentes durante la descomposición de las hojas de *Liquidambar styraciflua*. Las barras indican el error estándar alrededor de la media.

5.3. Muestreo transversal. Análisis de la micobiota en hojas vivas en diferente estado de desarrollo y en hojas del mantillo con diferente grado de descomposición.

5.3.1. Micobiota del filoplano.

Los totales de las especies detectadas en el filoplano en los diferentes estados de desarrollo foliar (F1 a F3) en las hojas de *Q. germana*, *Q. xalapensis* y *L. styraciflua* fueron 46, 55 y 50, respectivamente (Tablas 8-10). En el caso de *Q. germana*, en las hojas más jóvenes (F1) estuvieron presentes 22 especies, en las adultas (F2) 26 y en las senescentes (F3) 29 (Tabla 8). Los hongos que se distinguieron por colonizar las hojas vivas desde sus fases iniciales de desarrollo hasta su madurez fueron: *Beltrania rhombica*, *Bipolaris hawaiiensis*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. oxysporum*, *Epicoccum nigrum*, *Pestalotiopsis maculans*, *Phialocephala mexicana*, *Phialophora* sp., *Tripospermium myrti*, *Tubakia dryina* y la especie 8. En los tres estados de desarrollo foliar el hongo con mayor porcentaje de aparición fue *P. maculans*, y en segundo término *C. cladosporioides*.

En las hojas vivas de *Q. xalapensis* se distinguieron 30 especies en F1 y F2 y 29 en F3 (Tabla 9). Los hongos presentes en los tres estados de desarrollo estudiados fueron: *Arthrinium phaeospermum*, *C. cladosporioides*, *Curvularia lunata*, *P. maculans*, *Phialophora* sp., *Sarcinella glycosmidis*, *Selenosporella curvispora*, *Solosympodiella* sp., *Tubakia dryina* y la especie 8. Las especies más abundantes en los estados F1 y F3 fueron *P. maculans* y en F2 *Phialophora* sp.

En las hojas vivas de *L. styraciflua* se encontraron 26 especies en F1, 34 en F2 y 27 en F3 (Tabla 10). Los hongos presentes en los tres estados de desarrollo fueron: *Alternaria alternata*, *A. phaeospermum*, *C. cladosporioides*, *Curvularia clavata*, *Epicoccum nigrum*, *Gliocladium roseum*, *Periconia byssoides*, *Pestalotiopsis maculans*, *Phialocephala mexicana*, *Phialophora* sp., *S. glycosmidis*, *S. curvispora*, *Teratosperma singulare* y *T. dryina*. La especie con mayor abundancia en los diferentes estados de desarrollo fue *P.*

maculans.

5.3.2. Micobiota de la hojarasca.

En total, de los cuatro estados de descomposición de las hojas de *Q. germana* se detectaron 52 especies, de las cuales 12 fueron encontradas también en alguno de los estados analizados en las hojas vivas y 39 aparecieron exclusivamente en hojas muertas en descomposición (Tabla 8). Las especies que estuvieron presentes en todos los grados de descomposición analizados fueron: *Beltrania rhombica*, *Cryptophiale kakombensis*, *Chalara alabamensis*, *Dictyochaeta simplex*, *Henicospora minor*, *Paliphora intermedia*, *Septonema* aff. *fragilis*, *Subulispora procurvata* y *Sympodiella multiseptata*. En cada uno de los estados de descomposición la especie más abundante fue diferente. Los hongos con valores más elevados fueron *Ch. alabamensis*, *B. rhombica*, *Dictyochaeta antillana* y *C. kakombensis* en H1, H2, H3 y H4, respectivamente.

En cuanto a la micobiota de las hojas en descomposición de *Q. xalapensis*, en total fueron detectadas 67 especies, de las cuales 19 estuvieron también presentes en el filoplano y 45 aparecieron exclusivamente en las hojas muertas (Tabla 9). Los hongos presentes en todos los estados de descomposición fueron *C. kakombensis*, *Ch. alabamensis*, *Dactylaria obtriangularia*, *H. minor*, *D. simplex*, *P. intermedia*, *S. curvispora*, *Septonema* aff. *fragilis*, *S. goidanichii*, *S. procurvata* y *S. multiseptata*. *S. procurvata* fue la especie más abundante en las hojas H1, H2 y H3 y *Beltraniella portoricensis* en el estado H4.

En las hojas de *Liquidambar styraciflua* se detectaron 55 especies, de las cuales 18 estuvieron presentes en algún estado de desarrollo de las hojas vivas y 37 fueron observadas sólo en la hojarasca (Tabla 10). Las especies presentes en todos los estados de descomposición de las hojas de *L. styraciflua* fueron: *C. cladosporioides*, *C. kakombensis*, *Dendrodochium* sp., *D. simplex*, *P. maculans* y *S. procurvata*. En los estados H1, y H3 *S. procurvata* fue la especie con mayor abundancia y en H2 y H4 *P. maculans*.

Los cálculos del porcentaje de similitud de la composición de la microbiota en las hojas en los diferentes estados de desarrollo y descomposición (Tabla 11) revelan un cambio paulatino en la composición fúngica, siendo mayor la diferencia entre las comunidades de las hojas vivas y las hojas muertas en descomposición. Al analizar en conjunto la microbiota de los diferentes estados de desarrollo de las hojas vivas se encontró que las hojas de *Q. xalapensis* y *L. styraciflua* presentaron el mayor porcentaje de similitud (62.8%), le siguieron las de *Q. germana* y *Q. xalapensis* (59.4 %) y posteriormente las de *Q. germana* y *L. styraciflua* (56.2%). Un patrón similar se obtuvo al reunir todas las especies halladas en las hojas en los diferentes estados de descomposición analizados; en este caso los valores fueron; 58.9% entre *Q. xalapensis* y *L. styraciflua*, 50.4 % entre *Q. germana* y *Q. xalapensis* y 44.8% entre *Q. germana* y *L. styraciflua*

En los tres tipos de hojas se observó una ligera variación en la riqueza específica y en la diversidad (Figura 12) entre los estados de desarrollo y descomposición. La riqueza específica presentó un patrón diferente para cada especie de hoja, coincidiendo únicamente en la disminución de especies fúngicas en el estado más avanzado de descomposición (H4).

Similarmente, la diversidad osciló ligeramente de un estado a otro en forma diferente para cada especie de hoja. La significancia estadística de estas diferencias no fue evaluada por carecerse de repeticiones de cada tipo de hoja para cada estado. Sin embargo, las gráficas de la figura 12 sugieren que la variación en la riqueza específica y la diversidad fúngica en los diferentes estados de maduración y descomposición estudiados no es significativa.

El número de especies promedio entre los 7 estados analizados para las hojas fue 25.2, 31.1 y 26.2 para *Q. germana*, *Q. xalapensis* y *L. styraciflua* respectivamente; y la diversidad promedio (H') 2.69, 2.91 y 2.84, en ese mismo orden. Sin embargo, el análisis de varianza indicó que ni los valores promedio de riqueza específica ($F_{2,12}=2.25$, $P=0.15$) ni de diversidad ($F_{2,12}=1.65$, $P=0.23$) fueron significativamente diferentes entre las especies de hojas.

5.3.3. Discusión.

Se han publicado muy pocas investigaciones previas sobre los hongos conidiales del filoplano en los tres tipos de hojas estudiados y no hay aportaciones donde se detallen los cambios de la estructura y la diversidad de la micobiota en diferentes etapas de desarrollo foliar. Hering (1965) y Watson *et al.* (1974) analizaron en bosques templados los hongos de hojas senescentes de *Quercus petrae* y *Quercus* sp., respectivamente. El número de especies conidiales recuperadas por estos autores es considerablemente menor al del presente estudio; Hering (op. cit.) incluyó 7 especies además de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, y Watson (op. cit.) 17. De las especies encontradas por dichos autores, *Epicoccum nigrum* es la única que también fue detectada en el presente trabajo. Asimismo, al comparar la micobiota del filoplano con las de otras especies arbóreas de zonas templadas (Cabral, 1985; McBride y Hayes, 1977) se encontró una baja similitud en especies, presentándose en común únicamente *Alternaria alternata* y *E. nigrum*; tal coincidencia no es sorprendente, dado que ambos hongos se caracterizan por su amplia distribución. Por el contrario las especies halladas por Heredia (1993) en hojas vivas senescentes de *Q. germana* y *Q. sartorii*, colectadas también en un bosque mesófilo de la región noreste del país, coinciden ampliamente con las identificadas en este estudio. En hojas de *Liquidambar* solamente se conocen las especies reportadas por Heredia (1993); en dicho trabajo se hace mención de 18 especies, todas ellas observadas sobre hojas senescentes, de las cuales 16 fueron halladas en el presente trabajo.

En la composición de la micobiota del filoplano de los tres tipos de hojas estudiados pueden distinguirse: (a) un reducido grupo de especies cosmopolitas, como son *Arthrimum phaeospermum*, *Cladosporium* spp., *E. nigrum* y *Alternaria alternata*; (b) una mayor proporción de hongos frecuentes en zonas cálidas, entre los cuales están varias especies de los géneros *Curvularia* y *Bipolaris*, y (c) especies raras generalmente descritas en los trópicos, entre las que podrían incluirse *Gyothyrix ramosa*, *Kramasumuha sibika* (Figura 22)

y *Phialocephala mexicana* (Figura 25a).

Las especies *C. cladosporioides*, *P. maculans* y *Tubakia dryina* estuvieron presentes en los tres tipos de hojas en los diferentes estados de desarrollo. En las gráficas de las figuras 13 y 14 se observa la fluctuación de su abundancia, tanto en hojas vivas como en hojas en descomposición. Con excepción de *P. maculans*, en las hojas de *L. styraciflua* las demás especies disminuyeron abruptamente en la hojarasca con diferente grado de descomposición. Esta disminución fue más notable para *T. dryina* la cual desapareció desde los estados iniciales de descomposición.

En todos los estados de desarrollo foliar analizados *P. maculans* sobresalió por su abundancia en los tres tipos de hojas, llegando a presentar un porcentaje de aparición de 100% en varias ocasiones. *Pestalotiopsis* es un género que forma acérvulos en los hospederos. En las muestras fue sorprendente la enorme cantidad de esporas producidas por el hongo, las cuales se acumulan en pequeñas gotas (Fig. 31a y c). Su dispersión seguramente es altamente favorecida por la lluvia. A pesar de la elevada abundancia de esta especie, no se visualizó ningún tipo de daño en las hojas de los encinos. En algunas muestras de *Liquidambar* se observaron pequeñas manchas negruzcas, generalmente de forma geométrica. El agente causal de dicha sintomatología podría ser *P. maculans*, puesto que hongos del género *Pestalotiopsis* ocasionan manchas foliares. Sin embargo, para poder corroborar dicha relación patógena sería necesario llevar a cabo los postulados de Koch.

En la figura 13 se puede observar la disminución de *P. maculans* en las hojas muertas de las dos especies de *Quercus* en contraposición a su persistencia en las hojas de *L. styraciflua*. En las bolsas de hojarasca este hongo presentó un comportamiento similar, aunque en forma menos acentuada. Estos resultados muestran que *P. maculans* es un habitante abundante en el filoplano de las tres especies de hojas y que tiene la capacidad de sobrevivir en las hojas en descomposición, pero solo en forma persistente y abundante en la hojarasca de *Liquidambar*. El género *Pestalotiopsis* está ampliamente distribuido, distintas

especies prosperan en forma abundante en muy diversos tipos de hojas; *Pestalotiopsis funerea* se ha encontrado en hojas de *Nothofagus truncata* (Ruscoe, 1971), *P. olivacea* en hojas vivas y en la hojarasca de *Quercus* sp. y *Pinus taeda* (Watson et al., 1974), *P. oxyanthi* en hojarasca de *Pinus taeda* (Godeas, 1992) y *P. theae* en hojas de *Atlantia monophylla* (Subramanian y Vittal, 1979). Bills y Polishook (1994a, 1994b) ubican a *P. maculans* como una de las especies más abundantes en hojas en descomposición de *Heliconia mariae* y en hojarasca mixta colectada en Costa Rica.

Otra especie que se distinguió por estar presente tanto en el filoplano como en las hojas muertas fue *C. cladosporioides* (Fig. 34b), la cual junto con *C. herbarum* se encuentra entre las especies de hongos más comunes en la naturaleza. En la mayoría de los estudios sobre la micobiota del filoplano aparece regularmente alguna de estas especies como habitante altamente prolífero. Por lo general *C. herbarum* se distribuye en zonas templadas y *C. cladosporioides* en tropicales y semitropicales. Su dispersión es por vía aérea y miles de propágulos pueden ser detectados en cualquier tipo de ambiente. Las especies de *Cladosporium* son consideradas como saprobias primarias, característica que fue constatada en el presente estudio, ya que en los tres tipos de hojas *C. cladosporioides* sobresalió por su abundancia desde los estados foliares más jóvenes.

Los resultados obtenidos para la riqueza específica y la diversidad de la micobiota del filoplano de las tres especies de hojas mostraron que no existen cambios importantes en dichos parámetros a medida que las hojas envejecen, y que los tres tipos de hojas son sustratos que favorecen el desarrollo de una considerable diversidad de especies fúngicas. Es importante señalar que para obtener una valoración completa de la micobiota del filoplano sería conveniente la realización de muestreos periódicos para conocer si existen fluctuaciones de las especies a lo largo del año.

La composición de las especies de hongos en las hojas con diferente grado de degradación coincidió ampliamente con la observada en el experimento con bolsas de

hojarasca, detectándose algunas especies que no habían aparecido anteriormente. En la figura 14 se muestra la variación del porcentaje de frecuencia de aparición de *B. rhombica*, *C. kakombensis*, *Ch. alabamensis* y *S. procurvata*, las cuales estuvieron presentes en los tres tipos de hojas. Como puede apreciarse en las gráficas, es evidente que estos hongos, aunque pueden vivir en las hojas verdes, se desarrollan óptimamente en las hojas muertas depositadas en el mantillo.

De igual forma que la micobiota del filoplano, la composición de la micobiota hallada en las hojas muertas con diferentes grado de descomposición presenta muy poca correspondencia con las encontradas en ecosistemas templados en acículas de coníferas (Kendrick y Burges, 1962; Godeas, 1992) y en hojas latifoliadas, incluyendo algunas especies de *Quercus* (Visser y Parkinson, 1975; Hering, 1965; Watson *et al.*, 1974). La composición de la micobiota de la hojarasca en las áreas templadas presenta una alta proporción de especies características del suelo, pertenecientes a géneros como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Verticillium*.

La composición de las especies encontradas en las hojas muertas en descomposición es semejante a la publicada por Yokoyama *et al.* (1977) y Heredia (1993). En particular la semejanza con los resultados de Yokoyama *et al.* (1977) resulta interesante debido a que los autores trabajaron con hojas de la especie de encino *Quercus phillyraeoides* con diferente grado de descomposición en una zona del archipiélago japonés cuyas características climatológicas son similares a las de la zona de estudio del presente tarabajo. Estas semejanzas permiten suponer que de igual forma que para la micobiota del filoplano las condiciones climatológicas juegan un papel primordial en la composición fúngica de la hojarasca.

Los resultados del índice de Sørensen indican que los tres tipos de hojas comparten una alta proporción de especies fúngicas tanto a nivel del filoplano como durante su descomposición. Aunque un alto número de especies se desarrollan en los tres tipos de hojas,

algunos hongos prosperan más favorablemente en un determinado tipo de hoja; por ejemplo, *Beltrania rhombica*, tanto en este estudio como en el de las bolsas de hojarasca, presentó una mayor frecuencia de aparición en las hojas de los encinos que en las de *L. styraciflua*. Por el contrario, como se mencionó anteriormente, *Pestalotiopsis maculans* es más abundante en la hojarasca de *Liquidambar* que en la de los encinos, lo que permite suponer que si bien no existe una especificidad evidente, algunos hongos presentan preferencias para desarrollarse en un tipo de hoja.

Según los resultados del porcentaje de similitud en las diferentes categorías seleccionadas, a medida que las hojas maduran y se desintegran la composición de la microbiota presenta un menor número de especies en común con la del filoplano. Estos datos demuestran que existen constantes cambios en la composición fúngica durante el desarrollo y la descomposición foliar. La mayor diferencia entre la similitud de la microbiota se nota al pasar de los estados de desarrollo (F1-F3) a los estados de descomposición (H1-H4). Este cambio notable en la microbiota, podría corresponder al desplazamiento de las especies del filoplano por las especies colonizadoras de la hojarasca. A su vez, los altos valores obtenidos entre la similitud de la microbiota entre los estados de desarrollo de las hojas vivas y entre los diferentes estados de descomposición, muestran que existen comunidades fúngicas características para el filoplano de las hojas y para las hojas en descomposición.

La desaparición de especies a medida que aumenta la descomposición también fue observada en las etapas finales del experimento longitudinal con bolsas de hojarasca, y ha sido discutida previamente. Sin embargo, en este estudio transversal la disminución de especies no llegó a ser tan pronunciada, lo que podría deberse a que las hojas designadas para el estado H4 presentaron un grado de descomposición menor a los alcanzados en las colectas finales del estudio longitudinal. Los resultados obtenidos mediante el análisis de la microbiota a través de la revisión de material categorizado y colectado en un período determinado, en gran medida dependen de la selección adecuada de las hojas que representen las categorías

que se deseen analizar. Una fuerte limitante de la técnica radica en la dificultad para obtener una muestra confiable de los estados más avanzados de descomposición en donde la identidad de las hojas se pierde.

Esta limitante explica la imperceptible variación de la diversidad y riqueza específica de la microbiota en los cuatro estados de descomposición analizados. Como se puede observar en las figuras 7 y 8, a partir del duodécimo muestreo (400 días de descomposición) del muestreo longitudinal se presentó una disminución marcada en el número de especies. Comparando los resultados del muestreo transversal con el longitudinal, es factible suponer que la panorámica captada para las hojas en descomposición de los estados H1 al H4 corresponden a un período de descomposición máxima entre 150 y 184 días.

Tabla 8. Porcentaje de frecuencia de constancia (%Frc) y de aparición (%Fra) de las especies de hongos en las hojas de *Quercus germana* con diferentes estados de desarrollo y descomposición.

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)			
		F1*	F2*	F3*	H1*	H2*	H3*	H4*
<i>Acremoniula brevis</i>	14.2	-	-	-	-	-	44	-
<i>Alternaria alternata</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Ampullifera aff. brasiliensis</i>	14.2	-	8	-	-	-	-	-
<i>Anungitea fragilis</i>	42.8	-	-	-	4	-	36	36
<i>Arthrimum phaeospermum</i>	28.5	-	12	12	-	-	-	-
<i>Beltrania africana</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Beltrania querna</i>	14.2	-	-	-	-	-	8	-
<i>Beltrania rhombica</i>	100	16	20	16	52	64	44	16
<i>Beltraniella portoricensis</i>	57.1	-	-	4	24	52	-	20
<i>Beltraniella sp.</i>	14.2	-	-	-	-	12	-	-
<i>Bipolaris hawaiiensis</i>	42.8	12	4	4	-	-	-	-
<i>Camposporium quercicola</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Circinotrichum papakurae</i>	28.5	-	4	4	-	-	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	85.7	72	64	64	12	12	-	4
<i>Cladosporium oxysporum</i>	57.1	40	12	8	-	8	-	-
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	14.2	-	8	-	-	-	-	-
<i>Codinaea britanica</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	71.4	-	-	4	64	56	48	84
<i>Curvularia clavata</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Curvularia lunata</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Curvularia pallescens</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Chaetopsina fulva</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Chalara alabamensis</i>	85.7	12	4	-	84	52	44	28
<i>Chalara microspora</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Chalara urceolata</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Chalara sp. 2</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Dactylaria fulva</i>	28.5	-	-	-	-	24	20	-
<i>Dactylaria aff. fusiformis</i>	14.2	-	16	-	-	-	-	-
<i>Dactylaria obtriangularia</i>	14.2	-	-	-	-	24	-	-
<i>Dactylella ellipsospora</i>	42.8	-	-	-	24	4	-	24
<i>Dendrodochium sp.</i>	28.5	-	-	8	-	4	-	-
<i>Dictyochaeta antillana</i>	42.8	-	-	-	12	-	56	8
<i>Dictyochaeta assamica</i>	28.5	-	-	8	-	-	-	-
<i>Dictyochaeta cylindrospora</i>	28.5	-	-	-	-	-	12	16
<i>Dictyochaeta simplex</i>	85.7	-	12	12	44	12	28	76
<i>Dictyochaeta aff. pahangensis</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Dreschlera aff. haloides</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Endophragmiella mexicana</i>	14.2	-	-	-	8	-	-	-
<i>Epicoccum nigrum</i>	57.1	4	4	4	-	-	-	-
<i>Gliocladium roseum</i>	28.5	-	-	40	-	-	-	-
<i>Gyothrix ramosa</i>	28.5	-	12	12	-	-	-	-
<i>Gyothrix verticillata</i>	28.5	4	-	4	-	-	-	-
<i>Henicospora minor</i>	57.1	-	-	-	4	12	28	8
<i>Kionochaeta ramifera</i>	28.5	-	-	-	8	-	-	4
<i>Kramasamuha sibika</i>	28.5	-	12	-	4	-	-	-
<i>Microxiphium sp.</i>	14.2	-	-	16	-	-	-	-
<i>Monodictys glauca</i>	42.8	-	-	-	-	12	28	44
<i>Myrothecium prestonii</i>	14.2	40	-	-	-	-	-	-

Tabla 8. Continuación

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)			
		F1	F2	F3	H1	H2	H3	H4
<i>Nakataea cylindrospora</i>	28.5	-	-	-	-	12	-	4
<i>Nakataea fusispora</i>	14.2	-	-	-	-	-	8	-
<i>Nigrospora sphaerica</i>	28.5	8	-	-	-	-	-	-
<i>Paliphora intermedia</i>	57.1	-	-	-	20	4	8	4
<i>Periconia byssoides</i>	28.5	-	-	8	-	-	-	-
<i>Pestalotiopsis macrospora</i>	28.5	12	4	-	-	-	-	-
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	71.4	96	96	100	4	12	-	-
<i>Phialocephala mexicana</i>	42.8	4	32	12	-	-	-	-
<i>Phialophora sp.</i>	42.8	32	12	72	-	-	-	-
<i>Pithomyces chartarum</i>	28.5	4	-	-	4	-	-	-
<i>Sarcinella glycosmidis</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Scolecobasidium humicola</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Selenosporella curvispora</i>	71.4	16	28	-	-	12	20	32
<i>Septonema aff. fragilis</i>	85.7	-	16	24	4	16	44	8
<i>Sporendocladia bactrospora</i>	14.2	-	-	-	24	-	-	-
<i>Sporidesmiella hyalosperma</i>	28.5	-	-	-	-	-	8	4
<i>Sporidesmium sp.</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Subulispora procurvata</i>	57.1	-	-	-	72	40	20	12
<i>Sympodiella multiseptata</i>	57.1	-	-	-	44	12	48	64
<i>Tetraploa aristata</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Thozetella radicata</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Tripospermum myrti</i>	42.8	4	8	36	-	-	-	-
<i>Tripospermum sp.</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Tubakia dryina</i>	42.8	32	48	16	-	-	-	-
<i>Vermiculariopsiella immersa</i>	14.2	-	-	8	-	-	-	-
<i>Veronaea coprophila</i>	14.2	-	-	-	-	8	-	-
<i>Zygosporium gibbum</i>	28.5	4	-	-	-	-	-	-
<i>Sp. 8</i>	42.8	12	16	12	-	-	-	-
<i>Sp. 35</i>	14.2	-	-	20	-	-	-	-
<i>Sp. 49</i>	28.5	-	-	-	4	8	-	-
<i>Sp. 50</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Sp. 53</i>	14.2	-	-	-	-	44	-	-
<i>Sp. 61</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Sp. 69</i>	14.2	-	-	-	20	-	-	-
<i>Sp. 70</i>	14.2	-	-	-	12	-	-	-
<i>Sp. 72</i>	14.2	-	-	-	8	-	-	-
<i>Sp. 73</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-

*F1 = Hojas jóvenes

*H1 = Hojas recién caídas

*F2 = Hojas maduras

*H2-H4 = Hojas muertas con diferente grado de descomposición

*F3 = Hojas viejas

Para una descripción detallada ver Págs. 22-23

Tabla 9. Porcentaje de frecuencia de constancia (%Frc) y de aparición (%Fra) de las especies de hongos en las hojas de *Quercus xalapensis* con diferentes estados de desarrollo y descomposición

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)			
		F1*	F2*	F3*	H1*	H2*	H3*	H4*
<i>Alternaria alternata</i>	28.5	-	20	4	-	-	-	-
<i>Alternaria tenuissima</i>	28.5	4	-	-	-	-	-	-
<i>Ampullifera aff. brasiliensis</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Arthrinium phaeospermum</i>	42.8	4	8	4	-	-	-	-
<i>Beltrania africana</i>	42.8	4	-	4	4	-	-	-
<i>Beltrania rhombica</i>	71.4	-	-	16	-	20	40	36
<i>Beltraniella portoricensis</i>	42.8	-	-	-	-	12	32	72
<i>Beltraniella sp.</i>	42.8	-	-	-	20	20	12	-
<i>Bipolaris australiensis</i>	28.5	-	4	-	-	-	-	-
<i>Bipolaris bicolor</i>	28.5	-	4	-	-	-	-	-
<i>Bipolaris spicifera</i>	28.5	-	4	-	-	-	-	-
<i>Candelabrum spinulosum</i>	42.8	-	-	-	8	-	4	4
<i>Circinotrichum papakuræ</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Cladosporium chlorocephalum</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	8
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	85.7	80	68	52	24	12	8	-
<i>Cladosporium oxysporum</i>	42.8	8	-	-	-	-	-	-
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	42.8	8	-	-	-	-	-	-
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	57.1	-	-	-	12	16	12	32
<i>Cryptophiale minor</i>	14.2	-	-	-	-	8	-	-
<i>Curvularia affinis</i>	28.5	-	4	4	-	-	-	-
<i>Curvularia brachyspora</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Curvularia catenulata</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Curvularia clavata</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Curvularia lunata</i>	42.8	4	8	4	-	-	-	-
<i>Curvularia pallescens</i>	42.8	8	4	-	-	-	-	-
<i>Chalara alabamensis</i>	85.7	8	4	-	48	20	32	12
<i>Chalara aurea</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Chalara hughesii</i>	28.5	-	-	-	12	-	-	4
<i>Chalara microspora</i>	28.5	-	-	-	-	4	4	-
<i>Chalara sp. 1</i>	28.5	-	-	-	-	8	4	-
<i>Chloridium virescens</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Dactylaria aspirensis</i>	28.5	-	12	-	-	-	-	-
<i>Dactylaria fulva</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	52
<i>Dactylaria obtriangularia</i>	57.1	-	-	-	8	8	4	24
<i>Dactylella ellipsospora</i>	28.5	-	-	-	4	-	-	8
<i>Dendrodochium sp.</i>	14.2	-	-	-	12	-	-	-
<i>Dictyochaeta assamica</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Dictyochaeta cylindrospora</i>	14.2	-	-	-	-	-	28	-
<i>Dictyochaeta novae-guineensis</i>	14.2	-	-	-	-	-	8	-
<i>Dictyochaeta simplex</i>	57.1	-	-	-	44	24	28	24
<i>Dictyochaeta aff. pahangensis</i>	14.2	-	-	-	8	-	-	-
<i>Epicoccum nigrum</i>	28.5	8	-	-	-	-	-	-
<i>Gliocladium roseum</i>	42.8	40	-	8	4	-	-	-
<i>Gyothrix dichotoma</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Gyothrix ramosa</i>	28.5	-	4	16	-	-	-	-
<i>Gyothrix verticillata</i>	14.2	20	-	-	-	-	-	-

Tabla 9. Continuación

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)			
		F1	F2	F3	H1	H2	H3	H4
<i>Helicosporium</i> sp.	14.2	-	-	-	12	-	-	-
<i>Henicospora minor</i>	57.1	-	-	-	12	8	8	28
<i>Hermatomyces tucumanensis</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Kionochaeta ramifera</i>	28.5	-	-	-	-	16	4	-
<i>Kramasamuha sibika</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Microxiphium</i> sp.	57.1	12	-	4	8	12	-	-
<i>Mycoleptodiscus</i> sp.	28.5	-	-	-	28	4	-	-
<i>Myrothecium inundatum</i>	28.5	8	-	4	-	-	-	-
<i>Nakataea cylindrospora</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Nakataea fusispora</i>	14.2	-	-	-	-	-	24	-
<i>Nigrospora sphaerica</i>	57.1	4	28	-	4	4	-	-
<i>Paliphora intermedia</i>	57.1	-	-	-	12	4	8	4
<i>Periconia byssoides</i>	42.8	4	-	4	8	-	-	-
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	85.7	100	68	88	8	8	12	-
<i>Phialocephala mexicana</i>	28.5	-	24	8	-	-	-	-
<i>Phialophora</i> sp.	42.8	80	76	24	-	-	-	-
<i>Pithomyces chartarum</i>	28.5	-	4	-	4	-	-	-
<i>Pithomyces maydicus</i>	28.5	-	-	4	-	4	-	-
<i>Pseudobeltrania havanensis</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Rhinocladiella</i> sp. 1	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Rhinocladiella</i> sp. 2	28.5	-	4	-	-	4	-	-
<i>Sarcinella glycosmidis</i>	71.4	4	8	8	8	-	-	4
<i>Seimatosporium nipponicum</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Selenosporella curvispora</i>	100	16	8	4	8	4	12	20
<i>Septonema aff. fragilis</i>	57.1	-	-	-	20	16	4	32
<i>Septonema</i> sp.	14.2	-	-	-	-	8	-	-
<i>Solosymptodiella</i> sp.	42.8	76	52	72	-	-	-	-
<i>Sporendocladia bactrospora</i>	28.5	-	-	-	4	4	-	-
<i>Sporidesmium goidanichii</i>	42.8	-	-	-	8	12	8	12
<i>Sporidesmium</i> sp. 2	14.2	-	-	-	-	-	-	4
<i>Subulispora procurvata</i>	71.4	-	-	12	96	92	72	68
<i>Symptodiella multiseptata</i>	57.1	-	-	-	8	8	32	44
<i>Teratosperma singulare</i>	28.5	-	24	8	-	-	-	-
<i>Tetraploa aristata</i>	42.8	-	4	-	4	4	-	-
<i>Thozetella cristata</i>	28.5	-	-	-	4	8	-	-
<i>Thozetella cubensis</i>	28.5	-	-	-	4	4	-	-
<i>Thozetella radicata</i>	42.8	-	-	-	16	8	-	16
<i>Thozetella</i> sp.	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Tripospermum myrti</i>	28.5	-	4	-	8	-	-	-
<i>Tripospermum</i> sp.	28.5	4	-	-	-	8	-	-
<i>Tubakia dryina</i>	57.1	48	48	68	8	-	-	-
<i>Vermiculariopsiella immersa</i>	28.5	-	-	4	-	4	-	-
<i>Veronaea coprophila</i>	28.5	-	-	-	16	-	4	-
<i>Zygosporium gibbum</i>	42.8	16	-	-	24	-	-	4
<i>Zygosporium mycophilum</i>	28.5	16	-	-	-	-	24	-
Sp. 8	42.8	32	28	8	-	-	-	-
Sp. 9	14.2	8	-	-	-	-	-	-

Tabla 9. Continuación

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)			
		F1	F2	F3	H1	H2	H3	H4
<i>Sp. 12</i>	28.5	4	4	-	-	-	-	-
<i>Sp. 18</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Sp. 26</i>	14.2	-	-	8	-	-	-	-
<i>Sp. 42</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Sp. 50</i>	14.2	-	-	-	-	-	8	-
<i>Sp. 65</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Sp. 69</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	4

*F1 = Hojas jóvenes

*H1 = Hojas recién caídas

*F2 = Hojas maduras

*H2-H4 = Hojas muertas con diferente grado de descomposición

*F3 = Hojas viejas

Para una descripción detallada ver Págs. 22-23

Tabla 10. Porcentaje de frecuencia de constancia (%Frc) y de aparición (%Fra) de las especies de hongos en las hojas de *Liquidambar styraciflua* con diferentes estados de desarrollo y descompos

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)			
		F1*	F2*	F3*	H1*	H2*	H3*	H4*
<i>Alternaria alternata</i>	71.4	12	12	4	-	-	8	4
<i>Alternaria citri</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Alternaria dianthicola</i>	28.5	4	4	-	-	-	-	-
<i>Anungitea fragilis</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Arthrinium phaeospermum</i>	71.4	16	16	36	8	-	-	12
<i>Beltrania africana</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Beltrania querna</i>	28.5	-	-	-	8	4	-	-
<i>Beltrania rhombica</i>	28.5	8	-	-	12	20	-	-
<i>Beltraniella portoricensis</i>	42.8	-	-	-	52	16	4	-
<i>Beltraniella sp.</i>	14.2	-	-	-	-	8	-	-
<i>Beltraniopsis aff. tanzaniensis</i>	14.2	-	-	-	4	-	-	-
<i>Bipolaris australiensis</i>	14.2	-	16	-	-	-	-	-
<i>Ceratosporella deviata</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	100	48	64	96	28	24	20	24
<i>Cladosporium oxysporum</i>	57.1	4	-	28	-	8	4	-
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>	14.2	-	16	-	-	-	-	-
<i>Corynespora citricola</i>	28.5	-	16	4	-	-	-	-
<i>Corynespora homaliicola</i>	14.2	-	-	4	-	-	-	-
<i>Cryptophiale kakombensis</i>	57.1	-	-	-	24	28	28	8
<i>Curvularia catenulata</i>	28.5	-	4	-	-	-	-	-
<i>Curvularia clavata</i>	42.8	12	8	12	-	-	-	-
<i>Curvularia pallescens</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Chalara alabamensis</i>	57.1	-	16	-	24	36	24	-
<i>Chalara hughesii</i>	14.2	-	-	-	-	12	-	-
<i>Chalara sp. 1</i>	28.5	-	-	-	-	12	48	-
<i>Chloridium virescens</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	4
<i>Dactylaria aff. lepida</i>	28.5	-	-	-	-	8	4	-
<i>Dactylella ellipsospora</i>	14.2	-	-	-	-	12	-	-
<i>Dendrodochium sp.</i>	57.1	-	-	-	44	56	68	12
<i>Dictyochaeta assamica</i>	14.2	20	-	-	-	-	-	-
<i>Dictyochaeta novae-guineensis</i>	28.5	-	16	16	-	-	-	-
<i>Dictyochaeta simplex</i>	57.1	-	-	-	12	24	36	16
<i>Dictyochaeta sp.</i>	14.2	-	4	-	-	-	-	-
<i>Dreschlera biseptata</i>	14.2	4	-	-	-	-	-	-
<i>Epicoccum nigrum</i>	42.8	8	8	8	-	-	-	-
<i>Gliocladium roseum</i>	57.1	48	68	36	-	-	-	-
<i>Gyrothrix ramosa</i>	14.2	-	16	-	-	-	-	-
<i>Gyrothrix verticillata</i>	14.2	-	-	8	-	-	-	-
<i>Henicospora minor</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Hermatomyces tucumanensis</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	4
<i>Isthmotricladia gombakiensis</i>	14.2	-	-	-	-	-	4	-
<i>Kionochaeta ramifera</i>	14.2	-	-	-	-	4	-	-
<i>Kramasamuha sibika</i>	42.8	-	4	-	4	-	-	8
<i>Menisporopsis theobromae</i>	28.5	4	-	-	-	-	-	-
<i>Microxiphium sp.</i>	14.2	-	28	-	-	-	-	-
<i>Monodictys sp.</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	4
<i>Mycocleptodiscus sp.</i>	14.2	-	-	-	-	-	-	4

Tabla 10. Continuación

ESPECIES	%Frc	Hojas vivas (%Fra)			Hojas en descomposición (%Fra)		
		F1	F2	F3	H1	H2	H3
<i>Myrothecium inundatum</i>	14.2	-	-	-	-	12	-
<i>Myrothecium sp.</i>	14.2	-	12	-	-	-	-
<i>Nakataea fusispora</i>	14.2	-	-	-	-	-	-
<i>Nigrospora sphaerica</i>	42.8	16	-	-	-	-	-
<i>Periconia byssoides</i>	57.1	16	12	4	-	-	-
<i>Periconiella velutina</i>	14.2	-	-	-	8	-	-
<i>Pestalotiopsis macrospora</i>	28.5	-	-	-	4	-	-
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	100	100	92	84	84	72	56
<i>Phialocephala mexicana</i>	71.4	8	24	4	-	4	4
<i>Phialophora sp.</i>	42.8	8	20	4	-	-	-
<i>Pithomyces chartarum</i>	28.5	20	16	-	-	-	-
<i>Pithomyces maydicus</i>	14.2	-	-	-	4	-	-
<i>Rhinocladiella edo. C. manssoni</i>	71.4	-	20	4	16	8	4
<i>Rhinocladiella sp. 1</i>	28.5	-	4	4	-	-	-
<i>Sarcinella glycosmidis</i>	85.7	56	48	68	4	-	8
<i>Seimatosporium nipponicum</i>	28.5	-	8	-	8	-	-
<i>Selenosporella curvispora</i>	42.8	20	4	16	-	-	-
<i>Septonema aff. fragilis</i>	42.8	-	-	4	-	8	8
<i>Spegazzinia deightonii</i>	14.2	-	-	-	-	-	4
<i>Sporendocladia bactrospora</i>	28.5	-	-	-	-	16	12
<i>Sporidesmium goidanichii</i>	14.2	-	-	-	-	4	-
<i>Stachybotris kampalensis</i>	42.8	-	4	4	-	-	-
<i>Subulispora procurvata</i>	85.7	-	-	24	92	64	68
<i>Teratosperma singulare</i>	57.1	8	4	16	-	-	-
<i>Tetraploa aristata</i>	14.2	-	-	-	-	-	-
<i>Thozetella cubensis</i>	14.2	-	-	-	4	-	-
<i>Trinacrium gracile</i>	14.2	-	-	-	-	4	-
<i>Tripospermum myrti</i>	71.4	28	-	4	32	4	8
<i>Tripospermum roupalae</i>	14.2	-	-	-	-	8	-
<i>Tripospermum sp.</i>	14.2	-	-	-	8	-	-
<i>Tubakia dryina</i>	57.1	44	56	40	20	-	-
<i>Vermiculariopsiella immersa</i>	28.5	-	-	-	4	-	4
<i>Veronaea coprophila</i>	28.5	-	-	-	-	16	4
<i>Zygosporium gibbum</i>	14.2	-	-	-	-	-	-
<i>Zygosporium minus</i>	28.5	-	4	-	-	-	-
<i>Zygosporium mycophilum</i>	42.8	4	-	-	4	-	12
<i>Sp. 27</i>	14.2	-	8	-	-	-	-
<i>Sp. 37</i>	14.2	-	-	4	-	-	-
<i>Sp. 50</i>	14.2	-	-	-	-	-	12
<i>Sp. 75</i>	14.2	4	-	-	-	-	-

*F1 = Hojas jóvenes

*H1 = Hojas recién caídas

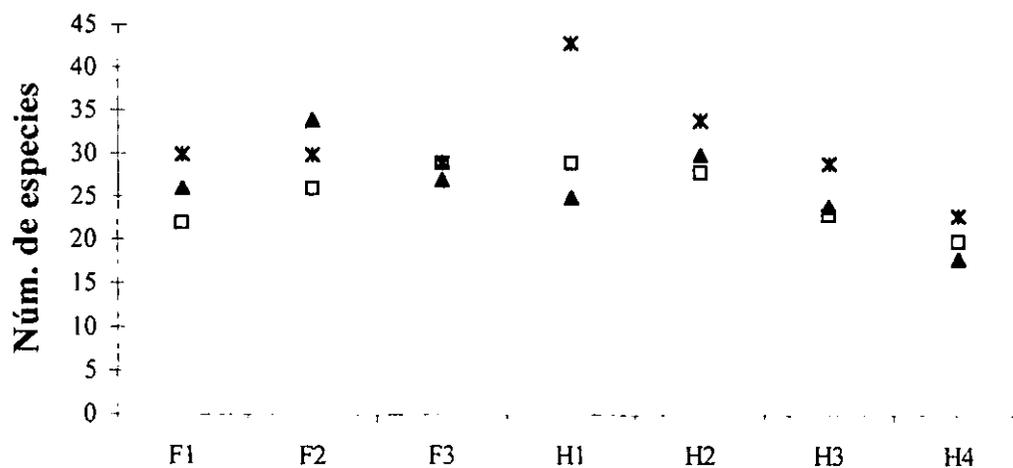
*F2 = Hojas maduras

*H2-H4 = Hojas muertas con diferente grado de descomposición

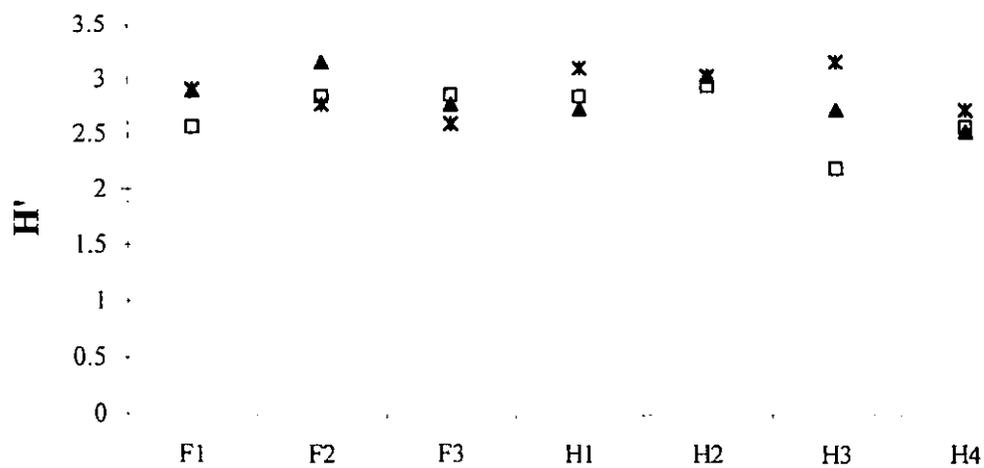
*F3 = Hojas viejas

Para una descripción detallada ver Págs. 22-23

Riqueza específica



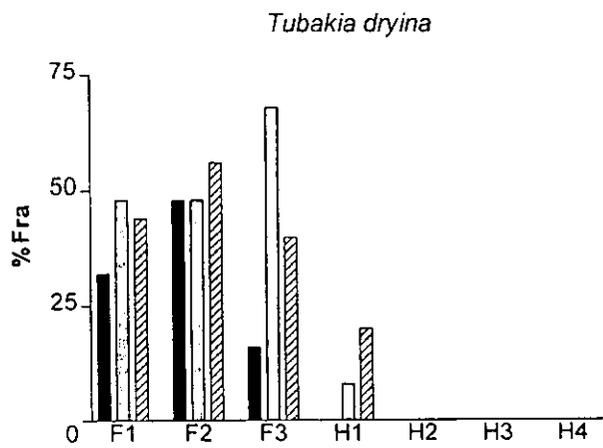
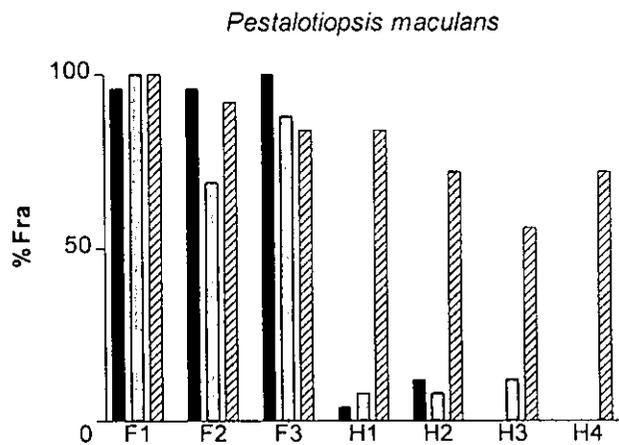
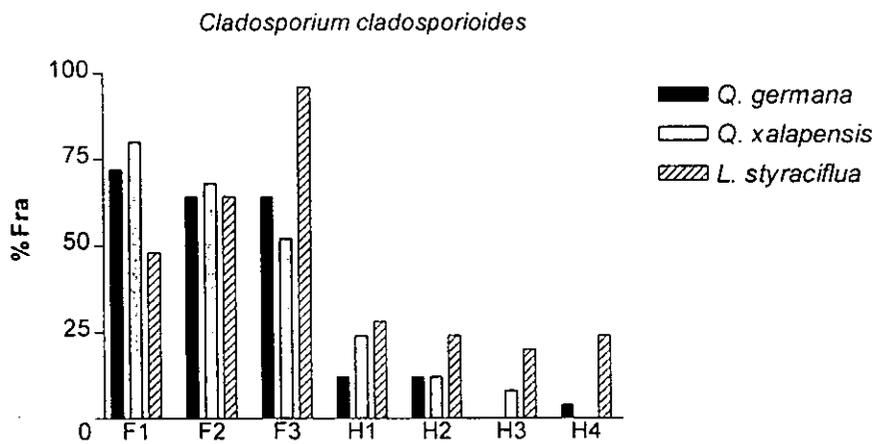
Diversidad



Estado de desarrollo o descomposición foliar

□ *Q. germana* * *Q. xalapensis* ▲ *L. styraciflua*

Figura 12. Riqueza específica y diversidad (H' = índice de Shanon) de los Hyphomycetes en hojas jóvenes (F1), maduras (F2), viejas (F3), recién caídas (H1) y con diferente grado de descomposición (H2-H4).



Estados de desarrollo y descomposición

Fig. 13. Cambios en la frecuencia de aparición (%Fra) de las especies fúngicas más abundantes en el filoplano de las tres especies de hojas estudiadas. F1= Hojas jóvenes, F2= H. maduras, F3= H. viejas, H1= H. recién caídas, H2-H4= H. muertas en descomposición.

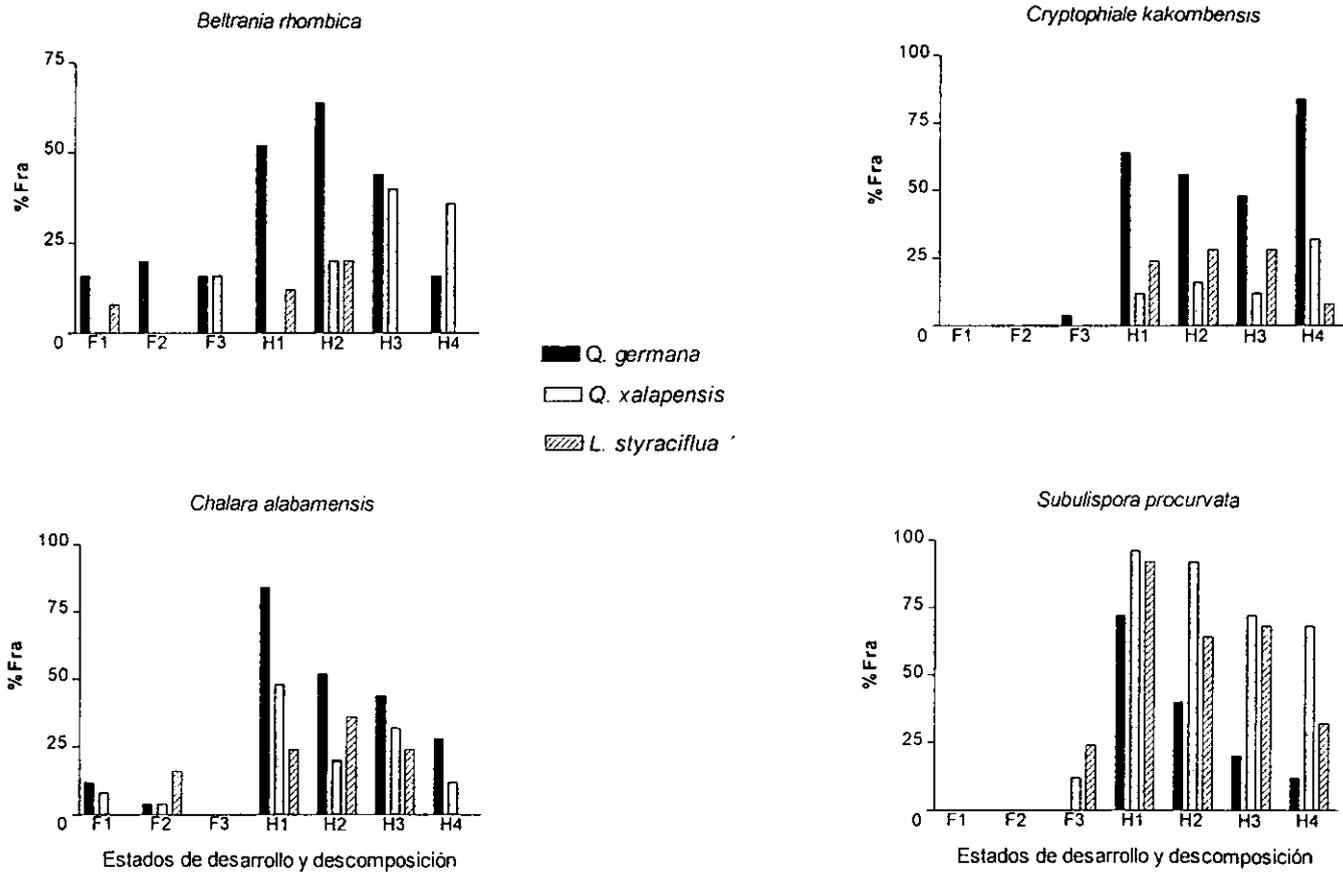


Fig. 14. Cambios en la frecuencia de aparición (%Fra) de las especies fúngicas más abundantes en las hojas con diferentes grados de descomposición en las tres especies de hojas estudiadas. F1= Hojas jóvenes, F2= H. maduras, F3= H. viejas, H1= H. recién caídas, H2-H4= H. muertas en descomposición.

56

Tabla 11. Matrices de similitud, según el índice de Sørensen, de la micobiota en los diferentes estados de desarrollo y descomposición de las hojas estudiadas.

Quercus germana

	F1	F2	F3	H1	H2	H3	H4
F1		58.3	47.0	19.6	24.0	13.3	19.0
F2			58.1	25.4	29.6	20.4	26.0
F3				24.1	31.5	15.3	24.4
H1					49.1	42.3	61.2
H2						47.0	62.5
H3							69.7

Quercus xalapensis

	F1	F2	F3	H1	H2	H3	H4
F1		46.6	50.8	32.8	21.8	16.9	15.0
F2			50.4	27.3	21.5	13.5	11.3
F3				27.7	19.0	17.2	11.5
H1					57.1	44.4	48.4
H2						60.3	49.1
H3							53.8

Liquidambar styraciflua

	F1	F2	F3	H1	H2	H3	H4
F1		53.3	60.3	31.3	21.4	32.0	27.2
F2			62.2	27.1	15.6	24.1	26.9
F3				26.9	28.0	39.2	44.4
H1					43.6	53.0	32.5
H2						62.9	25.0
H3							38.0

F1 = Hojas jóvenes; F2 = Hojas maduras; F3 = Hojas viejas; H1 = Hojas recién caídas;
H2-H4 = Hojas muertas con diferente grado de descomposición.
Para una descripción detallada ver Págs. 22-23.

5.4. Micobiota de la capa superficial del suelo.

En la tabla 12 se presentan los hongos aislados de las muestras del suelo. En total se identificaron 63 especies diferentes, quedando pendientes 32 cepas que no esporularon bajo las condiciones del laboratorio. Entre los hongos determinados se incluyen Zygomycetes, hongos conidiales y Ascomycetes. Sobresalieron por su diversidad de especies los géneros *Paecilomyces*, *Penicillium* y *Trichoderma*, los cuales son habitantes frecuentes de prácticamente cualquier tipo de suelo.

La alta concentración de materia orgánica en el horizonte A, representa una fuente de nutrimentos para los hongos del suelo; además de los restos vegetales está la macrofauna que también es susceptible a la invasión por hongos. Entre los hongos aislados se encontraron las especies entomopatógenas *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*, *Paecilomyces farinosus* y *P. fumosoroseus* (Domsch *et al.* 1980). Los mucorales, representados por especies de los géneros *Absidia*, *Mortierella* y *Mucor*, también encuentran un ambiente propicio para su desarrollo en las capas superficiales del suelo, alimentándose de excretas de la macrofauna, de exudados de raicillas, de rizomas y de los productos de excreción de basidiomycetes (Frankland, 1981).

En la presente investigación además de algunas especies de *Penicillium* y *Trichoderma*, muy pocos de los hongos observados en las hojas fueron aislados del suelo. Entre las especies identificadas, únicamente *Aspergillus niger*, *Cloridium virescens* var. *chlamyosporum*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. sphaerospermum*, *Gliocladium roseum*, *Gonytrichum macrocladum*, *Nigrospora sphaerica* y *Pestalotiopsis maculans* aparecieron sobre las hojas en las cámaras húmedas. Estos resultados indican que la mayoría de la micobiota de la hojarasca desaparece en los primeros horizontes del suelo.

Es importante mencionar que no debe eliminarse la posibilidad de que entre las cepas estériles se encuentren algunas especies de las hojas incapaces de esporular en los medios de cultivo empleados. No obstante, la marcada diferencia entre la micobiota aislada del suelo

y la de las hojas, muestra como dentro de la amplia diversidad fúngica es posible distinguir diferentes grupos especializados para determinados microhábitat. Es interesante observar dentro de la micobiota del suelo el predominio de taxa cuyas estructuras son hialinas, en contraposición a la abundancia de especies con micelios y esporóforos pigmentados en la hojarasca. Rambelli *et al.* (1983) señalan una situación similar en Costa de Marfil. Resulta razonable suponer que tales diferencias reponen a las adaptaciones que los hongos tienen a su respectivos nichos. Se requieren futuras investigaciones para poder entender tales diferencias. Los aislamientos de *C. cladosporioides* y *P. maculans* a partir del suelo muestran que ambas especies existen en un continuo de hábitat dentro del bosque, ocupando exitosamente diferentes estratos, desde la parte aérea hasta los primeros horizontes del suelo.

Tabla 12. Hongos saprobios de suelo del bosque mesófilo aislados de muestras colectadas a una profundidad 0-5 cm.

PHYCOMYCOTINA

Zygomycetes

Mucorales

Mortierellaceae

Mortierella isabellina Oudem.

Mortierella vinacea Dixon-Stewart.

Mucoraceae

Absidia cylindrospora Hagem

Mucor mucedo Mich. ex St.

Mucor racemosus Fres.

HONGOS MITOSPÓRICOS (DEUTEROMYCOTINA)

Hyphomycetes

Moniliales

Moniliaceae

Acremonium sp.

Aspergillus cervinus Masee

Aspergillus flavus Link ex Gray

Aspergillus niger Van Tieghem

Aspergillus sydowii (Bain. et Sart.) Thom & Church

Beauveria bassiana (Bals.) Vuill.

Chrysosporium sp.

Cladobotrium sp.

Clonostachys aff. *compactiuscula* (Sacc.) W. Gams

Cylindrocarpon didymum (Hartig) Wollenw.

Cylindrocladium parvum P.J. Anderson

Gliocladium roseum Bainier

Mariannea elegans var. *elegans* (Corda) Samson

Metarrhizium anisopliae (Metschn.) Sorok.

Paecilomyces carneus (Duché et Heim) A.H.S. Brown et G. Sm.

Paecilomyces farinosus (Holm ex Gray) A.H.S. Brown et G. Sm.

Tabla 12. Continuación.

Paecilomyces fumosoroseus (Wize) A.H.S. Brown et G. Sm.
Paecilomyces javanicus (Friederichs et Bally) Brown et G. Sm.
Paecilomyces marquandii (Masse) Hughes
Penicillium citrinum Thom
Penicillium chrysogenum Thom
Penicillium decumbens Thom
Penicillium fellutanum Biourge
Penicillium glabrum (Whener) Westling
Penicillium islandicum Sopp
Penicillium purpurogenum Stoll
Penicillium variabile Sopp
Penicillium verruculosum Peyronel
Penicillium waksmanii Zaleski
Penicillium sp. 1
Penicillium sp. 2
Scopulariopsis brevicaulis (Sacc.) Bain
Scopulariopsis chartarum (G.Sm.) Morton L.G. Sm.
Sporothrix sp. 1
Trichoderma aureoviride Rifai
Trichoderma hamatum (Bon.) Bain
Trichoderma harzianum Rifai
Trichoderma koningii Oudem.
Trichoderma pseudokoningii Rifai
Verticillium nigrescens Pethybr.
Verticillium sp.

Dematiaceae

Chaetosphaeria vermicularioides
Chloridium virescens (Pers. ex Pers.) W. Gams & Hol.-Jech
Cladosporium cladosporioides (Fres.) de Vries
Cladosporium herbarum (Pers.) Link ex Gray
Cladosporium sphaerospermum Penz.
Gilmaniella humicola Barron
Gliomastix luzulae (Fuckel) Mason ex Hughes
Gonytrichum macrocladum (Sacc.) Hughes
Humicola fuscoatra var. *longispora* Fassatiová
Nigrospora sphaerica (Sacc.) Mason

Tabla 12. Continuación.

Tuberculariaceae

Myrothecium verrucaria (Alb. et Schw.) Ditm ex Steudel

Volutella ciliata Alb. et Schw. ex Fr.

Coelomycetes

Melanconiales

Melanconiaceae

Pestalotiopsis maculans (Corda) S. Hughes

ASCOMYCOTINA

Euascomycetes

Chaetomiales

Chaetomiaceae

Chaetomium indicum Corda

Eurotiales

Eurotiaceae

Talaromyces flavus (Klöcker) Stolk et Samson

Talaromyces sp. 1

Hypocreales

Hypocraceae

Nectria radicolica Gerlach et L. Nilsson

FALTA PAGINA

No. **102**

5.5. Hongos endófitos de hojas vivas y de hojas en descomposición.

La microbiota aislada mediante la desinfección y los lavados seriados de las hojas fue valorada en forma cualitativa. Una alta proporción de las colonias no desarrolló ningún tipo de esporóforo lo cual imposibilitó su ubicación taxonómica. En la tabla 13 se presenta la lista de los hongos identificados, 23 de los cuales fueron determinados a nivel de especie, 10 a nivel de género y 3 como formas afines a los Xylariaceae. Entre los diferentes hongos identificados se incluyen especies Tuberculariales, Coelomycetes, ascomicetes y una baja incidencia de hongos dematiáceos. La mayoría de estos hongos no habían sido detectados mediante la revisión de las cámaras húmedas.

Tomando en cuenta que la técnica empleada elimina los propágulos en las superficies foliares se asume que los hongos aislados son parte de la microbiota que se encuentra colonizando los tejidos internos. Las especies determinadas pueden ubicarse como saprobias y como parásitos latentes.

Diversas investigaciones han demostrado que en el interior de las hojas vivas, en contraste con el filoplano, los ascomicetes y Coelomycetes están mejor representados que los Hyphomycetes (Cabral, 1985), lo que indica que existe cierta especialización a nivel de las especies epífitas y endófitas. De acuerdo a Petrini (1991), los hongos endófitos y epífitos ocupan dos nichos distintos, con presiones selectivas propias: mientras que los epífitos deben protegerse de la desecación, los endófitos se enfrentan a las presiones fisiológicas del hospedero.

En el presente estudio, de las hojas vivas fueron aisladas especies consideradas como habitantes comunes del filoplano, como *Cladosporium cladosporioides*, *Nigrospora sphaerica* y *Epicoccum nigrum*. La frecuente aparición de estos hongos como endófitos ha sido discutida por varios autores; Petrini (1991) menciona que al envejecer las hojas algunos epífitos son capaces de penetrar en los tejidos del hospedero. Dicha situación ha sido apoyada por las investigaciones de Cabral (1985), quien encontró que ciertos hongos del

filoplano colonizan el interior de las hojas al declinar las poblaciones de los verdaderos hongos endófitos, fenómeno que ocurre al iniciarse la senectud foliar. El proceso de senescencia aparentemente modifica el nicho que provee el tejido vegetal y permite el desarrollo de organismos que están mejor provistos para la vida saprofítica (Petrini, 1991). Existe la posibilidad de que algunas especies del filoplano formen apresorios subcuticulares o hifas capaces de sobrevivir a la desinfección superficial, lo cual explicaría la ocurrencia ocasional de algunos epífitos en la micobiota endofítica.

Entre los hongos aislados de las hojas vivas se encontraron los géneros *Acremonium*, *Ascochyta*, *Colletotrichum*, *Phoma* y *Phomopsis*, considerados como endófitos ubicuos de ramas y hojas de plantas leñosas y herbáceas (Boddy y Griffith, 1989). Otras especies frecuentemente aisladas corresponden a los estados anamorfos de especies xylariales, como *Geniculosporium* y *Nodulisporium*, que han sido aislados tanto de restos vegetales vivos como en estado de descomposición.

En los tres tipos de hojas estudiadas, *Pestalotiopsis maculans*, *Glomerella* sp. y la forma xilariácea 1 estuvieron presentes en hojas vivas y en hojas en descomposición. Estos resultados permiten ubicar a *P. maculans* como un hongo altamente difundido, tanto a nivel de la epidermis foliar como en los tejidos internos de las hojas vivas y en las hojas en descomposición. Otra especie de *Pestalotiopsis* que ha sido aislada como endófito de hojas vivas es *P. funerea*; Espinosa-García y Langenheim (1990) la ubican como un endófito importante de las hojas de *Sequoia sempervirens*, el cual incrementa significativamente su abundancia a medida que las hojas envejecen.

El aislamiento de colonias estériles, cuya morfología es típica de especies xylariaceae, es común en materiales provenientes principalmente de zonas tropicales húmedas (Rodrigues y Petrini, 1997). Los hongos incluidos en dicho grupo son considerados como altamente adaptados a la vida endofítica, desarrollándose en hojas vivas y en ramas de una amplia variedad de plantas (Boddy y Griffith, 1989; Rodrigues, 1996). La persistencia de estos

hongos, y de otras especies consideradas como endofíticas, en las capas superficiales de la hojarasca ha sido comprobada por Bills y Polishook (1994a,b).

Entre los hongos aislados de las hojas muertas se encontraron *Beltrania rhombica*, *Beltraniella portoricensis*, *Dictyochaeta simplex* y *Subulispora procurvata*, los cuales, como se recordará, aparecieron abundantemente sobre la superficie de las hojas en descomposición. Lo anterior permite suponer que dichas especies presentan cierta adaptación para desarrollarse en el ambiente intratisular.

A la fecha no existen estudios sobre los hongos endofíticos de las hojas de *Liquidambar*. En encinos se ha analizado detalladamente la micobiota en algunas especies de España (Collado *et al.*, 1996; Collado, 1998). Collado (1998) aisló de *Quercus ilex* un total de 12 especies diferentes de hojas vivas y 58 de hojas muertas colectadas del mantillo, encontrando una baja similitud entre las comunidades de hojas vivas y de hojas en descomposición. Bills (1996) menciona que a medida que las hojas se degradan la comunidad de hongos endófitos es reemplazada por especies saprobias típicas de la hojarasca. De igual forma a lo encontrado en el presente estudio, Collado (1998) aisló un alto porcentaje de colonias estériles. En general la coincidencia de especies presentadas por dicho autor con las identificadas en los encinos analizadas aquí es mínima.

Uno de los principales problemas a los que se enfrentan los investigadores de hongos endófitos es la abundancia de formas estériles. Considerando la alta frecuencia de Coelomycetes en el interior de las hojas, la inoculación de cepas estériles sobre materiales vegetales desinfectados puede ser una alternativa para inducir en el laboratorio la esporulación y el desarrollo de la morfología diagnóstica de este tipo de hongos en el hospedero (Bills, 1996). Otro procedimiento recientemente empleado es el análisis de micelios estériles mediante técnicas de biología molecular, con las que se puede hacer la comparación de fragmentos de ADN homólogos entre cepas estériles y hongos de identidad específica conocida (Collado, 1998).

Los aislamientos ayudaron a detectar en los tejidos internos de las hojas algunas de las especies encontradas en el filoplano y en la hojarasca, lo que indica su amplia capacidad de colonización. Sin embargo, para tener una evaluación precisa de la capacidad endofítica de estas especies se requiere el desarrollo de un análisis cuantitativo que permita valorar la frecuencia con que estas especies aparecen como colonizadoras internas. Cabe mencionar que los resultados obtenidos muestran una panorámica superficial de las especies endofíticas y que seguramente la aplicación de varios procedimientos de desinfección y la diversificación de medios de cultivo proveerían mas información. De igual forma que para los hongos del suelo, existe la probabilidad de que entre las cepas estériles se encuentren especies de la hojarasca incapaces de esporular bajo las condiciones en que fueron manipuladas en el laboratorio.

Tabla 13. Especies endofíticas identificadas de los aislamientos obtenidos mediante desinfección y lavados seriados de hojas vivas (I) y hojas en descomposición (II).

ESPECIES	TIPOS DE HOJAS					
	Q.g. I	Q.x. I	L.s. I	Q.g. II	Q.x. II	L.s. II
<i>Acremonium kiliense</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Acremonium exiguum</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Alternaria citri</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Ascochyta sp.</i>	+	+	-	-	-	-
<i>Beltrania rhombica</i>	+	-	-	+	+	-
<i>Beltraniella portoricensis</i>	-	-	-	+	+	-
<i>Ceratocystis picea</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Cladosporium oxysporum</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Cochliobolus victoriae</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Colletotrichum acutatum</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Colletotrichum gloeosporoides</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Cylindrocarpon coprosmae</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Cylindrocarpon parvum</i>	+	-	-	+	+	+
<i>Cylindrocarpon sp.</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Dictyochaeta simplex</i>	+	-	-	+	-	-
<i>Epicoccum purpurascens</i>	-	+	-	-	-	+
<i>Fusarium decemcellulare</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Fusarium flocciferum</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Fusarium semitectum</i>	-	-	-	+	-	-
<i>Fusarium sporotrichoides</i>	-	-	-	-	-	+
<i>Geniculosporium sp.</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Glomerella sp.</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Humicola grisea</i>	+	-	-	+	+	-
<i>Nectria sp.</i>	-	-	+	-	-	-
<i>Nigrospora sphaerica</i>	-	+	-	+	-	+
<i>Nodulisporium sp.</i>	+	+	-	-	+	+
<i>Ophiostoma sp.</i>	-	+	-	-	+	-
<i>Pestalotiopsis maculans</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Phoma spp.</i>	+	+	+	+	-	-
<i>Phomopsis sp.</i>	+	-	-	-	-	-
<i>Subulispora procurvata</i>	-	-	-	+	+	-
<i>Volutella sp.</i>	-	-	-	-	+	-
<i>Xylariáceo sp. 1</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Xylariáceo sp. 2</i>	+	+	+	+	+	-
<i>Xylariáceo sp. 3</i>	+	-	+	+	+	-

Q.g.- *Quercus germana*

Q.x.- *Quercus xalapensis*

L.s.- *Liquidambar styraciflua*

5.6. Sucesión de los hongos en el filoplano y en la superficie de las hojas muertas durante su descomposición.

Tanto la ordenación como la clasificación de los estados de desarrollo y descomposición de las hojas indicaron la existencia de una sucesión fúngica. La primera al ordenar a las categorías de las hojas en una secuencia de maduración-descomposición y la segunda al agrupar categorías con grados de maduración-descomposición similares en un mismo grupo. La ordenación de las categorías de hojas se presenta en la figura 15 y la clasificación en el dendrograma de la figura 16.

En la figura 15 se observa un patrón general que consiste en una secuencia en forma de arco (típica de los análisis de componentes principales) de las categorías de hojas que va de las hojas vivas a las de mayor estado de descomposición. La primera sigla de los rótulos indica la especie de hoja (G, *Quercus germana*; X, *Q. xalapensis* y L, *Liquidambar styraciflua*). La segunda sigla indica el estado de la hoja (F, viva; H, en descomposición). El número indica la secuencia de maduración o descomposición (1 el grado de menor madurez o descomposición y 3 ó 4 el mayor).

La secuencia es más clara entre las hojas en descomposición que entre las hojas vivas, las cuales aparecen más concentradas en el plano. El primero y segundo factores o componentes explicaron 68 % de la varianza, mientras que el tercer factor (no graficado) solo explicó 7 % de la varianza. Por lo tanto se considera que los dos primeros componentes son los principales y que dan cuenta de los factores subyacentes o latentes que determinan la ordenación. El factor 1 se asocia con la dominancia de las especies de hongos y la diferencia taxonómica de sustrato (especies de hojas) mientras que el factor 2 representa la diferencia entre las hojas vivas y las hojas muertas en descomposición, sugiriendo una diferencia cualitativa entre ambos tipos de hojas. Esta diferencia es muy evidente en el dendrograma de la clasificación, donde los dos grupos más disímiles (distancia 186) son los que representan precisamente a todas las categorías de hojas vivas contra las categorías de

descomposición.

La interpretación complementaria de los resultados de la ordenación y la clasificación sugiere que el patrón de la sucesión está determinado por el efecto conjunto de la especificidad hacia el sustrato y el estado de descomposición. Entre las hojas vivas existe una mayor especificidad, como lo indica el que las micobiotas sean más similares entre diferentes categorías de desarrollo de una misma especie de hoja que las de otras especies de hojas (Fig. 16). Entre las hojas en descomposición, la especificidad es menos notable. Al parecer existe una mayor influencia del estado de descomposición de las hojas pues los estados más avanzados de la descomposición (H3 y H4) siempre se encuentran a la izquierda de los menos avanzados (H1 y H2) en la ordenación, con excepción de H4 de *Liquidambar styraciflua*; o bien, en el dendrograma, los estados H4 están siempre incluidos en diferentes conglomerados de los que incluyen a los estados H1 y H2.

Tanto las categorías de hojas vivas de *L. styraciflua* como de hojas en descomposición se separan de las de encinos, como era de esperarse por tratarse de géneros distintos con hojas que difieren en consistencia, dureza, lignificación, etc. En resumen, de acuerdo a los resultados de la ordenación y a la clasificación, existe una sucesión de hongos asociados a hojas vivas en diferente estado de desarrollo y a hojas en descomposición, la cual presenta el siguiente patrón: un recambio notable en la dominancia de especies entre hojas vivas y hojas muertas en descomposición, y un recambio gradual y menos dramático entre los diferentes estados de desarrollo o de descomposición. Sin embargo, en las hojas vivas la similitud en la composición de especies se explica más por la especificidad hacia el sustrato que por el estado de desarrollo, en comparación a lo que sucede en las hojas en descomposición.

Una vez que se reconoce una sucesión, resulta de interés definir qué especies están asociadas a los diferentes estados de desarrollo y descomposición de las hojas. En las tablas 14-16 se sintetiza la sucesión fúngica en la superficie de las hojas estudiadas; para la

elaboración de estas tablas se han integrado los resultados obtenidos en los muestreos longitudinal y transversal. Únicamente se han incluido aquellas especies que presentaron frecuencias de aparición iguales o superiores a 10%.

Los hongos de las hojas vivas corresponden a las mismas categorías establecidas en el muestreo transversal (F1-hojas jóvenes, F2-hojas maduras y F3-hojas senescentes). Para las hojas muertas en descomposición se han considerado como hojas recién caídas las de la categoría H1 del muestreo transversal y las del tiempo 0 del muestreo longitudinal. En el grupo de hojas descompuestas I se incluyeron las especies encontradas en las categorías H2 y H3 en el muestreo transversal y las especies observadas entre el período de 60 y 274 días en el muestreo longitudinal. Para el grupo de hojas descompuestas II se integraron las especies de la categoría H4 y las halladas entre los 317 y 724 días de descomposición en el muestreo longitudinal.

Muy pocos hongos presentaron una distribución continua. En las hojas de *Q. germana*, *Beltrania rhombica* fue la única especie que apareció tanto en los diferentes estados de desarrollo foliar como a lo largo de la descomposición. En las hojas de *L. styraciflua*, tanto *C. cladosporioides* como *P. maculans* sobresalieron por su persistencia y abundancia en las hojas vivas y muertas. En las hojas de *Q. xalapensis* ninguna especie apareció constantemente durante las diferentes etapas de la sucesión.

En los tres tipos de hojas *C. cladosporioides* y *P. maculans* fueron observados en los diferentes estados de desarrollo foliar analizados. Considerando la alta frecuencia con que dichas especies aparecieron en las hojas jóvenes es factible considerarlas como colonizadoras primarias del filoplano de las tres especies de hojas. De igual forma podría enmarcarse a *Tubakia dryina* como colonizadora primaria del filoplano, sólo que en este caso el hongo presentó una frecuencia de aparición superior en *Q. xalapensis* y *L. styraciflua*, en comparación con *Q. germana*.

Como hongos secundarios del filoplano fueron encontradas diferentes especies en

cada tipo de hoja, coincidiendo algunos géneros foliícolas típicos como son *Dictyochaeta* y *Dactylaria*. Las especies *Gyrothrix ramosa* y *Phialocephala mexicana* aparecieron como colonizadoras secundarias del filoplano en los tres tipos de hojas.

En las hojas recién caídas se entremezclan hongos colonizadores secundarios del filoplano con especies de la hojarasca, de tal forma que en los tres tipos de hojas fueron detectadas especies de *Alternaria* y *Curvularia*, así como *Epicoccum nigrum*, habitantes comunes de las hojas vivas. En esta fase se manifestaron abundantemente algunos hongos típicos de la hojarasca como son *Subulispora procurvata* en los distintos tipos de hojas; *Beltrania rhombica*, *Dictyochaeta simplex* y *Chalara alabamensis* en las hojas de *Quercus germana* y *Q. xalapensis*, y *Beltraniella portoricensis* en *L. styraciflua*.

El grupo de hongos colonizadores secundarios de la hojarasca está integrado por una amalgama de especies, entre las que se encuentran las residentes de la hojarasca y taxa con un amplio espectro saprofítico, como son las especies del género *Zygosporium*. Entre los hongos residentes de la hojarasca, *Cryptophiale kakombensis* sobresalió por su persistencia y abundancia en los estados avanzados de la descomposición de las hojas de *Q. germana* y *Q. xalapensis*. Estuvo presente en las hojas de *L. styraciflua*, pero su abundancia fue menor. En este caso las especies *Chalara* sp. y *Zygosporium gibbum* presentaron altas frecuencias como colonizadores secundarios de la hojarasca.

Un análisis minucioso de la sucesión fúngica de las hojas de las tres especies estudiadas permite establecer que entre ellas existen diferencias en la composición y colonización por los hongos. Tales divergencias son menos perceptibles entre las dos especies de *Quercus*, ya que en estos casos varias de las especies colonizadoras de la hojarasca son las mismas como *Beltrania rhombica*, *Chalara alabamensis*, *Dictyochaeta simplex* y *Cryptophiale kakombensis*. Aunque en las hojas de *L. styraciflua* están presentes las especies mencionadas, otras se manifestaron con mayor abundancia, como por ejemplo *Dendrodochium* sp., *Chalara* sp., *Pestalotiopsis maculans* y *Zygosporium gibbum*.

El proceso de sucesión en los hongos puede visualizarse de dos maneras dependiendo de la escala del habitat en cuestión: 1) sucesión a nivel de sustrato ó sucesión degradativa y 2) sucesión a nivel de comunidades o sucesión autotrófica (Park, 1968; Grubb, 1987; Krohne, 1998). El primer caso ocurre a pequeña escala dentro de un gran medio o sistema, trata de los cambios en la composición de especies a medida que un sustrato es consumido hasta su completa desintegración. El segundo está relacionado con el desarrollo de una comunidad y la sucesión puede ser primaria o secundaria. Una sucesión primaria a nivel de comunidades se inicia en un sitio que no ha sido previamente ocupado por organismos, y la secundaria hace referencia a los cambios en comunidades ya existentes, que sufrieron algún tipo de disturbio con la resultante eliminación parcial o total de la comunidad biótica (Park, 1968; Frankland, 1981; Gams, 1992).

Además de la escala en que ocurre, la sucesión degradativa difiere de la sucesión a nivel de comunidades en su evolución. En el primer caso hay una tendencia hacia cero cuando el sustrato es totalmente consumido y en el segundo la tendencia es hacia la estructuración de una comunidad más compleja (Frankland, 1981). Bajo este marco, los cambios en las comunidades fúngicas asociadas a las hojas son visualizados como una sucesión degradativa.

Los mecanismos de facilitación, tolerancia e inhibición planteados por Connell y Slatyer (1977) pueden explicar la sucesión de los hongos en las hojas. El modelo de facilitación es aplicable tanto a nivel de las hojas vivas como durante su descomposición. En el primer caso la colonización de las especies del filoplano crea las condiciones propicias para la subsecuente invasión por hongos saprobios o parásitos débiles, y a nivel de las hojas en descomposición las especies colonizadoras de la hojarasca transforman el sustrato en compuestos más simples y accesibles para otras especies con menor capacidad enzimática. Por otro lado, la secreción de productos metabólicos de los mismos hongos, e inclusive de la macrofauna, propician el establecimiento de nuevas especies. Los mecanismos de

tolerancia e inhibición a nivel de los hongos están íntimamente relacionados con su capacidad para producir antibióticos y estructuras de resistencia.

Los hongos que sobreviven en forma continua hasta las fases avanzadas de descomposición pueden ser considerados como organismos con una “alta capacidad saprofítica competitiva”. Garrett (1950) introdujo este concepto para sumar los atributos que deben presentar los hongos para colonizar exitosamente un sustrato y persistir en el mismo conforme es degradado. Una especie con alta capacidad saprofítica competitiva se caracteriza por: a) producir esporas con germinación y crecimiento micelial rápidos; b) presentar versatilidad en su producción enzimática; c) secretar sustancias tóxicas para otros organismos, y d) tener una alta tolerancia a compuestos antibióticos.

Los resultados de múltiples investigaciones sobre la sucesión fúngica en las hojas y otros restos vegetales herbáceos muestran una marcada dominancia de especies conidiales y ascomicetes, proliferando en menor grado basidiomicetes y los ficomicetes (Hudson, 1968). La secuencia con que dichos grupos se manifiestan ha sido analizada por Hudson (op. cit.) quien propuso un esquema general en el cual ubica especies parásitas y saprobias entre los colonizadores primarios. El comportamiento de las especies parásitas varía según la resistencia y las condiciones del hospedero, persistiendo algunas especies después de que las hojas mueren. En el grupo subsecuente, Hudson (op. cit.) menciona a especies saprobias comunes a la mayoría de las sucesiones descritas, no sólo en hojas sino en otro tipo de sustratos, entre las cuales algunas están más ampliamente distribuidas en los trópicos o en las áreas templadas. Posteriormente, algunos de estos hongos son reemplazados por especies saprobias poco comunes. Finalmente, en los estados más avanzados de la descomposición aparecen diversas especies de basidiomicetes, ficomicetes y hongos del suelo. Este esquema ha sido modificado por los estudios de Frankland (1998), quien demostró la presencia de especies de basidiomicetes desde los estados iniciales de la descomposición de hojas de encino.

Es importante enfatizar que los esquemas sucesionales planteados en el presente estudio se limitan a los estados de descomposición foliar que permitieron manipular los fragmentos de las hojas para su revisión microscópica mediante cámaras húmedas. Esta situación se reflejó en la escasa incidencia de hongos típicos del suelo en el análisis de los estados más avanzados de descomposición.

Los resultados obtenidos demuestran la alta riqueza específica de las comunidades fúngicas en las hojas estudiadas. Muy pocas de las especies observadas son incluidas en las sucesiones de hojas de ecosistemas templados. En su mayoría, la micobiota está integrada por especies de ecosistemas tropicales. Lo anterior indica que la composición fúngica en la sucesión responde en gran medida a las condiciones climatológicas en que se efectúa.

La interpretación de las sucesiones a nivel de sustrato presentan ciertas limitaciones. Grubb (1987) señala que en el caso de las hojas es importante tomar en cuenta el nivel en el cual se desarrollan los hongos estudiados. Diferentes sucesiones se pueden presentar a nivel de la epidermis y del mesófilo de las hojas vivas y muertas. Los trabajos micológicos generalmente abordan un tipo de microhábitat y los resultados están íntimamente relacionados con la metodología empleada. Como se ha mencionado anteriormente, los resultados expuestos corresponden a las comunidades de Hyphomycetes presentes a nivel de la superficie foliar, tanto para hojas vivas como en descomposición.

Ante la imposibilidad de reconocer las especies a partir de la fase somática de los hongos, la sucesión descrita mediante las cámaras húmedas se restringe estrictamente a la secuencia de aparición de los esporóforos de los hongos que colonizan las hojas. En consecuencia, aquellas especies incapaces de desarrollar algún esporóforo perceptible durante el tiempo de incubación son ignoradas.

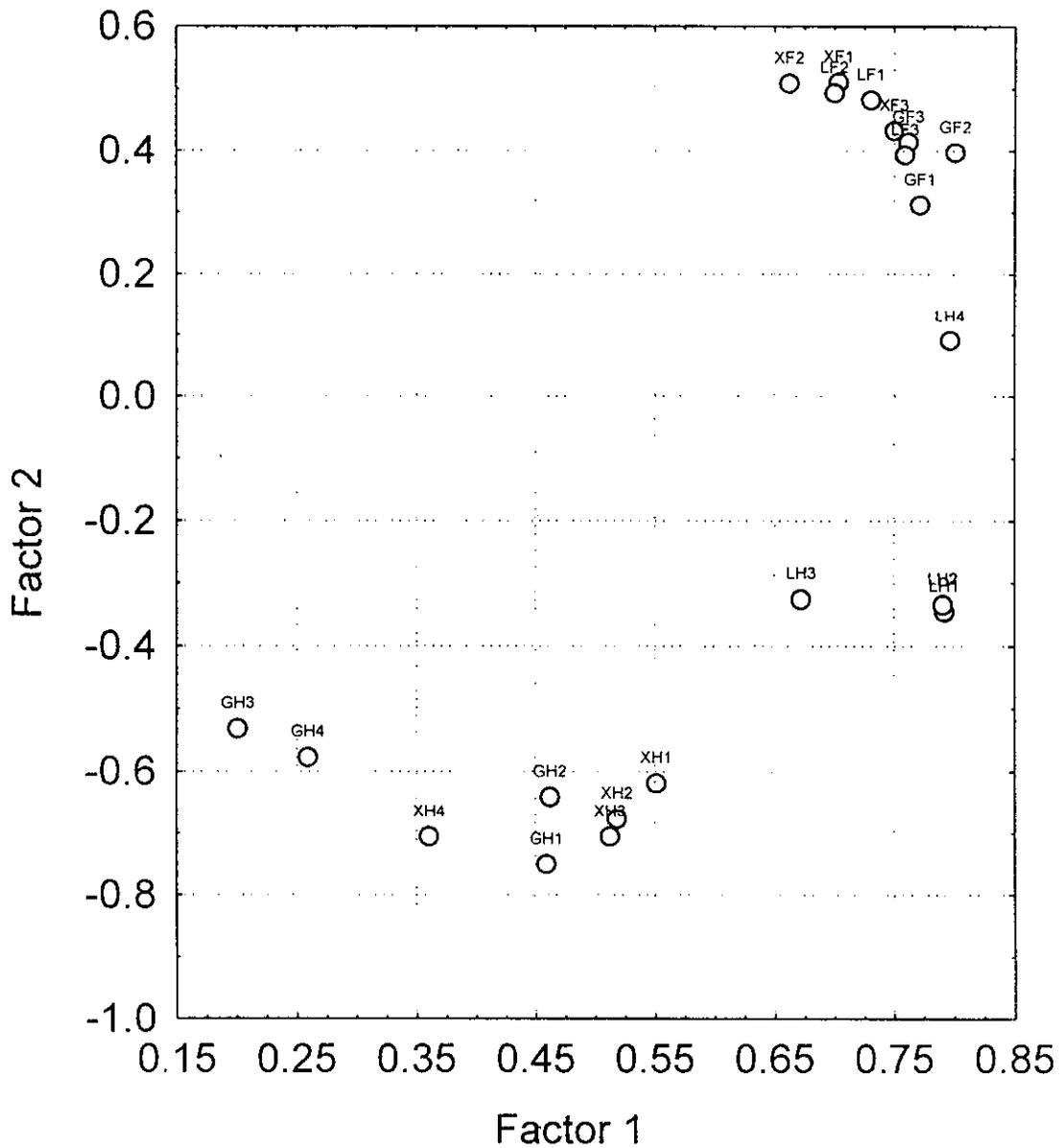


Fig. 15. Ordenación de los estados de desarrollo F1 (hojas jóvenes), F2 (hojas maduras), F3 (hojas viejas) y de descomposición H1-H4 (correspondiente a hojas recién caídas y hojas con diferente grado de deterioro) de las hojas de *Quercus germana* (G), *Q. xalapensis* (X) y *Liquidambar styraciflua* (L) mediante la extracción de factores por el método de Componentes Principales sin rotación.

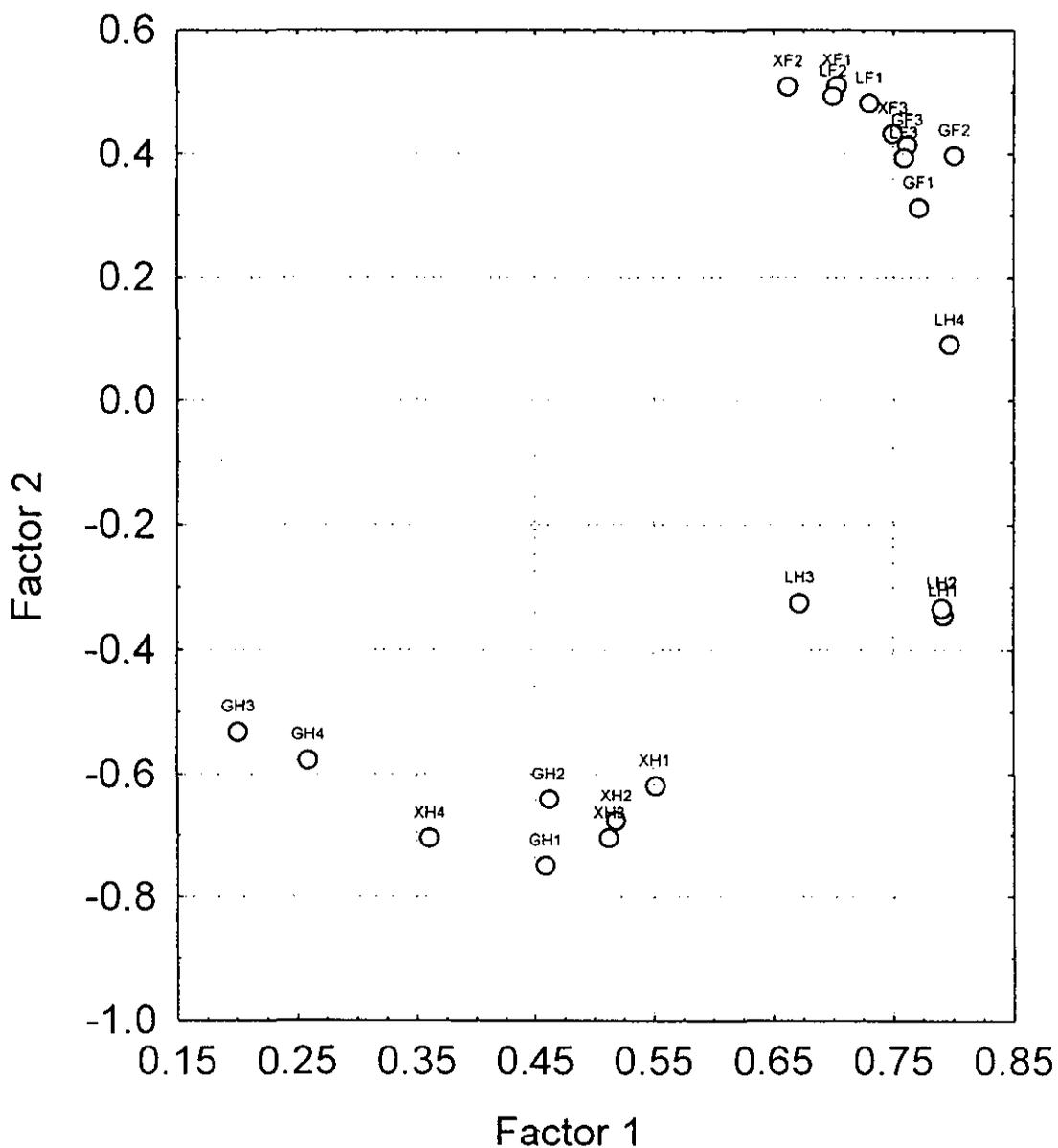


Fig. 15. Ordenación de los estados de desarrollo F1 (hojas jóvenes), F2 (hojas maduras), F3 (hojas viejas) y de descomposición H1-H4 (correspondiente a hojas recién caídas y hojas con diferente grado de deterioro) de las hojas de *Quercus germana* (G), *Q. xalapensis* (X) y *Liquidambar styraciflua* (L) mediante la extracción de factores por el método de Componentes Principales sin rotación.

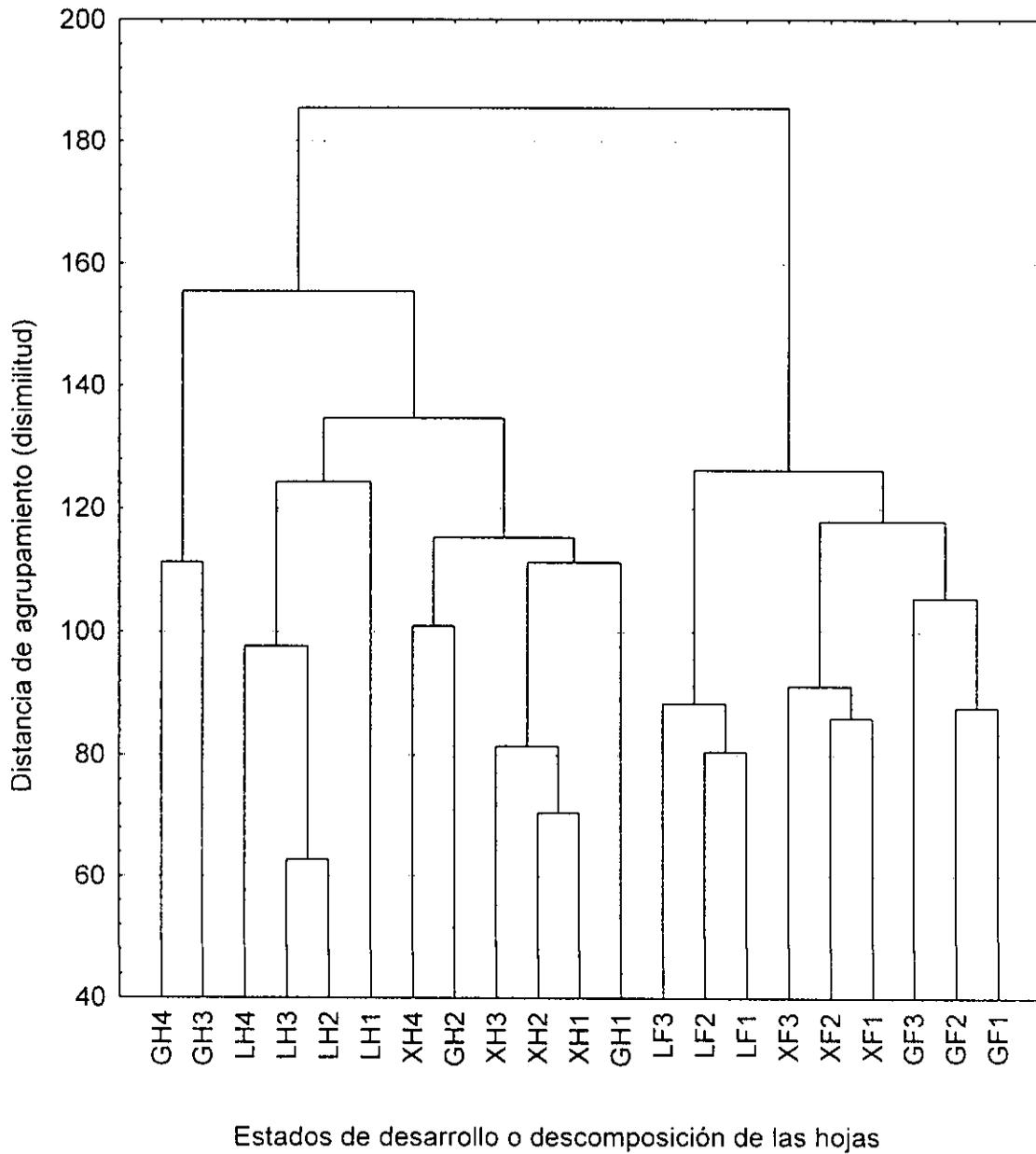


Fig. 16. Dendrograma de la agrupación de las especies de Hyphomycetes encontradas en los estados de desarrollo F1 (hojas jóvenes), F2 (hojas maduras), F3 (hojas viejas) y de descomposición H1-H4 (correspondiente a hojas recién caídas y hojas con diferente grado de deterioro) de las hojas de *Quercus germana* (G), *Q. xalapensis* (X) y *Liquidambar styraciflua* (L) mediante análisis de conglomerados (distancia euclidiana-UPGA).

Tabla 15. Sucesión fúngica en la superficie de las hojas vivas y muertas con diferente grado de descomposición de *Quercus xalapensis*.

	Hojas Vivas			Hojas Muertas		
	Jóvenes *	Maduras °	Senescentes °	Recién caídas ° ^a	Descompuestas I **	Descompuestas II **
<i>Cladosporium cladosporioides</i>		+	+	+	+	
<i>Gliocladium roseum</i>						
<i>Gyothrix verticillata</i>						
<i>Microxiphium sp.</i>					+	
<i>Pestalotiopsis maculans</i>		+	+	+	+	
<i>Phialophora sp.</i>		+	+			
<i>Selenospora curvispora</i>					+	+
<i>Solosympiella sp.</i>		+	+			
<i>Tubakia dryina</i>		+	+	+		
<i>Zygosporium gibbum</i>						
<i>Zygosporium mycophilum</i>						
Sp. 8.		+				
<i>Alternaria alternata</i>				+	+	
<i>Dactylaria aspirens</i>						
<i>Nigrospora sphaerica</i>						
<i>Phialocephala mexicana</i>						
<i>Teratosperma singulare</i>						
			<i>Beltrania rhombica</i>	+	+	+
			<i>Gyothrix ramosa</i>			
			<i>Subulispora procurvata</i>	+	+	+
			<i>Beltraniella sp.</i>		+	
			<i>Curvularia clavata</i>			
			<i>Curvularia lunata</i>			
			<i>Circinotrichum papakuræ</i>			
			<i>Cryptophiale kakombensis</i>		+	+
			<i>Chalara alabamensis</i>		+	+
			<i>Chalara hughesii</i>			
			<i>Dendrodochium sp.</i>			
			<i>Dictyochaeta simplex</i>		+	+
			<i>Epicoccum purpurascens</i>			
			<i>Helicosporium sp.</i>			
			<i>Henicospora minor</i>		+	+
			<i>Mycoleptodiscus sp.</i>			
			<i>Paliphora intermedia</i>			
			<i>Septonema aff. fragilis</i>		+	+
			<i>Thozetella radicata</i>			+
			<i>Veronaea coprophila</i>			
			<i>Zygosporium gibbum</i>			
					<i>Beltraniella portoricensis</i>	+
					<i>Dictyochaeta cylindrospora</i>	
					<i>Kionochaeta ramifera</i>	+
					<i>Nakataea fusispora</i>	
					<i>Sporidesmium goidanichii</i>	+
					<i>Sympodiella multiseptata</i>	+
					<i>Zygosporium mycophilum</i>	
					Sp. No. 3	
						<i>Cryptophiale udagawae</i>
						<i>Gyothrix circinata</i>
						<i>Dactylaria fulva</i>
						<i>Dactylaria obtriangularia</i>

* Colonizadores primarios del filoplano.

° Colonizadores secundarios del filoplano.

^a Colonizadores primarios de la hojarasca.

** Colonizadores secundarios de la hojarasca.

+ = Presencia de la especie.

Con negritas especies con abundancia > 39 % FRA.

Tabla 16. Sucesión fúngica en la superficie de las hojas vivas y muertas con diferente grado de descomposición de *Liquidambar styraciflua*.

	Hojas Vivas			Hojas Muertas		
	Jóvenes *	Maduras °	Senescentes °	Recién caídas ° a	Descompuestas I **	Descompuestas II **
<i>Alternaria alternata</i>		+		+	+	
<i>Arthrinium phaeospermum</i>		+	+			+
<i>Cladosporium cladosporioides</i>		+	+	+	+	+
<i>Curvularia clavata</i>			+			
<i>Gliocladium roseum</i>						
<i>Nigrospora sphaerica</i>			+	+		
<i>Periconia byssoides</i>						
<i>Pestalotiopsis maculans</i>		+	+	+	+	+
<i>Pithomyces chartarum</i>		+		+		
<i>Sarcinella glycosmidis</i>		+	+			
<i>Selenosporella curvispora</i>			+			
<i>Tripospermum myrtii</i>						
<i>Tubakia dryina</i>		+	+	+		
<i>Corynespora citricola</i>						
<i>Dictyochaeta novae-guineensis</i>			+			
<i>Gliocladium roseum</i>			+			
<i>Gyrothrix ramosa</i>						
<i>Microxiphium sp.</i>						
<i>Myrothecium sp.</i>						
<i>Periconia byssoides</i>						
<i>Phialocephala mexicana</i>						
<i>Phialophora sp.</i>						
<i>Rhinochadiella edo. Dictyotrichiella</i>				+		
<i>Bipolaris australiensis</i>						
<i>Cladosporium oxysporum</i>					+	
<i>Cladosporium sphaerospermum</i>						
<i>Chalara alabamensis</i>				+	+	
<i>Dictyochaeta assamica</i>					+	
<i>Subulispora procurvata</i>				+	+	
<i>Teratosperma singulare</i>						+
<i>Alternaria tenuissima</i>						
<i>Beltrania rhombica</i>					+	
<i>Beltraniella portoricensis</i>					+	
<i>Cryptophiale kakombensis</i>					+	
<i>Curvularia lunata</i>						
<i>Dendrodochium sp.</i>					+	+
<i>Dictyochaeta simplex</i>					+	+
<i>Epicoccum purpurascens</i>						
<i>Tripospermum myrtii</i>						
<i>Zygosporium minus</i>						
					<i>Anungitea fragilis</i>	
					<i>Chalara hughesii</i>	
					<i>Chalara sp.</i>	
					<i>Dactylella ellipsospora</i>	
					<i>Myrothecium inundatum</i>	
					<i>Sporocladia bactrospora</i>	
					<i>Tetracoccosporium aerium</i>	
					<i>Thozetella cubensis</i>	
					<i>Veronaea coprophila</i>	
					<i>Zygosporium gibbum</i>	+
					<i>Zygosporium mycophilum</i>	
					Sp. 50	
					Sp. 62	
					<i>Tetraploa aristata</i>	

* Colonizadores primarios del filoplanio.

° Colonizadores secundarios del filoplanio.

* Colonizadores primarios de la hojarasca.

** Colonizadores secundarios de la hojarasca.

+ = Presencia de la especie.

Con negritas especies con abundancia > 39 % FRA.

6. DISCUSIÓN GENERAL Y PERSPECTIVAS

Los resultados expuestos muestran la alta heterogeneidad espacial y el dinamismo de las comunidades de Hyphomycetes asociadas a las hojas estudiadas. En gran medida, los datos obtenidos mediante los muestreos longitudinal y transversal presentaron concordancia y complementaron la información. En ambos fue evidente la presencia de un alto número de especies que aparecieron esporádicamente y con baja abundancia. Así mismo, se encontró en los dos casos una alta similitud en la composición de las especies que se manifestaron con mayor frecuencia y abundancia en las hojas en descomposición.

Los estudios ecológicos sobre la estructura de las comunidades fúngicas microscópicas enfrentan serios problemas. Uno de ellos estriba en la dificultad de delimitar las especies a nivel de individuos y poblaciones. En los estudios sobre ecología de comunidades vegetales y animales la unidad básica son los individuos, los cuales tienden a ser físicamente discretos y funcionalmente independientes. Dentro de los hongos, estas características son aplicables únicamente para las especies unicelulares; no obstante, para la mayoría de los hongos, cuya estructura somática está compuesta por filamentos que están en los límites de una colonia de unidades independientes y un individuo integrado, el concepto de individuo resulta impreciso.

Otra barrera a la que se enfrentan los micólogos radica en la dificultad para cuantificar los hongos microscópicos *in situ*. La valoración de la diversidad y la riqueza específica es frenada por la imposibilidad de reconocer las especies a partir de la fase somática de los hongos. Ante tal situación es necesario recurrir a técnicas que favorezcan la manifestación de los esporóforos que permitan dilucidar la entidad de la micobiota. Prácticamente todas las técnicas presentan cierto grado de selectividad y su aplicación debe estar directamente relacionada con los objetivos del estudio.

Por otro lado, mediante la manipulación microscópica en ocasiones resulta difícil

distinguir la viabilidad de los hongos, por lo que se corre el riesgo de calcular la diversidad de organismos inactivos o transitorios que no tienen una parte activa en los procesos de transformación del sustrato.

Dada la riqueza en microhábitat de las hojas a lo largo de su ciclo de vida y durante su descomposición, una valoración completa de la diversidad de la micobiota requiere la participación de especialistas que aborden los diferentes grupos fúngicos. A la fecha no existe ningún estudio en el que se analicen exhaustivamente los cambios en las comunidades de los diferentes grupos taxonómicos de hongos, tanto endófitos como del filoplano, desde que las hojas emergen hasta su total descomposición en el suelo.

El cálculo de la diversidad y la riqueza específica son parámetros descriptivos de la estructura de la comunidad, que en este caso fueron considerados como herramientas para medir los cambios fúngicos en las hojas; sin embargo queda por investigar el significado funcional de la diversidad de los hongos dentro del proceso de descomposición. El significado de la riqueza específica a nivel de los hongos del suelo es poco clara; al parecer existen ciertas especies clave que son determinantes en el funcionamiento de los ecosistemas (Wardle y Giller, 1996).

Los datos obtenidos permiten el planteamiento de futuras investigaciones en las que se exploren las interacciones entre los hongos de los diferentes micronichos de las hojas y otros organismos degradadores, así como la capacidad enzimática de las especies residentes de la hojarasca.

La incorporación del estudio ecológico de los hongos podría proveer un mejor entendimiento de los fenómenos involucrados en la descomposición de los restos vegetales en los ecosistemas. La ecología micológica es una disciplina relativamente joven, que aún está definiendo sus métodos, teorías y contenido. La ubicuidad y amplia dispersión de los hongos microscópicos representan un reto en el entendimiento de su diversidad.

7. CONCLUSIONES

1. En total se distinguieron 210 especies, de las cuales 166 corresponden a Hyphomycetes, 8 a Coelomycetes y 4 Ascomycetes. De los Hyphomycetes, 112 especies son nuevos registros para México y 4 constituyen nuevas especies. En las hojas de *Q. germana* se encontraron 140 especies, en las de *Q. xalapensis* 137 y en las de *Liquidambar styraciflua* 127.
2. Por la diversidad de hongos detectados, es factible considerar que bajo las condiciones prevalecientes en el bosque mesófilo de montaña, las tres especies de hojas analizadas constituyen sustratos altamente favorables para el desarrollo de los Hyphomycetes.
3. En los tres tipos de hojas los géneros que coincidieron como los mejor representados fueron *Curvularia*, *Chalara* y *Dictyochaeta*.
4. Las especies de Hyphomycetes con afinidad tropical predominaron en las hojas estudiadas.
5. A medida que aumentó la descomposición de las hojas se observó una disminución en la riqueza específica y la diversidad de las especies de Hyphomycetes de la superficie de las hojas.
6. Por su frecuencia de constancia y abundancia, durante la descomposición de las hojas se distinguieron dos grupos fúngicos: 1) “especies residentes de la hojarasca”, constituido por unas cuantas especies que estuvieron presentes durante todo o la mayor parte del proceso y en forma abundante, y 2) “especies esporádicas de la hojarasca”, formado por la mayoría de las especies encontradas, las cuales aparecieron esporádicamente y en forma escasa.
7. La composición de las especies residentes de la hojarasca presentó una mayor semejanza entre las hojas de *Q. germana* y *Q. xalapensis*, en comparación con la de las hojas de *Liquidambar styraciflua*.
8. El hongo *Cryptophiale kakombensis* fue el único que apareció en las tres especies de hojas durante todo el proceso de descomposición.
9. A nivel del filoplano las tres especies de hojas estudiadas compartieron un alto número de especies de Hyphomycetes.
10. Los hongos *Cladosporium cladosporioides* y *Pestalotiopsis maculans* estuvieron presentes en el filoplano de las hojas jóvenes, maduras y senescentes de las tres especies de

hojas estudiadas.

11. *Beltrania rhombica* en las hojas de *Q. germana*, y *Cladosporium cladosporioides* y *Pestalotiopsis maculans* en las hojas de *Liquidambar styraciflua*, fueron los únicos hongos que aparecieron tanto en los diferentes estados de desarrollo foliar en el filoplano como a lo largo de la descomposición de las hojas.

12. *Pestalotiopsis maculans* fue la única especie presente en forma endofítica, tanto en hojas vivas como en descomposición.

13. A nivel de las capas superiores del suelo, la mayoría de las especies de la hojarasca desapareció. En las capas superiores del suelo, la micobiota estuvo mejor representada por especies hialinas, a diferencia de la micobiota de la hojarasca en la que proliferaron las especies pigmentadas.

14. Los hongos *Cladosporium cladosporioides* y *Pestalotiopsis maculans* se encontraron ampliamente distribuidos tanto a nivel de filoplano como en la hojarasca y en las capas superiores del suelo.

16. Los cambios en la abundancia y composición de la micobiota en los tres tipos de hojas estudiadas indican que existe claramente una sucesión fúngica, la cual, en cuanto a su composición, presenta una alta similitud con las sucesiones planteadas para hojas de ecosistemas tropicales.

8. LITERATURA CITADA

- Aerts, R., 1997. Clime, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: a triangular relationship. **Oikos** 79: 439-449.
- Agrios, G.N., 1978. **Plant Pathology**, 2ª ed. Academic Press, Nueva York.
- Aguilera, H.N., 1989. **Tratado de edafología de México. Tomo I.** Facultad de Ciencias, UNAM, México. D.F.
- Alcorn, J.L., 1978. Two new *Cochliobolus* species. **Trans. Br. mycol. Soc.** 70: 61-65.
- Alcorn, J.L., 1983. On the genera *Cochliobolus* and *Pseudocochliobolus*. **Mycotaxon** 16: 353-379.
- Alcorn, J.L., 1996. *Paliphora intermedia* sp. nov. from Australia. **Mycotaxon** 59: 145-148.
- Allen, E.A., H.C. Hoch, J.R. Steadman y R.J. Stavely, 1991. Influence of leaf surface feature on spore deposition on the epiphytic growth of phytopathogenic fungi. *In*: J. H. Andrews y S.S. Hirano (eds.), **The Microbial Ecology of Leaves**. Springer-Verlag, Nueva York, pp. 87-110.
- Alvarez-Sánchez, J. y R. Becerra-Enríquez, 1996. Leaf decomposition in a Mexican tropical rain forest. **Biotropica** 28(4b): 657-667.
- Aoki, T., S. Tokumasu y K. Tubaki, 1990. Fungal succession on momi fir needles. **Trans. mycol. Soc. Japan** 31: 355-374.
- Aoki, T., S. Tokumasu y F. Oberwinkler, 1992. Fungal succession on fir needles in Germany. **Trans. mycol. Soc. Japan** 33: 359-374.
- Arx, v.J.A., 1981. **The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture**. J. Cramer, Vaduz.
- Barr, M.E., 1975. *Pestalospaeria*, a new genus in the Aumphisphaeriaceae. **Mycologia** 67: 187-194.
- Barron, G.L., 1968. **The Genera of Hyphomycetes from Soil**. The Williams and Wilkings Company, Nueva York.
- Barron, G.L., 1977. **The Nematode-Destroying Fungi**. Topics in Mycology No. 1. Can. Biol. Publ. Ltd. Guelph, Ontario.
- Belisario A., 1991. *Dicarpella dryina* sp. nov., teleomorph of *Tubakia dryina*. **Mycotaxon** 41: 147-155.

- Bills, G.F., 1996. Isolation and analysis of endophytic fungal communities from woody plants. *In*: S.C. Redlin y L.M. Carris (eds.), **Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants. Systematics, Ecology and Evolution**. APS Press. St Paul, pp. 31-65.
- Bills, G.F. y J.D. Polishook, 1994a. Abundance and diversity of microfungi in leaf litter of a lowland rain forest in Costa Rica. **Mycologia** **86**: 187-198.
- Bills, G.F. y J.D. Polishook, 1994b. Microfungi from decaying leaves of *Heliconia mariae* (Heliconiaceae). **Brenesia** **41-42**: 27-43.
- Boddy, L., 1993. Saprotrophic cord-forming fungi: warfare strategies and other ecological aspects. **Mycol. Res.** **97**: 641-655.
- Boddy, L. y G.S. Griffith, 1989. Role of endophytes and latent invasion in the development of decay communities in sapwood of angiospermous trees. **Sydowia** **41**: 41-73.
- Booth, C., 1971. **The Genus Fusarium**. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey.
- Burges, A., 1939. Soil fungi and root infection. **Broteria** **8**:33-35.
- Cabral, D., 1985. Phyllosphere of *Eucalyptus vitaminalis*: Dinamics of fungal populations. **Trans. Br. mycol. Soc.** **85**: 501-511.
- Carlile, M.J. y S.C. Watkinson, 1994. **The Fungi**. Academic Press, Nueva York.
- Carmichael, J.W., W.B. Kendrick, I.L. Connors y L. Sigler, 1980. **Genera of Hyphomycetes**. The University of Alberta, Alberta.
- Carroll, G.C. y F.E. Carroll, 1978. Studies on the incidence of coniferous needle endophytes in the Pacific Northwest. **Can. J. Bot.** **56**: 3034-3043.
- Castañeda, R.F., 1985. **Fungi Cubense III**. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro Humboldt". La Habana.
- Castañeda, R.F., 1986. **Deuteromycotina de Cuba. Hyphomycetes IV**. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro Humboldt". La Habana.
- Castañeda, R.F., 1988. **Fungi cubensi III**. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro Humboldt". La Habana.
- Castañeda, R.F. y G.R.W. Arnold, 1985. Deuteromycotina de Cuba I. Hyphomycetes. **Revista del Jardín Botánico Nacional** **6(1)**: 47-67.
- Castañeda, R.F. y B. Kendrick, 1990a. **Conidial Fungi from Cuba: I**. University of Waterloo,

Biology Series 32. Waterloo.

Castañeda, R.F. y B. Kendrick, 1990b. **Conidial Fungi from Cuba: II.** University of Waterloo Biology Series 33. Waterloo.

Castañeda, R.F. y B. Kendrick, 1991. **Ninety-nine Conidial Fungi from Cuba: and three from Canada.** University of Waterloo Biology Series 35.

Castañeda, R.F., J. Gené y J. Guarro, 1996. Litter Hyphomycetes from La Gomera (Canaries). **Mycotaxon** 59: 203-215.

Castillo, C.G., 1991. **Vegetación y flora del municipio de Xalapa, Veracruz. México.** Instituto de Ecología. Xalapa. Pub. 30.

Clark, C.C., J.D. Miller y N.J. Whitney, 1989. Toxicity of conifer needle endophytes to spruce budworm. **Mycol. Res.** 93: 508-512.

Clay, K., 1992. Endophytes as antagonists of plant pests. *In*: J. H. Andrews. y S.S. Hirano (eds.), **Microbial Ecology of Leaves.** Springer-Verlag, Nueva York, pp. 331-357.

Collado, M.J., G. Platas y F. Peláez, 1996. Fungal endophytes in leaves, twigs and bark of *Quercus ilex* from Central Spain. **Nova Hedwigia** 63: 347-360.

Collado, M.J., 1998. Análisis de las comunidades de hongos endófitos de *Quercus ilex* L. en la región central de la Península Ibérica. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología Vegetal. Universidad de Alcalá de Henares, Alcalá de Henares.

Connell, J.H y R.O Slatyer, 1977. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization. **Amer. Natur.** 111: 1119-1144.

Correa, P.C., 1981. **Cuantificación de la producción de hojarasca en un bosque caducifolio de Xalapa, Veracruz, México.** Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, D. F.

Chacón S. y G. Guzmán, 1997. Observaciones ecológicas y biogeográficas sobre los hongos del Jardín Botánico y del parque ecológico de Xalapa, Veracruz, México. **Cryptogamie, Mycol.** 18: 333-348.

Christensen, M., 1981. Species diversity and dominance in fungal communities. *In*: D.T. Wicklow y G.C. Carroll (eds.), **The Fungal Community.** Marcel Dekker, Nueva York. pp 231-232.

De Hoog, G.S., 1985. Taxonomy of *Dactylaria* complex, IV-VI. **Studies in Mycol.** 26: 1-22.

- Dickinson, C.H. y A.M. Skidmore, 1976. Interactions between germinating spores of *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. **Tran. Br. mycol. Soc.** **66**: 45-56.
- Diem, H.G., 1971. Effect of low humidity on the survival of germinated spores commonly found in the phyllosphere. In T.F. Preece y C.H. Dickinson (eds.), **Ecology of Leaf Surface**. Academic Press, Londres, pp. 211-220.
- Diem, H.G., 1972. Phylloplan et phyllosphère. **Can. J. Bot.** **51**: 1079-1080.
- Dix, J.N. y J. Webster, 1995. **Fungal Ecology**, 1^a ed. Chapman y Hall, Londres.
- Dix, N.J. y A.P. Simpson, 1984. Decay of leaf litter by *Collybia peronata*. **Trans. Br. mycol. Soc.** **83**: 37-41.
- Domsch, K.H., W. Gams y T.H. Anderson, 1980. **Compendium of Soil Fungi, Volume I**. Academic Press, Nueva York.
- Drechsler, C., 1937. Some hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. **Mycologia** **29**: 447-552.
- Dreyfuss, M.M. y I.H. Chapela, 1994. Potential of fungi in the discovery of novel, low-molecular weight pharmaceuticals. In: P. Gullo (ed.), **The Discovery of Natural Products with Therapeutic Potential**. Butterworth-Itinermann, Boston, Londres, pp. 49-80.
- Ellis, M.B., 1957. Some species of *Corynespora*. **Mycol. Pap.** **65**: 1-15.
- Ellis, M.B., 1967. Dematiaceous Hyphomycetes VIII. *Periconiella*, *Trichodochium*, etc. **Mycol. Pap.** **111**: 1-46.
- Ellis, M.B., 1971. **Dematiaceous Hyphomycetes**. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Ellis, M.B., 1976. **More Dematiaceous Hyphomycetes**. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Esau, K., 1965. **Plant Anatomy**, 2^a ed. Wiley International Edition, Nueva York.
- Espinosa-García, F.J y J.H. Lagenheim, 1990. The endophytic fungal community in leaves of a coastal redwood population. Diversity and spatial patterns. **New Phytol.** **116**: 89-97.
- Farr, M.L., 1980. A new species of *Cryptophiale* from Amazonas. **Mycotaxon** **11**: 177-181.
- Farr, D.F., G.F. Bills., G.P. Chamurris y A.Y. Rossman, 1989. **Fungi on the Plants and Plant Products in the United States**. APS Press, St. Paul, Minnessota.
- Fell J.W. y I.L. Hunter, 1979. Fungi associated with the decomposition of the black rush, *Juncus*

- roemerianus*, in South Florida. **Mycologia** 71: 322-342.
- Fog, K., 1988. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter. **Biol. Rev.** 63: 433-462.
- Fokkema, N.J., 1973. The role of saprophytic fungi in antagonism against *Dreschslera sojokiniana* (*Helminthosporium sativum*) on agar plates and on rye leaves with pollen. **Physiol. Plant Pathol.** 3: 195-205.
- Frankland, J.C., 1981. Mechanisms in fungal successions. In: D. T. Wicklow y G. C. Carroll (eds.), **The Fungal Community**. Marcel Dekker, Nueva York. pp. 403-426.
- Frankland, J.C., 1998. Fungal succession - unravelling the unpredictable. **Mycol. Res.** 102: 1-15.
- Gams, W., 1992. The analysis of communities of saprophytic microfungi with special reference to soil fungi. In: W. Winterhoff (ed.), **Fungi in Vegetation Science**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.183-223.
- Gams, W. y V. Holubová-Jechová, V., 1992. *Chloridium* and some other dematiaceous hyphomycetes growing on decaying wood. **Stud. Mycol.** 13: 1-99.
- García, E., 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen**. 4ª ed. México, D.F.
- Garrett, S.D., 1950. **Ecology of the Root-inhabiting Fungi**. Biological Reviews, Cambridge University Press, Cambridge.
- Garrett, S.D., 1963. **Soil Fungi and Soil Fertility**. Pergamon Press, Nueva York.
- Gauch, H.G., 1982. **Multivariate Analysis in Community Ecology**. Cambridge University Press.
- Gilbert, O y K.L. Bock, 1960. Changes in leaf litter when placed on the surface of soils with contrasting humus types. **Jour. Soil Sci.** 11: 10-19.
- Glawe, D.A., 1987. Illinois fungi XII. *Tubakia dryina*. **Mycotaxon** 29: 101-112.
- Godeas, A.M., 1992. Estudios de descomposición en plantaciones de *Pinus taeda* III. Sucesión fúngica. **Bol. Soc. Argent. Bot.** 28: 151-157.
- Goh, T. K., 1997. Tropical freshwater hyphomycetes. In: K. D. Hyde (ed.), **Biodiversity of Tropical Microfungi**. University Press, Hong Kong, pp. 189-227.
- Golley, F.B., 1983. Decomposition. In: F. B. Golley (ed.), **Tropical Rainforest Ecosystems**,

- Structure and Function.** Elsevier Scientific Publishing, Amsterdam, pp. 157-166.
- Gómez-Pompa, A., 1980. **Ecología de la vegetación del estado de Veracruz.** INIREB, Continental, México, D.F.
- Goos, R.D., 1989. On the anamorph genera *Helicosporium* and *Drepanospora*. **Mycologia** **55**: 142-150.
- Grubb, P.J., 1987. Some generalizing ideas about colonization and succession in green plants and fungi. *In*: Gray, A. J., M. J. Crawley y P. J. Edwards (eds.), **26th Symposium of the British Ecological Society. Colonization, Succession and Stability.** Blackwell Scientific Publications, pp. 81-102.
- Guzmán G., 1995. La diversidad de hongos en México. **Ciencias** **39**: 52-57.
- Harley, J.L., 1971. Fungi in ecosystems. **J. Ecol.** **59**: 653-668.
- Harrison, A.F., 1971. The inhibitory effect of oak leaf litter tannins on the growth of fungi in relation to litter decomposition. **Soil Biol. Biochem.** **3**: 167-172.
- Hawksworth, D.L., 1993. The tropical fungal biota: census, pertinence, prophylaxis, and prognosis. *In*: S. Issac, ., J.C. Frackland., R. Watling y A.J.S. Whalley (eds.), **Aspects of Tropical Mycology.** Cambridge University Press, Cambridge, pp. 265-293.
- Heredia, G., 1989. Estudio de los hongos de la reserva de la biósfera El Cielo, Tamaulipas. Consideraciones sobre la distribución y ecología de algunas especies. **Acta Bot. Mex.** **7**: 1-18.
- Heredia, G., 1993. Mycoflora associated with green leaves and leaf litter of *Quercus germana*, *Quercus sartorii* and *Liquidambar styraciflua* in a Mexican cloud forest. **Cryptogamie, Mycol.** **14**: 171-183.
- Heredia, G., 1994. Hifomicetes dematiáceos en bosque mesófilo de montaña. Registros nuevos para México. **Acta Bot. Mex.** **27**: 15-32.
- Heredia, G., A. Mercado-Sierra y J. Mena-Portales, 1995. Conidial fungi from leaf litter in a mesophilic cloud forest of Veracruz, Mexico. **Mycotaxon** **55**: 473-490.
- Heredia, G., J. Mena-Portales y A. Mercado-Sierra, 1997a. Hyphomycetes saprobios tropicales. Nuevos registros de dematiáceos para México. **Rev. Mex. Mic.** **13**: 41-51.
- Heredia, G., J Mena-Portales, A. Mercado-Sierra y M. Reyes, 1997b. Tropical hyphomycetes of

- Mexico. II. Some species from the tropical biology station "Los Tuxtlas", Veracruz, Mexico. **Mycotaxon 64**: 203-223.
- Heredia, G. y A. Mercado-Sierra, 1998. Tropical hyphomycetes of Mexico. III. Some species from the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche. **Mycotaxon 68**: 137-143.
- Hering T.F., 1965. Succession of fungi in the litter of a lake district oakwood. **Trans. Br. mycol. Soc. 48**: 391-408.
- Herrera, T. y M. Ulloa, 1990. **El Reino de los hongos: micología básica y aplicada**. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. México, D. F.
- Hodges, C. S. y M. E. Barr, 1971. A new species of *Pseudomassaria* and its *Beltraniella* conidial state. **Mycologia 63**: 563-566.
- Hogg, B.M. y H.J. Hudson, 1966. Micro-fungi on leaves of *Fagus sylvatica*. I. The micro-fungal succession. **Trans. Br. mycol. Soc. 49**: 185-192.
- Holdenrieder, O. y T. Kowalski, 1989. Pycnidial formation and pathogenicity in *Tubakia dryina*. **Mycol. Res. 92**: 166-169.
- Holubová-Jechová, V., 1987. Studies on Hyphomycetes from Cuba V. Six new species of dematiaceous hyphomycetes from Havana Province. **Cěská Mykol. 41**: 29-36.
- Holubová-Jechová, V., 1990. *Zygosporium mycophilum* (Vuill.) Sacc. in Czechoslovakia. **Cěská Mykol. 44**: 106-108.
- Holubová-Jechová, V. y R.F. Castañeda-Ruiz, 1986. Studies on Hyphomycetes from Cuba III. New and Interesting dematiaceous taxa from leaf litter. **Cěská Mykol. 40**: 74-85.
- Hudson, H.J., 1962. Succession of micro-fungi on ageing leaves of *Saccharum officinarum*. **Trans. Br. mycol Soc. 45**: 395-423.
- Hudson, H.J., 1968. The ecology of fungi on plant remains above the soil. **New Phytol. 67**: 837-874.
- Hughes, S.J., 1951a. Studies on micro-fungi. XII. *Triposporium*, *Tripospermum*, *Ceratosporella* and *Tetraposporium* (Gen. nov.). **Mycol. Pap. 46**: 1-35.
- Hughes, S. J., 1951b. Studies on micro-fungi. X. *Zygosporium*. **Mycol. Pap. 44**: 1- 18.
- Hughes, S. J., 1979. Relocation of species of *Endophragmia* auct. with notes on relevant generic names. **New Zealand J. of Bot. 17**: 139-188.
- Hughes, S. J. y W. B. Kendrick, 1968. New Zealand fungi 12. *Menispora*, *Codinaea*, *Menisporopsis*.

- New Zealand J. of Bot.** **16**: 311-370.
- Kamal y R.P. Singh, 1980. Fungi of Gorakhpur. XVII. *Sarcinella*. **Sydowia** **33**: 152-156.
- Kendrick, W.B., 1989. "Subdivision Deuteromycotina"- a fungal chimera. **Sydowia** **41**: 6-14.
- Kendrick, W.B., 1992. **The Fifth Kingdom**, 2^a. ed., Focus Information Group, Newburyport.
- Kendrick, W.B. y A. Burges, 1962. Biological aspects of decay of *Pinus sylvestris* leaf litter. **Nova Hedwigia** **4**: 313-342.
- Kendrick, W.B. y G. Murase, 1994. Can we recognize monophyletic groups among hyphomycetes?.
In: D.L. Hawksworth (ed.), **Ascomycete Systematics: Problems and Perspectives in the Nineties**. Plenum Press, Nueva York pp: 101-108.
- Kiffer, E., H. Puig y G. Kilbertus, 1981. Biodégradation des feuilles d'*Eperua falcata* Aubl. en forêt tropicale humide (Guyana Française). **Rev. Ecol. Biol. Sol.** **18**: 135-131.
- Kirk, P.M., 1982. New or interesting microfungi VI. *Sporidesmiella* Gen. Nov. (Hyphomycetes).
Trans. Br. mycol. Soc. **78**: 479-489.
- Kirk, P.M., 1983. New or interesting microfungi X. Hyphomycetes on *Laurus nobilis* leaf litter.
Mycotaxon **18**: 259-298.
- Kirk, P.M., 1985. New or interesting microfungi XIV. Dematiaceous hyphomycetes from MT Kenya. **Mycotaxon** **23**: 305-352.
- Krebs, J.Ch., 1985. Ecología. **Estudio de la Distribución y la Abundancia**. 2^a Edición. Harper y Row, Nueva York.
- Krohne, D.T., 1998. **General Ecology**. Wadsworth Publishing Company, Belmont.
- Kuter G.A., 1986. Microfungal populations associated with the decomposition of sugar maple leaf litter. **Mycologia** **78**: 114-126.
- Kuthubutheen, A.J. y A. Nawawi, 1991. Key to *Dictyochoaeta* and *Codinaea* species. **Mycol. Res.** **95(10)**: 1224-1229.
- Langvad, F., 1980. A simple and rapid method for qualitative and quantitative study of the fungal flora of leaves. **Can. J. Microbiol.** **26**: 666-670.
- Last, F.T. y F.C. Deighton, 1965. The non-parasitic microflora on the surfaces of living leaves.
Trans. Br. mycol. Soc. **48**: 83-99.
- Lindenfelser, L.A. y A. Ciegler, 1969. Production of antibodies by *Alternaria* species. **Develop. in**

Ind. Microbiol. 10: 271-8.

- Lorenzo, S.A., L.A. Ramírez Roa, M.A. Soto Arenas, A. Breceda, M.C. Calderón, H. Cortéz, C. Puchet, M. Ramírez, R. Villalón y E. Zapata, 1983. Notas sobre la fitogeografía del bosque mesófilo de montaña en la Sierra Madre del Sur de México. **Bol. Soc. Bot. Méx. 44:** 97-102.
- Luna-Vega, I., L. Almeida, L. Villers y L. Lorenzo, 1988. Reconocimiento florístico y consideraciones fitogeográficas del bosque mesófilo de montaña de Teocelo, Veracruz. **Bol. Soc. Bot. Méx. 48:** 35-63.
- Luna-Vega, I., L. Almeida-Leñero y J. Llorente-Bousquets, 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del bosque mesófilo de montaña de los cañales de Ocuilan, Estados de Morelos y México. **Anales. Inst. Biol. Univ. Nal.. México. Ser. Bot. 59:** 63-87.
- MacArthur R.H. y E. Wilson, 1967. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton, Nueva Jersey.
- McBride R.P. y A.J. Hayes, 1977. Phylloplane of european larch. **Trans. Br. mycol. Soc. 69:** 39-46.
- Macauley B.J. y L.B. Thrower, 1966. Succession of fungi in leaf litter of *Eucalyptus regnans*. **Trans. Br. mycol. Soc. 49:** 509-520.
- Mason, C.F., 1977. **Decomposition**. Institute of Biology's studies in biology 74. Camelot Press.
- Mason, E.W. y M.B. Ellis, 1953. British species of *Periconia*. **Mycol. Pap. 56:** 1-127.
- Matsushima, T., 1971. **Microfungi of the Solomon Islands and Papua-Nueva Guinea**. Publicado por el autor. Kobe.
- Matsushima, T., 1975. **Icones Microfungorum, a Matsushima Lectorum**. Publicado por el autor. Kobe.
- Matsushima, T., 1980. **Saprophytic microfungi from Taiwan. Hyphomycetes. Matsushima Mycological Memories 1**. Publicado por el autor. Kobe.
- Matsushima, T., 1983. **Matsushima Mycological Memories 3**. Publicado por el autor. Kobe.
- Matsushima, T., 1987. **Matsushima Mycological Memories 5**. Publicado por el autor. Kobe.
- Matsushima, T., 1989. **Matsushima Mycological Memories 6**. Publicado por el autor. Kobe.
- Matsushima, T., 1993. **Matsushima Mycological Memories 7**. Publicado por el autor. Kobe.
- Mc Bride, R.P y A.J. Hayes, 1977. Phylloplane of European larch. **Trans. Br. mycol. Soc. 69:** 39-46.
- Mena-Portales, J., G. Heredia y A. Mercado-Sierra, 1995. Especies de *Bipolaris* y *Curvularia*

- halladas sobre *Quercus* y *Lyquidambar* en el estado de Veracruz, México. **Rev. Mex. Mic.** 11: 109-121.
- Méndez-Ramírez, I., D.N. Guerrero., A.L. Moreno y M.C. Sosa, 1990. **El protocolo de investigación: Lineamientos para su investigación y análisis**, 2ª ed. Trillas, México.
- Mercado-Sierra, A., 1984. **Hifomicetes Demaciáceos de Sierra del Rosario, Cuba**. Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Botanica. La Habana.
- Mercado-Sierra, A. y G. Heredia, 1994. Hyphomycetes asociados a restos vegetales en el estado de Veracruz, México. **Rev. Mex. Mic.** 10: 33-48.
- Mercado-Sierra, A., G. Heredia y J. Mena-Portales, 1995. New species of dematiaceous hyphomycetes from Veracruz, Mexico. **Mycotaxon** 55: 491-499.
- Mercado-Sierra, A., V. Holubová-Jechová y J. Mena-Portales, 1997. **Hifomicetes Demaciáceos de Cuba Enteroblásticos**. Museo Regionale di Scienze Naturali, Tortino. Mon. XXIII. Torino.
- Meredith, D.S., 1962. Some fungi on decaying banana leaves in Jamaica. **Trans. Br. mycol. Soc.** 45: 335-47.
- Millar, C.S., 1974. Decomposition of coniferous leaf litter. In: C.H. Dickinson y G.J.F. Pugh (eds.) **Biology of Plant Litter Decomposition**. Academic Press, Nueva York. pp. 105-128.
- Mishra, R.R. y C.H. Dickinson, 1981. Phylloplane and litter fungi of *Ilex aquifolium*. **Trans. Br. mycol. Soc.** 77: 329-337.
- Morgan-Jones, G. y E. G. Ingram, 1976. Notes on hyphomycetes 15. Two new species of *Codinaea*. **Mycotaxon** 4: 504-509.
- Mouchacca, J., 1990. Champignons de Nouvelle-Calédonie I. Quelques Dématiées intéressantes de litière forestière. **Persoonia** 14: 151-160.
- Müller, E., O. Petrini, P.J. Fisher, G.J. Samuels, y A. Rossman, 1987. Taxonomy and anamorphs of the Herpotrichiellaceae with notes on generic synonymy. **Trans. Br. mycol. Soc.** 88: 63-74.
- Nag-Raj, T.R., 1985. Redisposals and redescriptions in the *Monochaetia-Seiridium*, *Pestalotia-Pestalotiopsis* complexes. I. The correct name for the type species of *Pestalotiopsis*. **Mycotaxon** 22: 43-51.
- Nag-Raj, T.R. y W.B. Kendrick, 1975. A monograph of *Chalara* and allied genera. Department of Biology. University of Waterloo, Waterloo, Ontario.

- Nawawi, A., 1975. Another hyphomycetes with branched conidia. **Trans. Br. mycol. Soc.** **64**: 243-246 .
- Nelson, R.R., 1960. *Cochliobolus victoriae*, the perfect stage of *Helminthosporium victoriae*. **Phytopathology** **50**: 158-160.
- Nelson, R.R., 1964. The perfect stage of *Helminthosporium spiciferum*. **Mycologia** **56**: 196-201.
- Nelson, R.R. y A. Haasis, 1964. The perfect stage of *Curvularia lunata*. **Mycologia** **56**: 316-317.
- Onofri, S., 1984. Analisis micologica della lettiera. *In*: S. Riess., A. Rambelli, O. Maggi, A.M. Persiani y S. Onofri, (eds.), **Studi comparativi sui microfunghi in un agroecosistema a caffè**. Pubblicazione dell'instituto italo-latino americano, Roma, pp. 27-30.
- Onofri, S y L. Zucconi, 1984a. Two new species of the genus *Phialocephala*. **Mycotaxon** **20**: 185-195.
- Onofri, S. y L. Zucconi, 1984b. Rare or interesting Hyphomycetes from tropical forest litter. V. *Dactylaria fusiformis*. Notes on the generic concept of *Dactylaria*. **Mycotaxon** **19**: 523-528.
- Park, D., 1968. The ecology of terrestrial fungi. *In*: G.C. Ainsworth y A.S. Sussmann (eds.), **The Fungi, Vol. 3**. Academic Press, Nueva York, pp. 5-39.
- Parkinson, D., 1994. Filamentous fungi. *In*: **Methods of Analysis, Microbiological and Biochemical Properties - SSSA Book Series, no. 5**. Soil Science Society of America, Segoe Rd. Madison, pp. 329-350.
- Parkinson, D., S. Visser y J.B. Whittaker, 1979. Effect of collembola grazing on fungal colonization of leaf litter. **Soil Biol. Biochem.** **11**: 529-535.
- Paul, A.R. y D.G. Parbery, 1966. The perfect state of *Helminthosporium bicolor*. **Trans. Br. mycol. Soc.** **49**: 385-386.
- Petrini, O., 1991. Fungal endophytes of tree leaves. *In*: J.H. Andraws y S. S. Hirano (eds.), **Microbial Ecology of Leaves**. Springer-Verlag. Nueva York. pp.
- Pianka, E.R., 1970. On *r*- and *K*-selection. **Amer. Natur.** **104**: 460-464.
- Piccolo-Grandi, R., 1994. Hyphomycetes sobre folhas em decomposiçao de *Alchornea triplinervia* (Spreng.) M. Arg. provenientes da reserva biológica do alto da serra de Paranapiacaba, Santo André, SP (Mata Atântica). Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira: Subsidios a un gerenciamento ambiental Sau Paulo, Publicaçao **ACIESP** **2**: 118-124.

- Pirozynski, K.A., 1962. *Circinotrichum* y *Gyrothrix*. **Mycol. Pap.** **84**: 12-13.
- Pirozynski, K.A., 1963. *Beltrania* and related genera. **Mycol. Pap.** **90**: 1-37.
- Pirozynski, K.A., 1968. *Cryptophiale*, a new genus of hyphomycetes. **Can. J. Bot.** **46**: 1123-1127.
- Pirozynski, K.A., 1972. Microfungi of Tanzania. I. Miscellaneous fungi on oil palm. II. New hyphomycetes. **Mycol. Pap.** **129**: 1-62.
- Pirozynski, K.A. y C.S. Hodges Jr., 1973. New Hyphomycetes from South Carolina. **Can. J. Bot.** **51**: 157-173.
- Pirozynski, K.A. y S.D. Patil, 1969. Some setose Hyphomycetes of leaf litter in South India. **Can. J. Bot.** **48**: 567-581.
- Pitt, J.I., 1991. **A Laboratory Guide to Common *Penicillium* Species**, 2^a ed. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. North Ryde, New South Wales.
- Pugh, G.J.F., 1958. Leaf litter fungi found in *Carex paniculata* L. **Trans. Br. mycol. Soc.** **41**: 185-195.
- Pugh, G.J.F. y N.G. Buckley, 1971. The leaf surface as a substrate for colonization by fungi. *In*: T.F. Preece y C.H. Dickinson (eds.), **Ecology of Leaf Surface Micro-organisms**. Academic Press, Londres, pp. 431-446.
- Puig, H., R. Bracho y V. Sosa, 1987. Affinités phytogéographiques de la forêt tropicale humide de montagne de la réserve MAB "El Cielo" de Gomez Farias, Tamaulipas, Mexique. **C. R. Soc. Biogéogr.** **63(4)**: 115-140.
- Rambelli A., y D. Lunghini, 1979. *Chaetopsina* species from tropical forest litter. **Trans. Br. mycol. Soc.** **72**: 491-493
- Rambelli A., A.M. Persiani, O. Maggi, D. Lunghini, S. Onofri, S. Riess, G. Dowgiallo y G. Puppi, 1983. Comparative studies on microfungi in tropical ecosystems. Mycological studies in South Western Ivory Coast Forest. Report N.1. Unesco, Roma. 102pp.
- Raper, K.B. y D.I. Fennell, 1965. **The Genus *Aspergillus***. Williams & Wilkins, Baltimore.
- Rifai, M.A., 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. **Mycol. Pap.** **116**: 1-56.
- Rodrigues, K.F., 1996. Fungal endophytes of palms. *In*: S.C. Redlin y L.M. Carris (eds.), **Endophytic Fungi in Grasses and Woody Plants**. APS press. St Paul, MN. pp. 121-132.
- Rodrigues, K.B y O. Petrini, 1997. Biodiversity of endophytic fungi in tropical regions. *In*: K.D.

- Hyde (ed.), **Biodiversity of Tropical Microfungi**. Hong Kong University Press, Hong Kong, pp. 57-69.
- Rossman, A.Y., 1994. A strategy for an all-taxa inventory of fungal biodiversity. In: C.I. Peng C.H. (eds.), **Biodiversity and Terrestrial Ecosystems**. Inst. Botany, Acad. Sinica, Monograph Series No. 14, pp 169-194.
- Ruinen, J., 1956. Occurrence of *Beijerinckia* species in the phyllosphere. **Nature Lond.** 23: 177-220.
- Ruinen, J., 1961. The phyllosphere I. An ecologically neglected milieu. **Plant and Soil** 15: 81-109.
- Ruscoe, Q.W., 1971. Microflora of living and dead leaves of *Nothofagus truncata*. **Trans. Br. mycol. Soc.** 56: 463-474.
- Rzedowski, J., 1988. **La vegetación de México**, 4ª ed. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski, J., 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. **Acta Bot. Mex.** 35: 25-44.
- Saitô, T., 1956. Microbiological decomposition of beech litter. **Ecol. Rev. Sedai** 14: 141.
- Sampieri, G. y C.A. Castro, 1990. Proyecto parque ecológico y recreativo "Xallapan". **Tlácatl** 2: 59-67.
- Samuels, G.J. y A.Y. Rossman, 1979. Conidia and classification of the nectrioid fungi. In: B. Kendrick (ed.), **The Whole Fungus, Vol. 1**. National Museum of Natural Sciences, National Museums of Canada and the Kananaskis Foundation. pp. 167-182.
- San Martín, F. y J. Rogers, 1995. Notas sobre la historia, relaciones de hospedante y distribución del género *Xylaria* (Pyrenomycetes, sphaeriales) en México. **Acta Bot. Mex.** 30: 21-40.
- San Martín, F. y J. Rogers, 1996. A preliminary list of xylareaceous fungi of El Cielo Biosphere Reserve, in Tamaulipas, Mexico. **Acta Bot. Mex.** 37: 23-31.
- San Martín, F., P. Lavín, A. García y G. García, 1997a. Estados anamórficos de *Claviceps africana* y *Claviceps fusiformis* (Acomycetes, Clavicipitaceae) asociados a diferentes pastos en Tamaulipas, México. **Rev. Mex. Mic.** 13: 52-57.
- San Martín, F., J. Rogers y P. Lavín, 1997b. Algunas especies de *Xylaria* (Pyrenomycetes, Sphaeriales) habitantes en hojarasca de bosques mexicanos. **Rev. Mex. Mic.** 13: 58-69.
- Satchell, J.E., 1974. Litter interface of animate/inanimate matter. In: C.H. Dickinson y G.J.F. Pugh

- (eds.), **Biology of Plant Litter Decomposition Vol. 1**. Academic Press, Londres. pp. XIII-XLIV.
- Scheuer, Ch., 1989. *Massarina tetraploa* sp. nov., the teleomorph of *Tetraploa aristata*. **Mycol. Res.** **95**: 126-128.
- Shannon, C.E. y W. Weaver, 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois. Press, Urbana.
- Sharma, G.D., R.R. Mishra y S. Kshattiya, 1995. Fungi and litter decomposition in the tropics. *In*: R.M. Vikram (ed.), **Soil Organisms and Litter Decomposition in The Tropics**. Oxford Publishing Co. Nueva Delhi. pp. 39-57.
- Sivanesan, A., 1987. Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. **Mycol. Pap.** **158**: 1-261.
- St. John, T.V., 1980. Influence of litter bags on growth of fungal vegetative structures. **Oecologia (Berl.)** **46**: 130-132.
- Stadtmüller, T., 1987. **Los bosques nublados en el trópico húmedo. Una revisión bibliográfica**. Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza. Universidad de las Naciones Unidas, Costa Rica.
- Subramanian, C.V., 1983. **Hyphomycetes. Taxonomy and Biology**. Academic Press.
- Subramanian, C.V. y B.P.R. Vittal, 1973. Three new Hyphomycetes from litter. **Can. J. Bot.** **51**: 216-221.
- Subramanian, C.V. y B.P.R. Vittal, 1979. Studies on litter fungi II. Fungal colonization of *Atlantia monophylla* Corr. leaves and litter. **Nova Hedwigia** **63**: 361-369.
- Subramanian, C.V. y B.P.R. Vittal, 1980. Studies on litter fungi. IV. Fungal colonization of *Gymnosporia emarginata* leaves and litter. **Trans. mycol. Soc. Japan** **21**: 339-344.
- Sutton, B.C., 1973. Hyphomycetes from Manitoba and Saskatchewan, Canada. **Mycol. Pap.** **132**: 1-143.
- Sutton, B.C., 1980. **The Coelomycetes**. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Swift, M.J., 1976. Species diversity and the structure of microbial communities in terrestrial habitats. *In*: J.M. Anderson y A. MacFadyen (eds.), **The Role of Terrestrial and Aquatic Organisms in Decomposition Processes**. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp.

185-222.

- Swift, M., O. Heal y J. Anderson, 1979. **Decomposition in Terrestrial Ecosystems**. Studies in Ecology, Vol. 5. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Tehon, L.R., 1948. Notes on the parasitic fungi of Illinois. **Mycologia** 40: 314-327.
- Tokumasu, S., 1985. Microfungal flora on decaying pine needles collected from Kitaiojima, a subtropical island in the Pacific. **Trans. mycol. Soc. Japan.** 26: 481-486.
- Tokumasu, S., 1996. Mycofloral succession on *Pinus densiflora* needles on moder site. **Mycoscience** 37: 313-321.
- Tokumasu, S., T. Aoki y F. Oberwinkler, 1994. Fungal succession on pine needles in Germany. **Mycoscience** 35: 29-37.
- Tokumasu, S., R. Tubaki y L. Manoch, 1997. Microfungal communities on decaying pine needles in Thailand *In*: K.K. Janrdhanan., C. Rajendran, K. Natarajan y D.L. Hawksworth (eds.), **Tropical Mycology**. Science Publishers, Inc. Enfield, pp. 93-106.
- Untereiner, W.A., 1997. Taxonomy of selected member of ascomycete genus *Capronia* with notes on anamorph-teleomorph connections. **Mycologia** 89: 120-131.
- Valenzuela, R. y S. Chacón-Jiménez, 1991. Los poliporáceos de México, III. Algunas especies de La Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas. **Rev. Mex. Mic.** 7: 39-70.
- Varela, L. y J. Cifuentes, 1979. Distribución de algunos macromicetos en el norte del Estado de Hidalgo. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 13: 75-88.
- Visser, S. y D. Parkinson, 1975. Fungal succession on aspen poplar leaf litter. **Can. J. Bot.** 53: 1640-1651.
- Wardle, D.A. y K.E. Giller, 1996. The quest for a contemporary ecological dimension to soil biology. **Soil Biol. Biochem.** 28(12): 1549-1554.
- Watson, S., D.C. Mc Clurkin y M.B. Huneycutt, 1974. Fungal succession on loblolly pine and upland hardwood foliage and litter in North Mississippi. **Ecology** 55: 1128-1134.
- Webster, J. y E. Descals, 1981. Morphology, distribution, and ecology of conidial fungi in freshwater habitats. *In*: G. T. Cole y B. Kendrick (eds.), **Biology of Conidial Fungi, Vol. II**. Academic Press, Nueva York. pp. 295-348.
- Willetts, H.J. y S. Bullock, 1992. Developmental biology of sclerotia. **Mycol. Res.** 96: 801-816.

- Williams-Linera, G., 1992. Ecología del paisaje y el bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. **Ciencia y Desarrollo 18**: 132-138.
- Williams-Linera, G., 1993. Vegetación de bordes de un bosque nublado en el Parque Ecológico Clavijero, Xalapa, Veracruz, México. **Rev. Biol. Trop. 41**: 443-453.
- Williams-Linera, G. y J. Tolome, 1996. Litterfall, temperate and tropical dominant trees, and climate in a Mexican lower montane forest. **Biotropica 28** : 649-656.
- Wingfield, M.J., P.S. Van Wyk y B.D. Wingfield, 1987. Reclassification of *Phialocephala* based on conidial development. **Trans. Br. mycol. Soc. 89**: 509-520.
- Witkamp, M. y J.S. Olson, 1963. Breakdown of confined and nonconfined oak litter. **Oikos 14**: 138-147.
- Yokoyama, T., T. Ito y H. Umata, 1977. Successive fungal flora on sterilized leaves in the litter of forest. V. **IFO Res. Comm. 8**: 18-59.
- Zucconi, L. y S. Onofri, 1989. *Gyrothrix ramosa* sp. nov. and notes on *G. citricola*. **Mycol. Res. 92**: 380-382.

9. ILUSTRACIONES

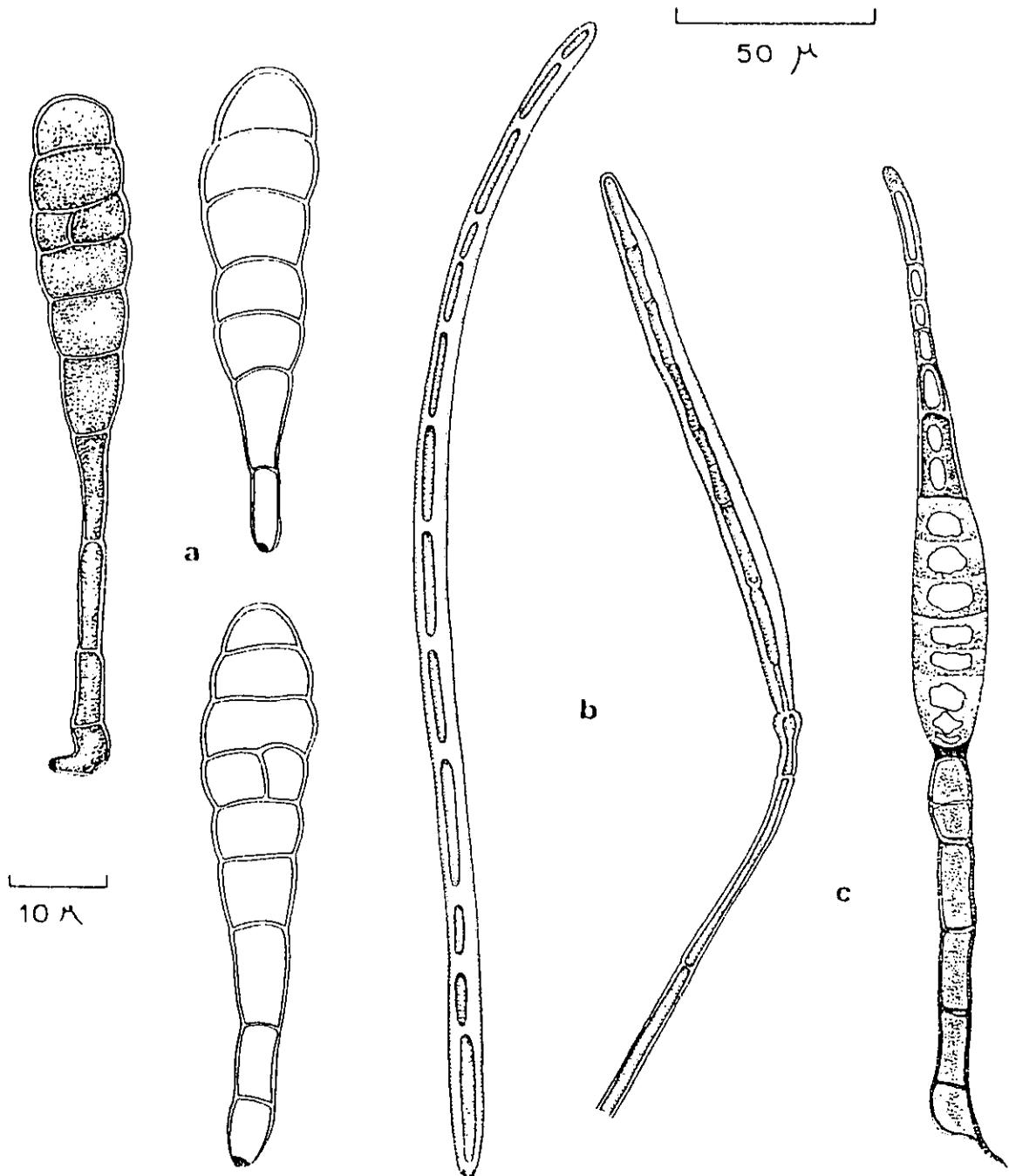


Figura 17. a. *Alternaria dianthicola*. Conidios obclavados, septados transversalmente, con uno o dos septos oblicuos longitudinales y una cicatriz en la base del cuello. b. *Corynespora citricola*. Conidióforo cilíndrico, septado, ligeramente flexuoso, célula conidiógena terminal, integrada, doliofórmica. Conidios cilíndricos con los extremos atenuados, ligeramente curvados, pseudoseptados. c. *Corynespora homaliicola*. Conidióforo con un conidio obclavado y septado.

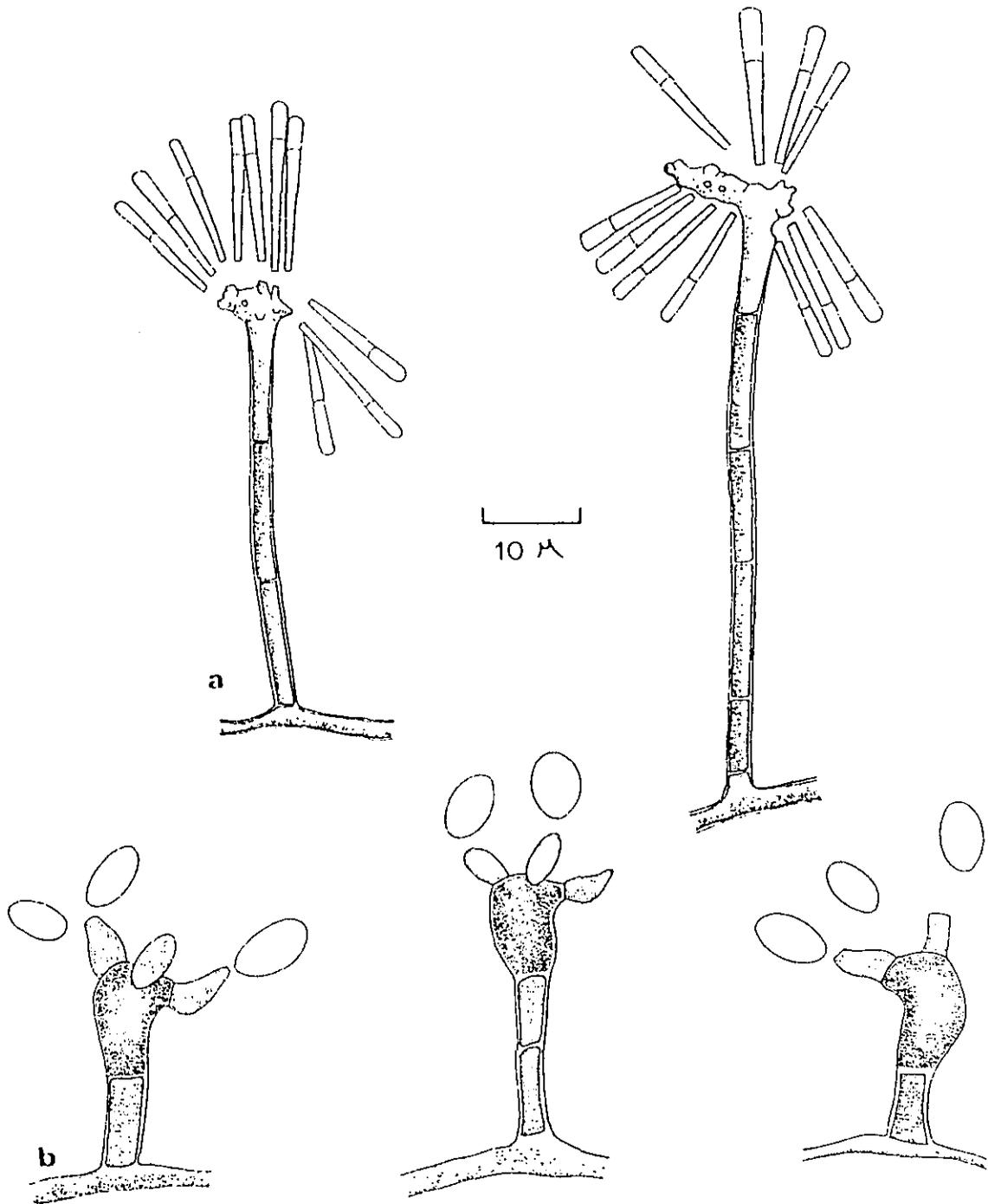


Figura 18. a. *Dactylaria obtriangularia*. Conidióforos cilíndricos, erectos, con la parte terminal simpodial denticulada, lisos y septados. Células conidiógenas terminales, poliblasticas, denticuladas. Conidios acropleurógenos obtriangulares, con un septo por arriba de la parte media. b. *Zygosporium mycophilum*. Conidióforos cilíndricos, con una vesícula reniforme en el extremo superior. Células conidiógenas en la parte apical, ampuliformes, cilíndricas o elipsoidales. Conidios acrógenos, elipsoidales y sin septos.

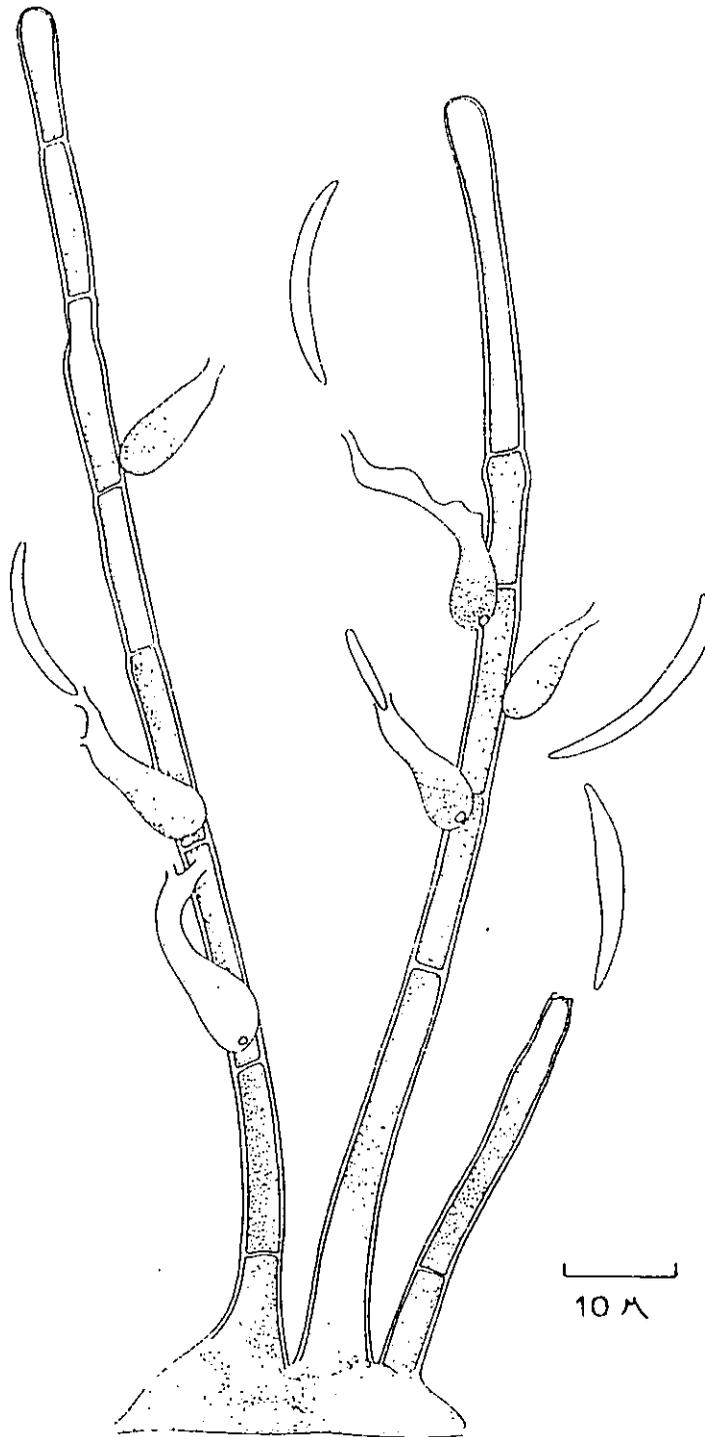


Figura 19. *Dictyochaeta antillana*. Conidióforos setiformes, erectos o ligeramente curvados, lisos, septados, con la parte apical globosa y estéril o lageniforme y fértil. Células conidiógenas ampuliformes, intercaladas a lo largo del conidióforo, y cilíndricas integradas a la parte apical del conidióforo. Conidios fusiformes y aseptados.

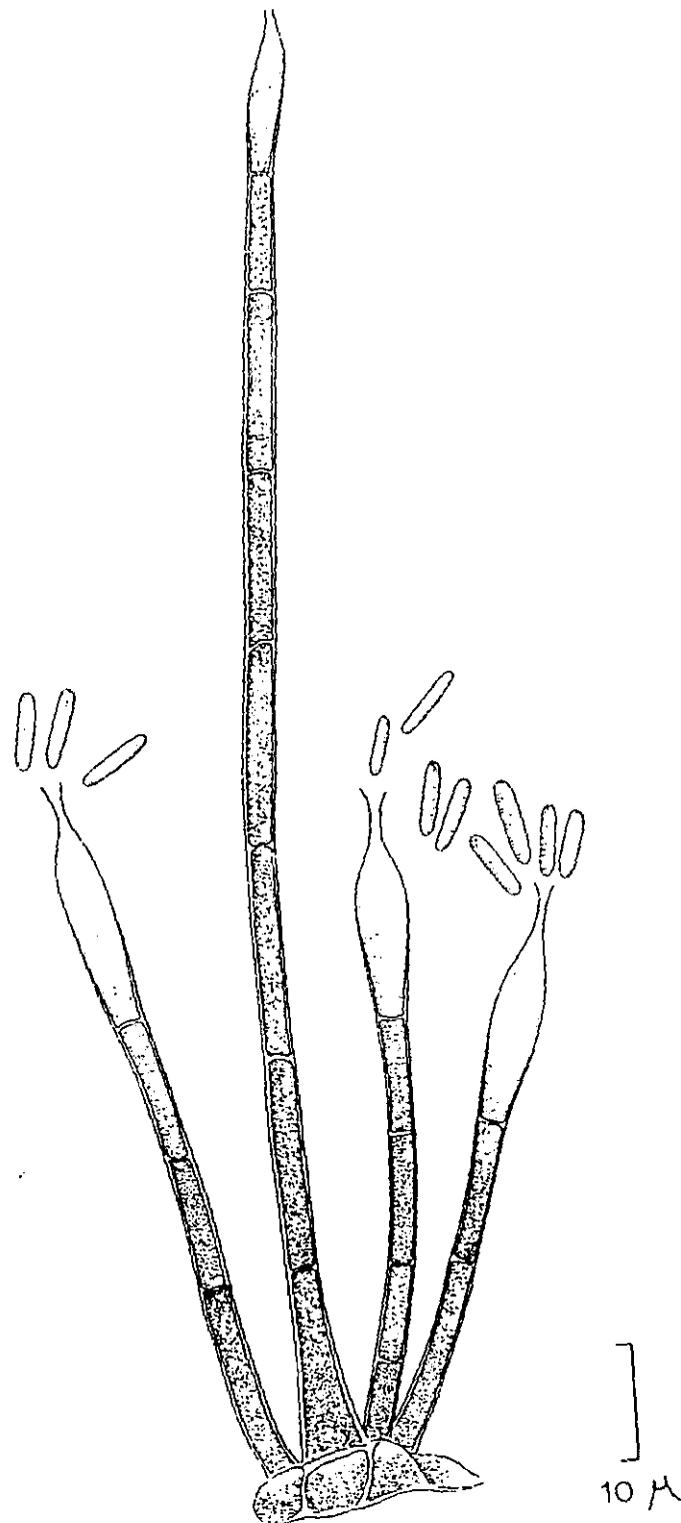


Figura 20. *Dictyochaeta cylindrospora*. Seta erecta, septada, fértil en la parte apical. Conidióforos en grupos, cilíndricos. Células conidiógenas filídicas, terminales, obclavadas, con un collarín prominente en la punta. Conidios cilíndricos, con los extremos redondeados y aseptados.

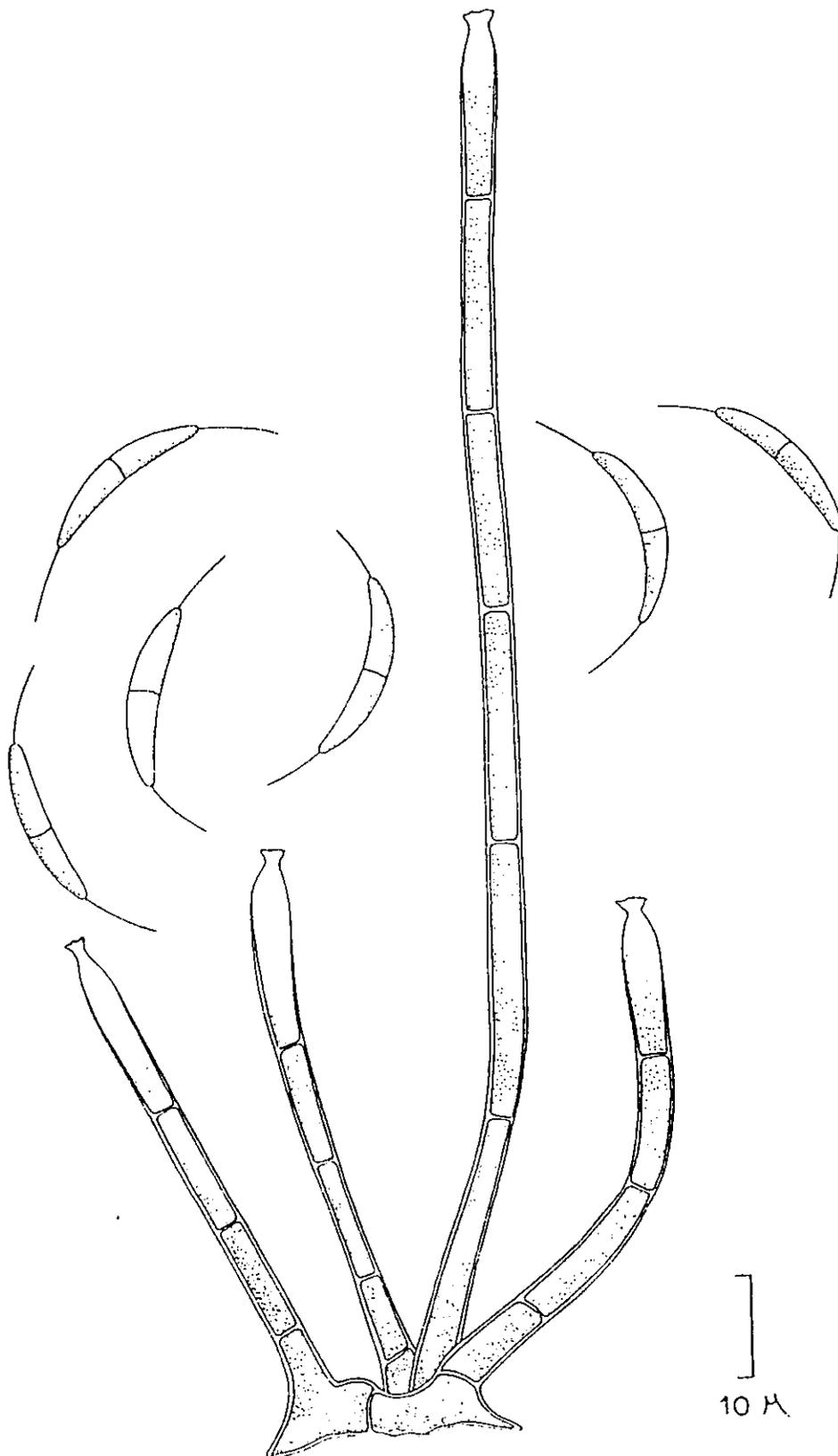


Figura 21. *Dictyochaeta novae-guineensis*. Seta erecta, ligeramente flexuosa, septada, lisa, fértil en la parte apical. Conidióforos cilíndricos y septados. Células conidiógenas filídicas, terminales con un collarín en la parte apical. Conidios fusiformes, con un septo transversal en la parte media y una sétula en cada extremo.

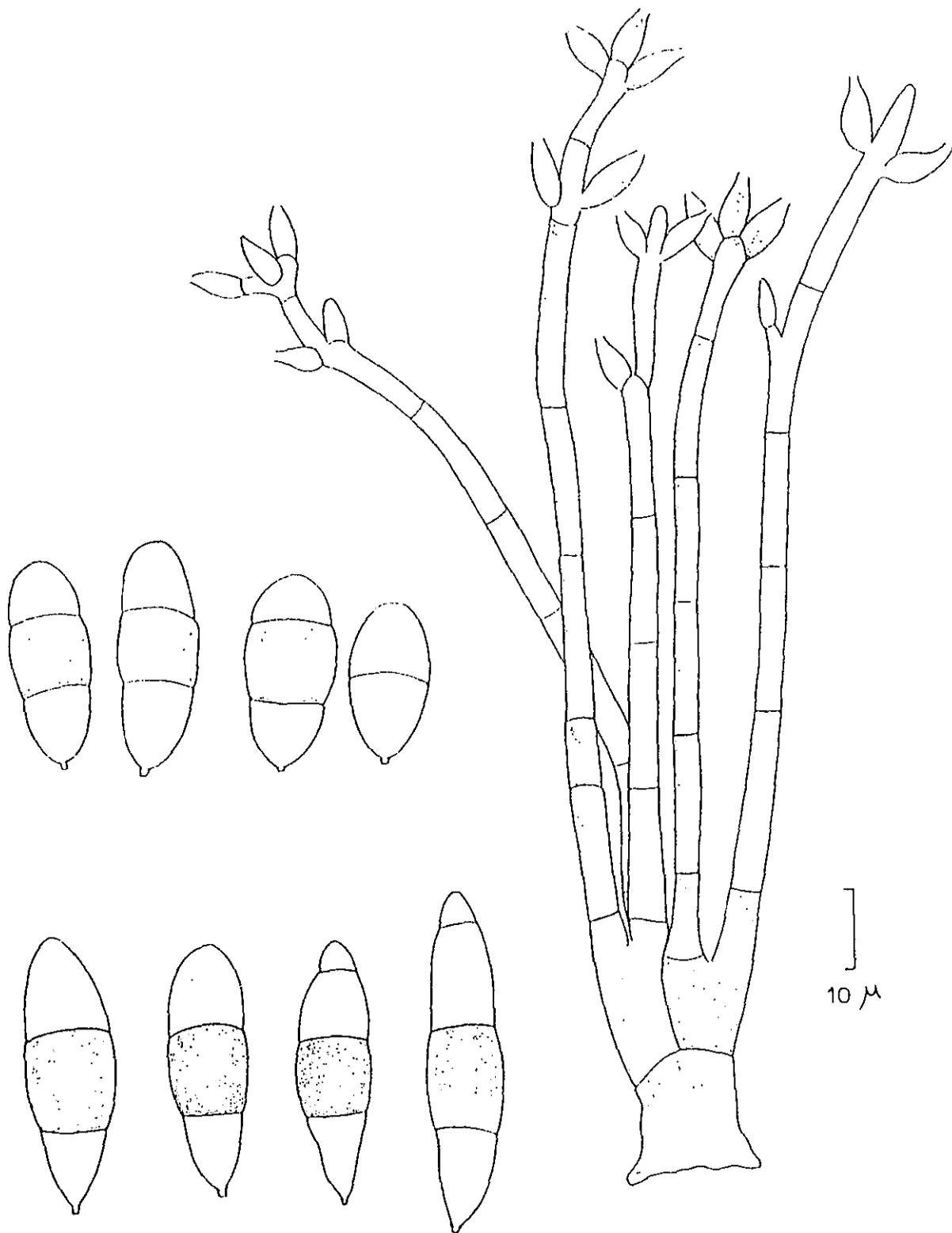


Figura 22. *Kramasamuha sibika*. Conidióforos rectos y flexuosos, originados de una célula basal lobulada, septados y lisos. Células conidiógenas ampuliformes. Conidios elipsoidales, obovoides o ligeramente fusiformes, con 1-3 septos, con la segunda célula más oscura y un denticulo en la base.

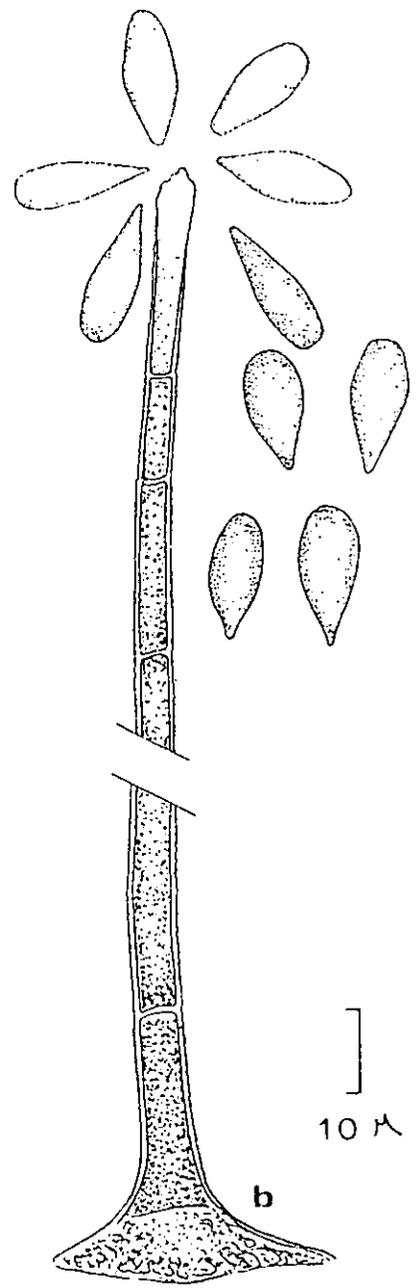
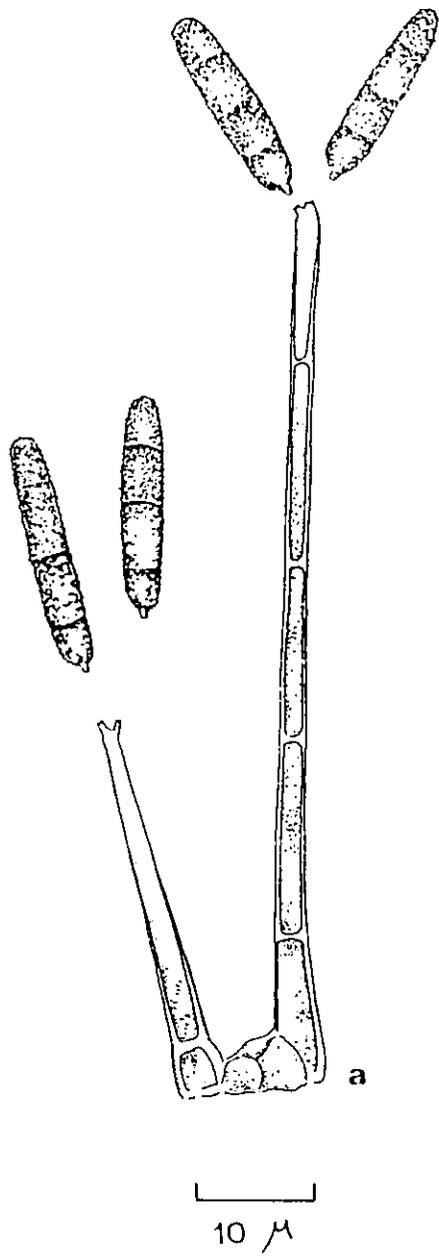


Figura 23. a. *Nakataea cylindrospora*. Conidióforos rectos, cilíndricos y septados. Célula conidiógena integrada, terminal y denticulada. Conidios cilíndricos, con los extremos redondeados y un denticulo en el extremo inferior, verrucosos y con tres septos. b. *Pseudobeltrania havanensis*. Conidióforo cilíndrico, con una célula basal lobulada, erecto, septado, con la pared gruesa y rugosa. Célula conidiógena terminal, integrada, ligeramente inflada. Conidios acrógenos, rómbicos y turbidados.

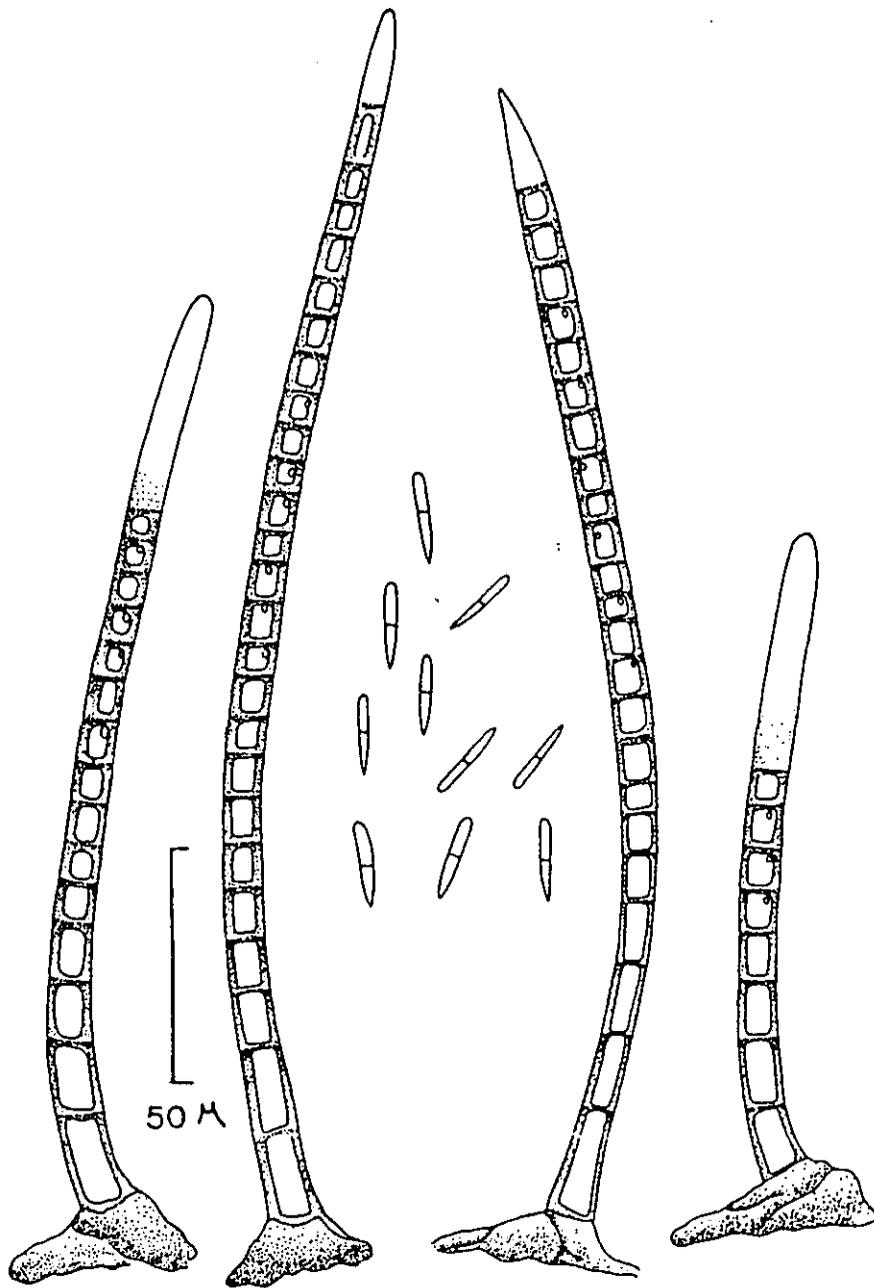


Figura 24. *Paliphora intermedia*. Conidióforos setiformes, erectos o ligeramente flexuosos, septados, con pared gruesa. Células conidiógenas integradas a lo largo de la porción media superior del conidióforo, con un poro abajo del septo. Conidios cilíndricos, septados en la parte media, rectos o ligeramente curvos, con el ápice redondeado y la base aguda.

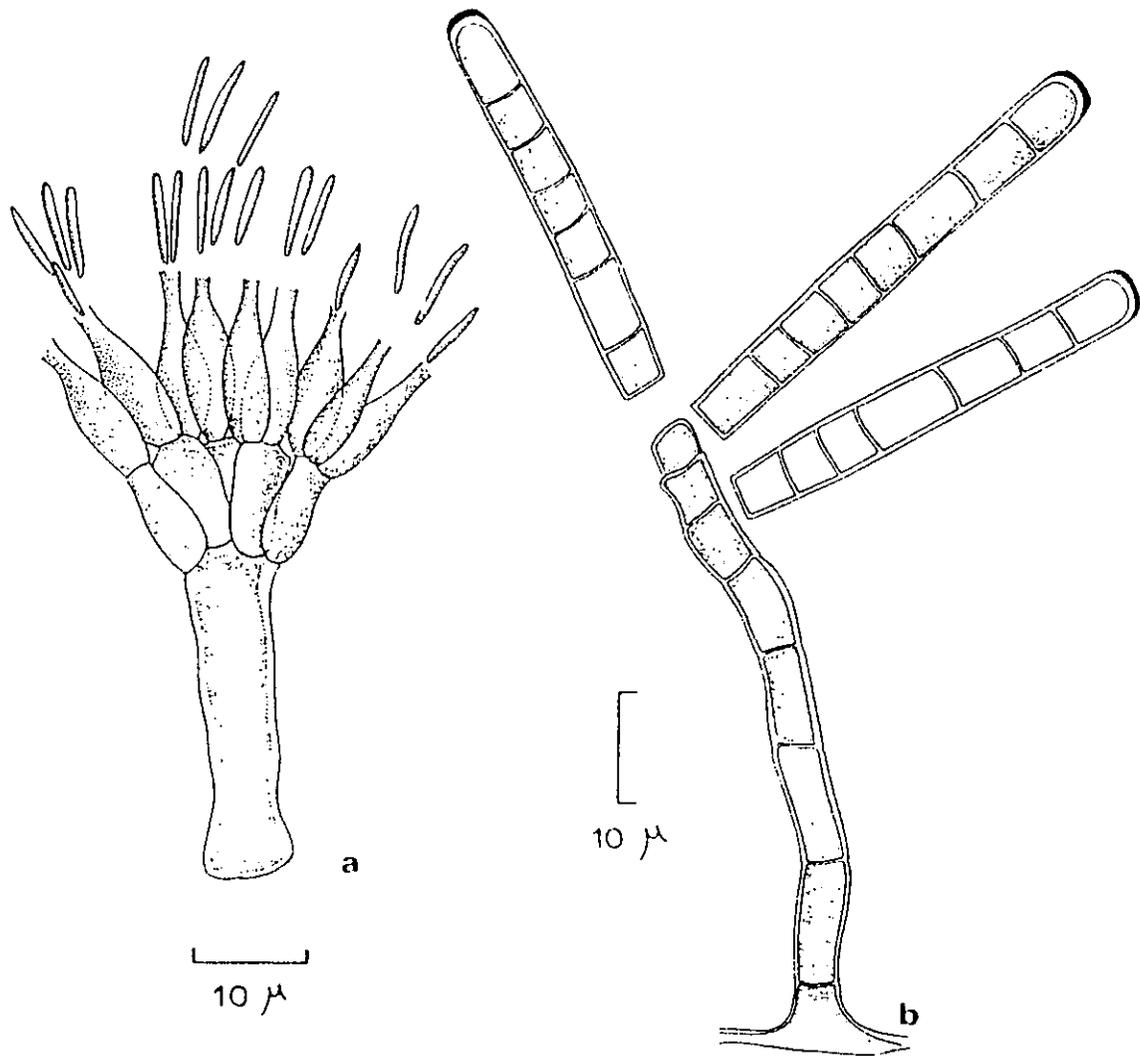


Figura 25. a. *Phialocephala mexicana*. Conidióforo cilíndrico, engrosado hacia la parte apical con una serie de fiálides dispuestas en penicilo. Las células conidiógenas son fiálidicas y surgen en grupos de las métulas. Conidios cilíndricos y obclavados, con los extremos redondeados, lisos y aseptados. **b. *Sporidesmium goidanichii*.** Conidióforo cilíndrico, septado. Células conidiógenas integradas, terminales, aneliformes. Conidios acrógenos, cilíndricos, redondeados en el ápice y truncados en la base, septados, con una banda oscura en el ápice.

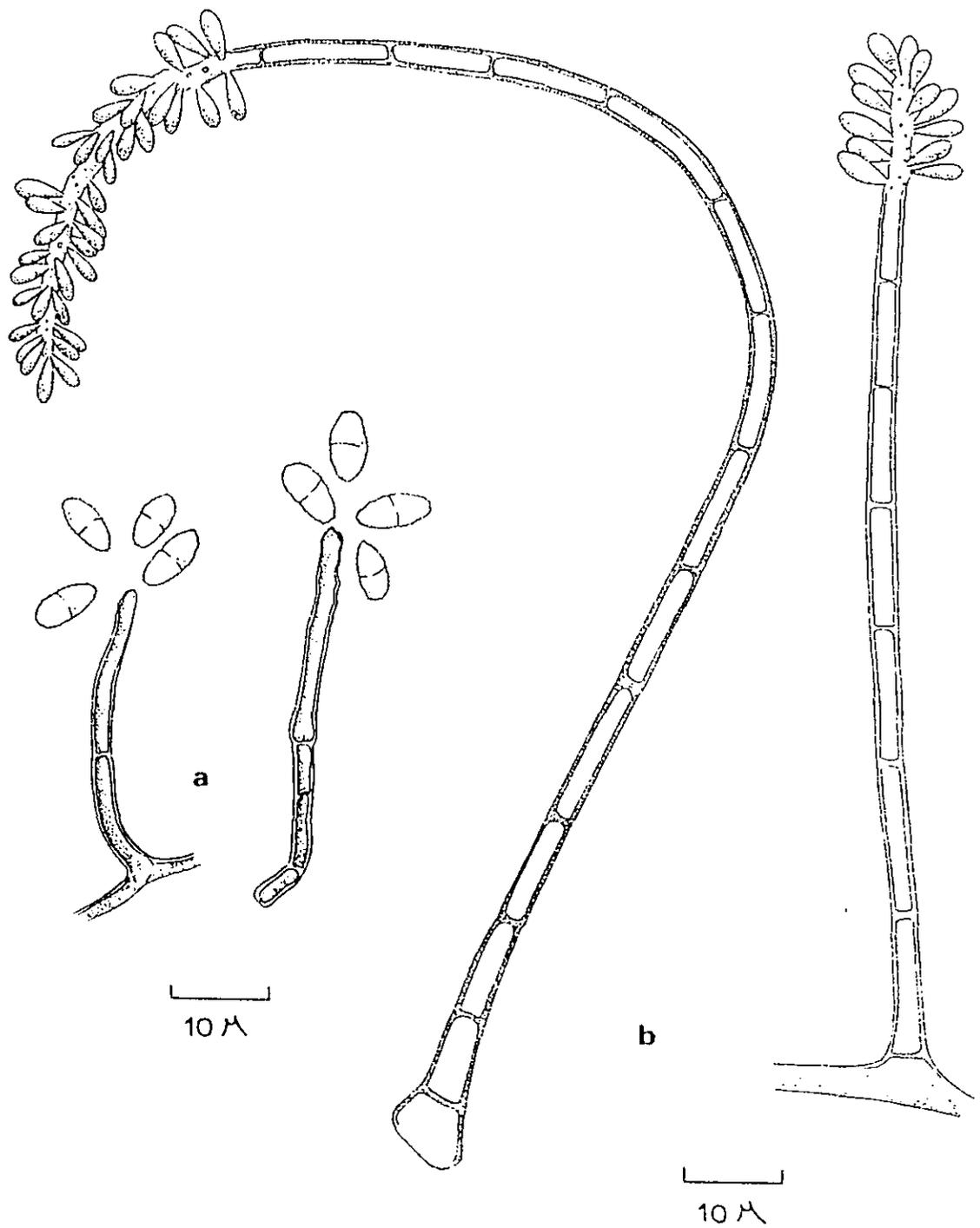


Figura 26. a. *Scolecobasidium humicola*. Conidióforos cilíndricos, rectos y septados. Células conidiógenas integradas, terminales y denticulares. Conidios elípticos, redondeados en los extremos, septados y verrucosos. b. *Rhinocladiella* estado de *Capronia mansonii*. Conidióforos cilíndricos, rectos o flexuosos. Células conidiógenas integradas, terminales y cicatrizadas. Conidios aeropleurógenos, clavados y aseptados.

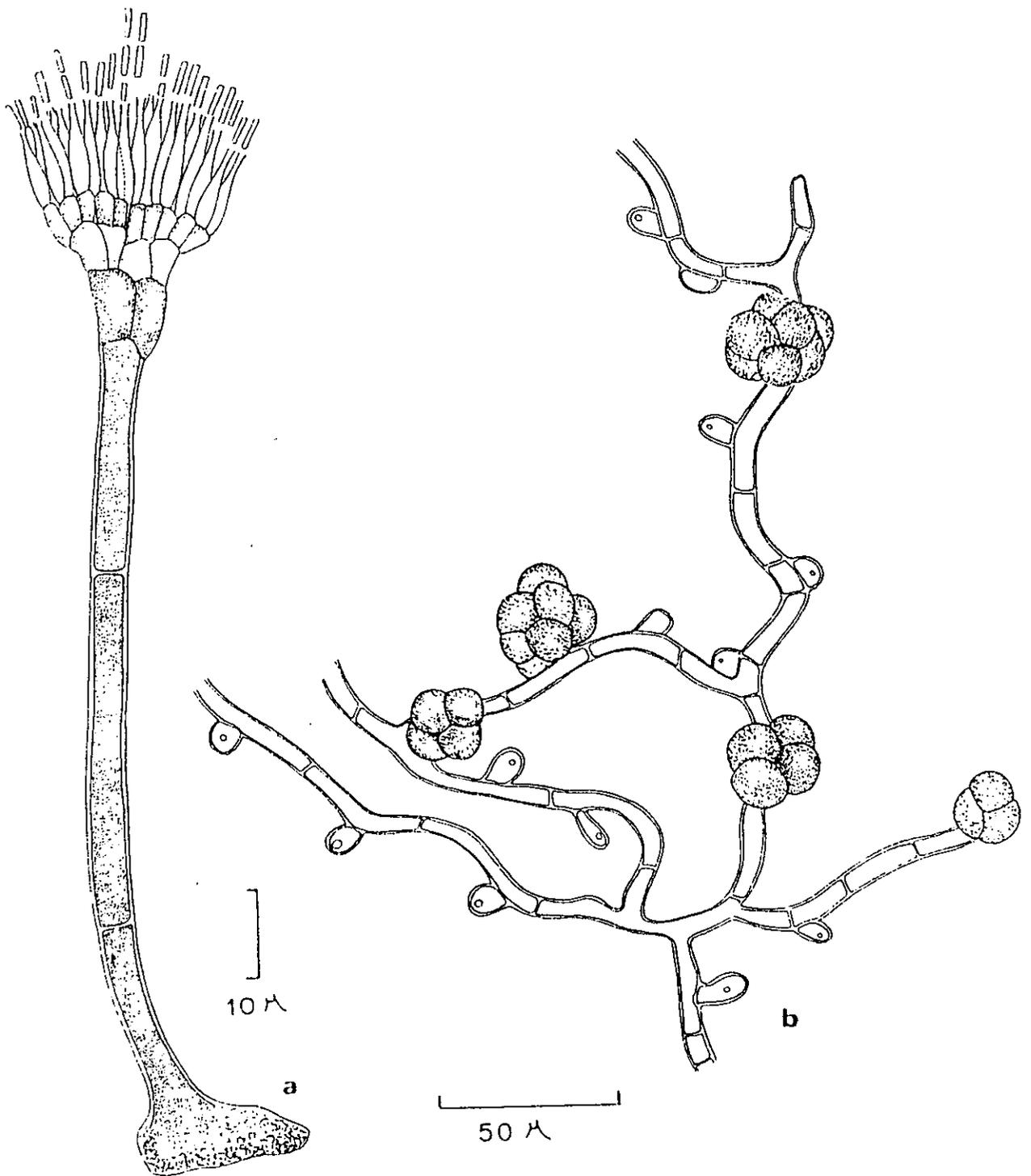


Figura 27. a. *Sporendocladia bactrospora*. Conidióforo cilíndrico, septado, con pared gruesa, ramificado en la parte superior. Células conidiógenas filídicas, dispuestas en penicilio. Conidios cilíndricos, con los extremos truncados, lisos y aseptados. b. *Sarcinella glycosmidis*. Hifas ramificadas, septadas, con hifopodios hemisféricos. Conidios sarciniformes, con septos oscuros y constreñidos.

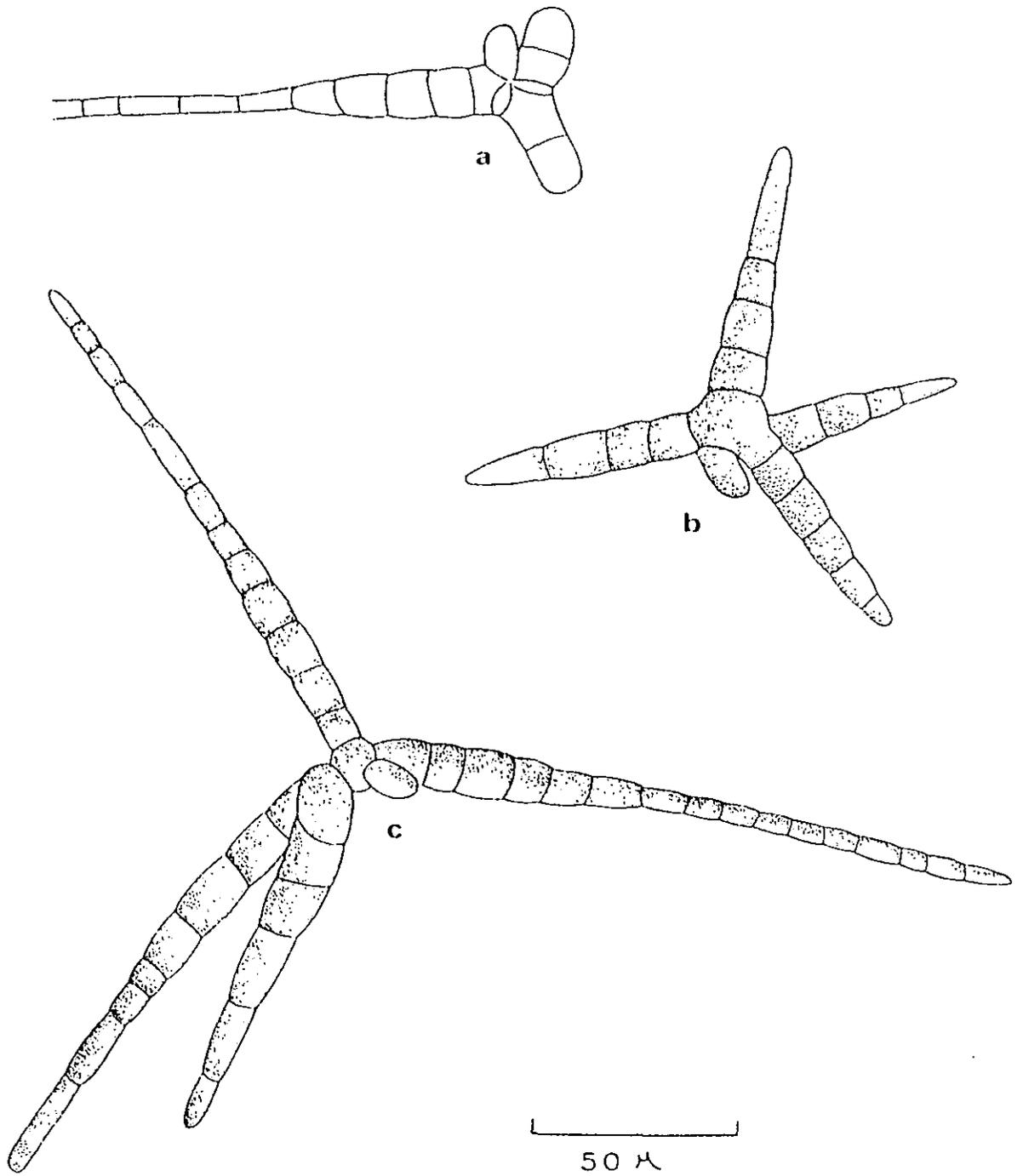


Figura 28. *Tripospermum raupalae*. a. Formación de un conidio a partir del extremo terminal de una hifa. b y c. Conidios maduros desprendidos, con cuatro brazos divergentes y una protuberancia lobulada.

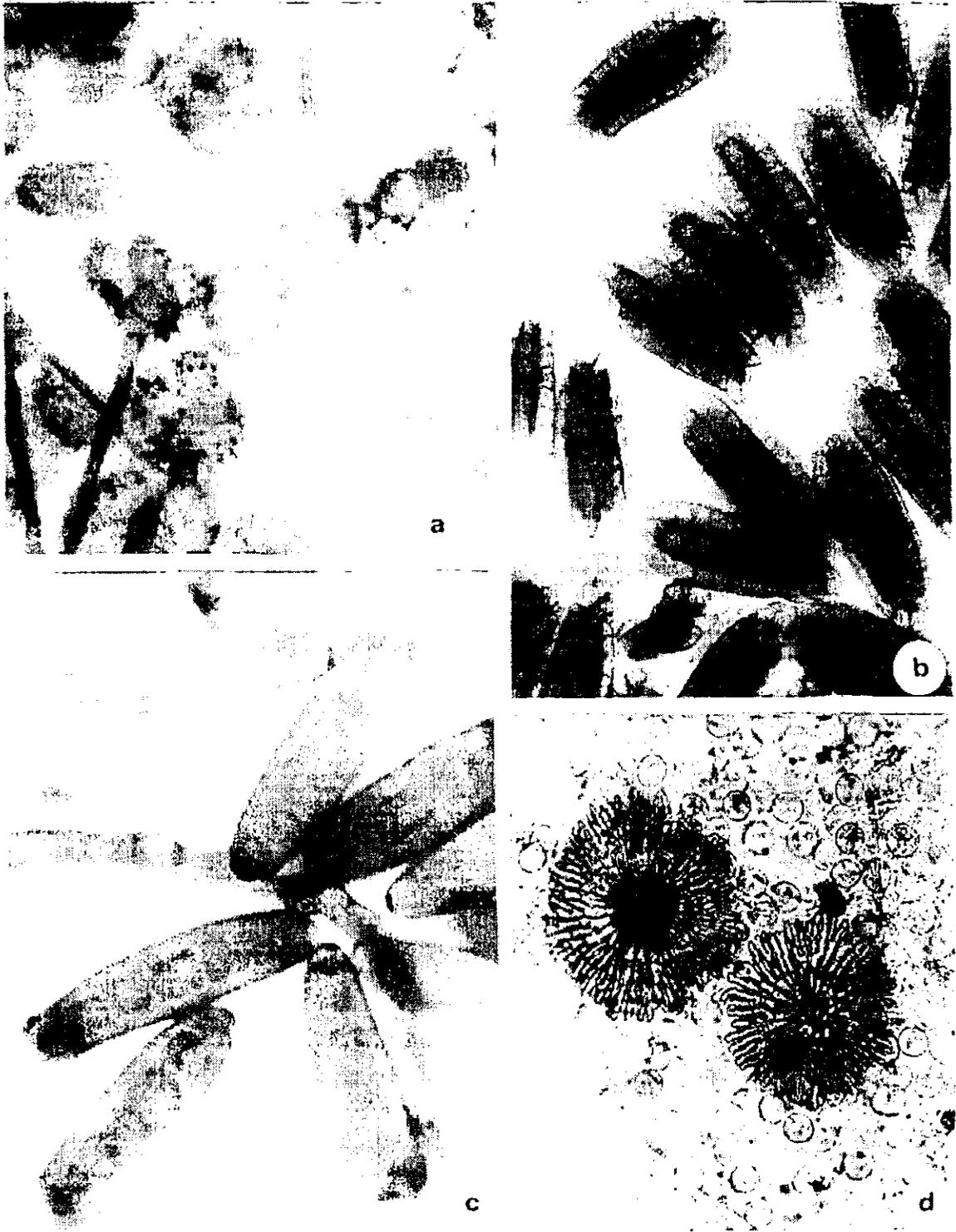


Figura 29. a. *Spegazzinia deightonii*. Conidios lobulados y espinosos (a) y verrucosos y aplanados (b). b. *Dictyosporium heptasporum*. Conidios multicelulares. c. *Bipolaris hawaiiensis*. Conidios oblongos, distoseptados. d. *Tubakia dryina*. Conidiomas escutelados, rodeados por conidios unicelulares ovoides y circulares.

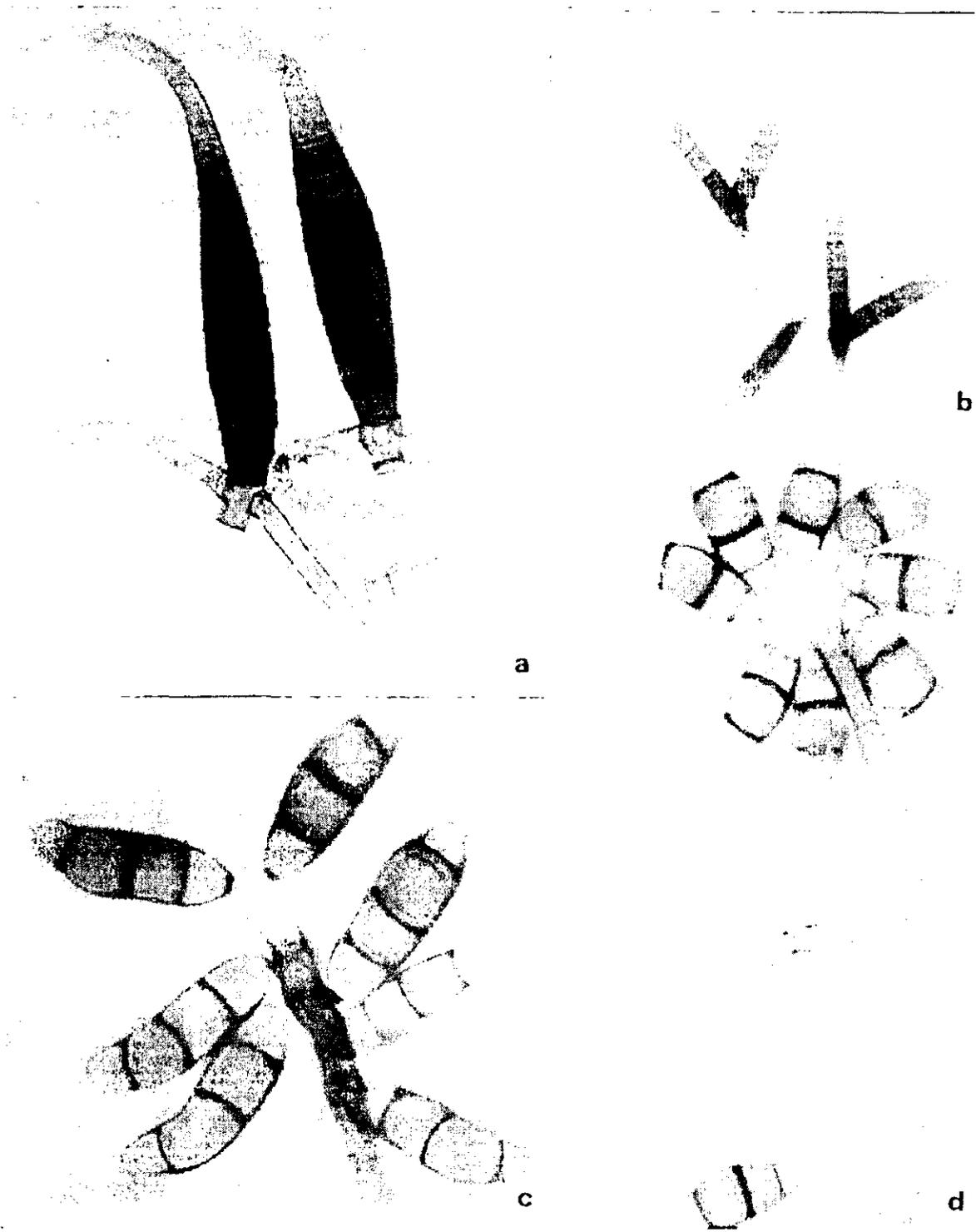


Figura 30. a. *Teratosperma singulare*. Conidios obclavados, septados con apéndices basales divergentes. b. *Ceratosporella deviata*. Conidios septados con dos brazos subulados, divergentes. c. *Curvularia pallescens*. Parte superior de un conidióforo con conidios elipsoidales y fusiformes. d. *Curvularia lunata*. Conidióforo rodeado en la parte apical de conidios con tres distoseptos y la tercer célula más ancha y oscura.

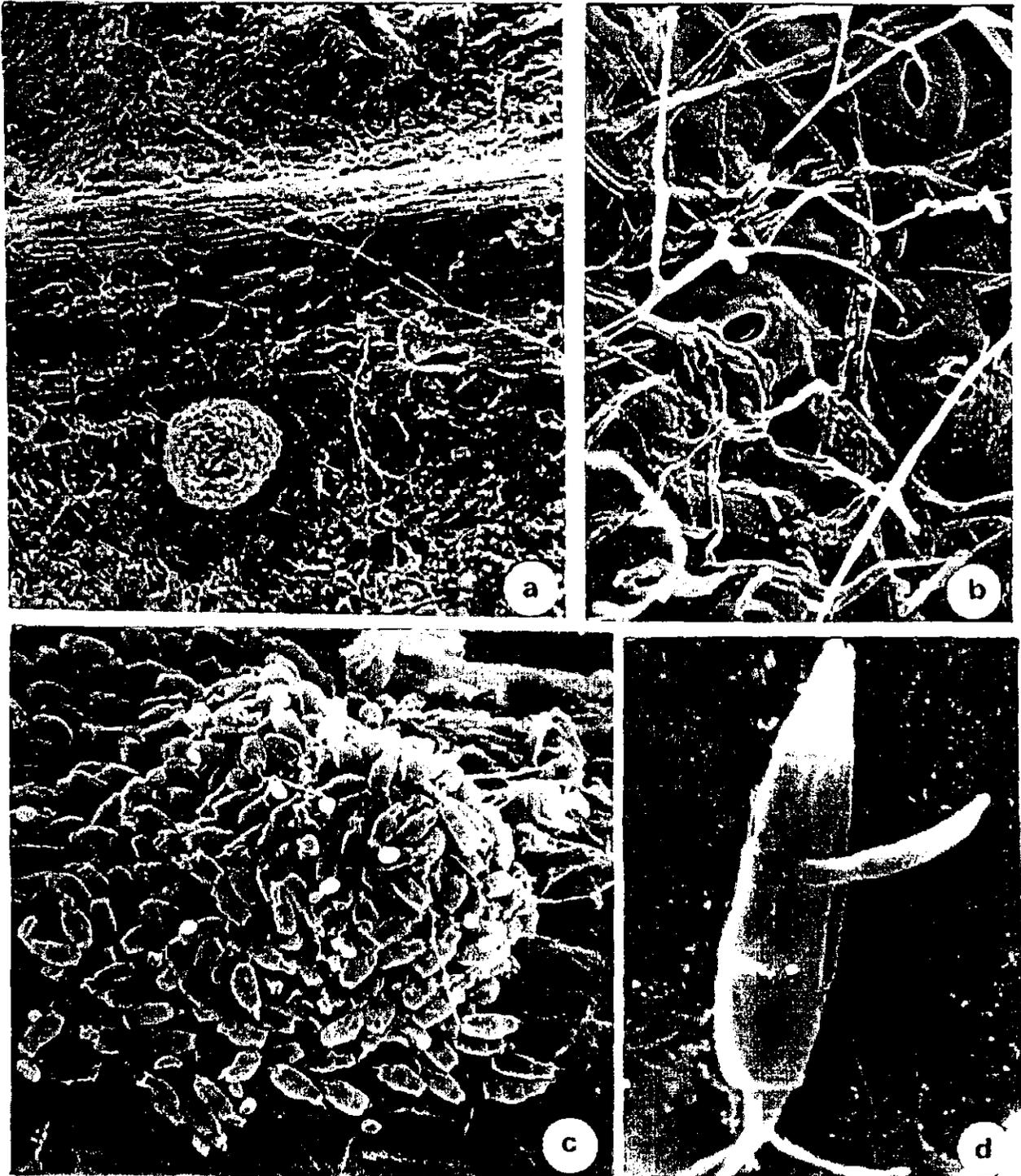


Figura 31. a. Vena central de la superficie de una hoja de *Quercus xalapensis*, con un cúmulo de conidios de *Pestalotiopsis maculans*. b. Hifas sobre la superficie foliar de una hoja de *Liquidambar styraciflua* recién desprendida. c. Cúmulo de conidios de *P. maculans* sobre una vena foliar. d. Conidio de *P. maculans* mostrando la formación de un tubo de germinación.



Figura 32. a. *Menisporopsis theobromae*. Sinema con una seta estéril central y conidios en la parte superior. b. *Knochchaeta ramifera*. Conidióforo setiforme, con ramificaciones y conidios compactados.

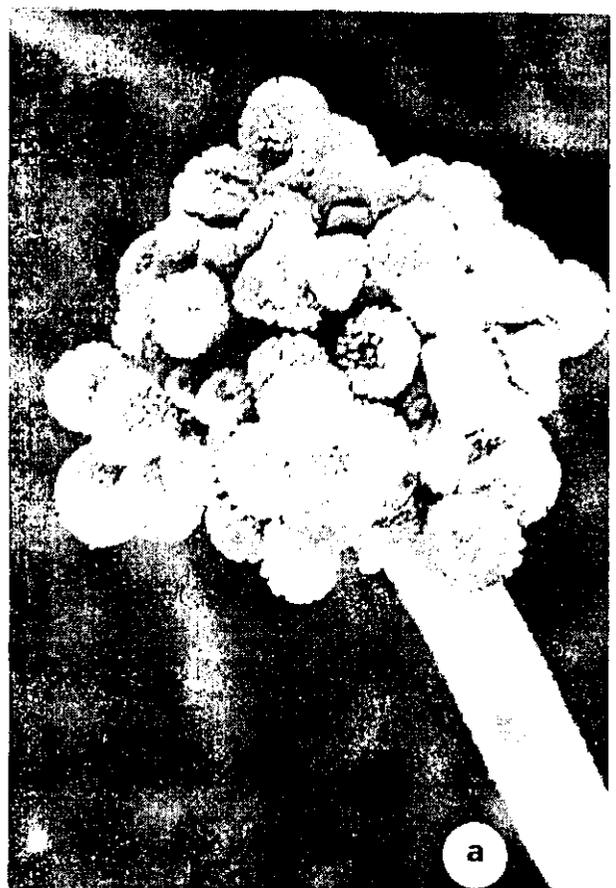


Figura 33. a. *Periconia byssoides*. Conidióforo con conidios adheridos. b. *Dactylaria obtriangularia*. Conidióforos con conidios obtriangulares en la parte apical. c. *Zygosporium gibbum*. Vesícula con células conidiógenas y un conidio.

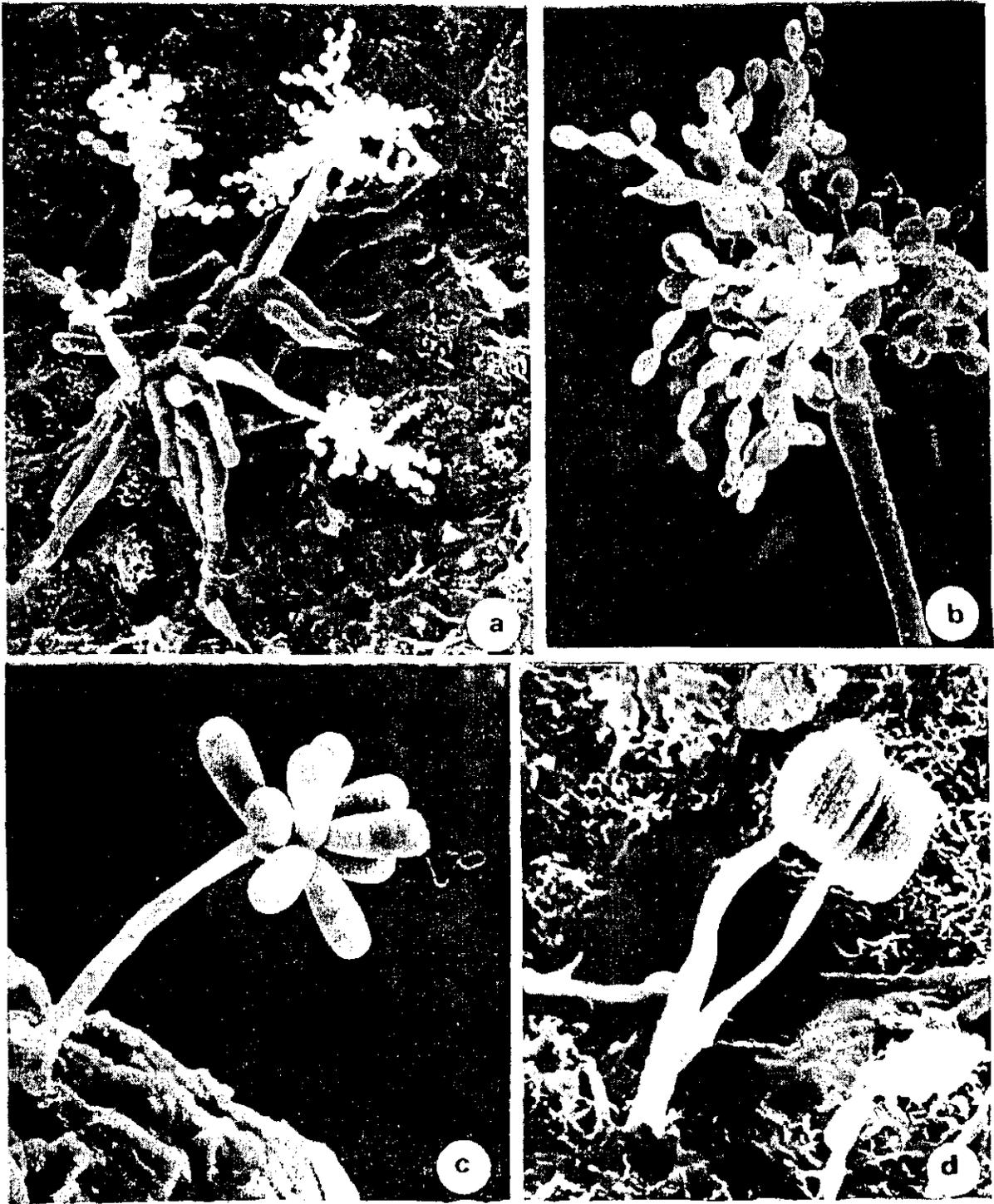


Figura 34. a. *Cladosporium chlorocephalum*. Conidióforos con conidios catenulados, adheridos. b. *C. cladosporioides*. Parte apical de un conidióforo con cadenas de conidios. c. *Endophragmiella* sp.. Conidióforo con conidios adheridos en la parte superior. d. *Dictyochaeta simplex*. Conidióforos con conidios fusiformes.

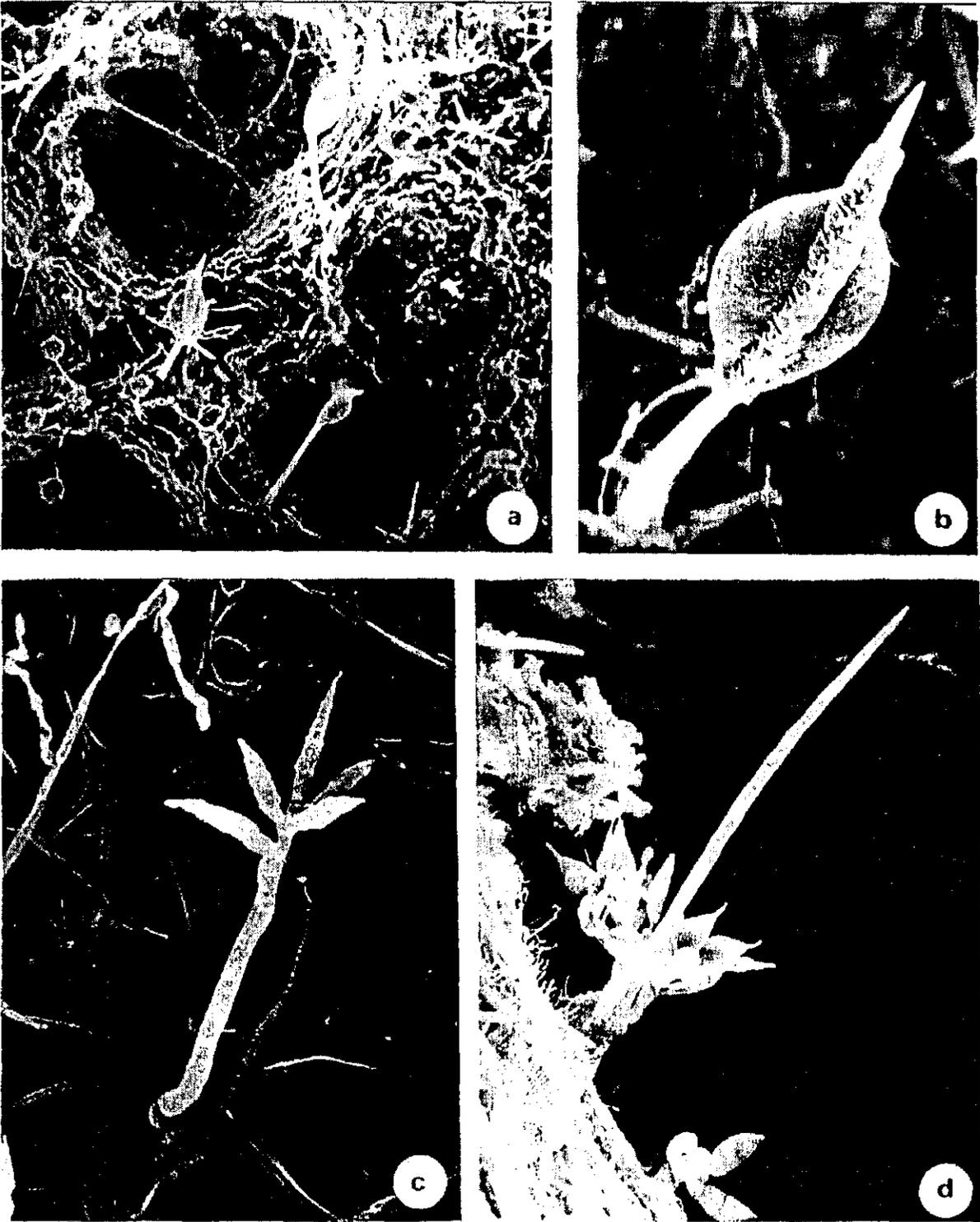


Figura 35. a y b. *Cryptophiale kakombensis*. Conidióforos sobre una hoja de *Q. germana* en estado avanzado de descomposición. b. Seta con fiálides dispuestas en empalizadas y los conidios aglutinados en una gota mucilaginosa. c. *Solosympodiella* sp. Conidióforo con conidios subulados. d. *Beltrania rhombica*. Conidióforos alrededor de una seta; conidios rómbicos, con un apéndice en el ápice.

10. APÉNDICE

Artículos publicados del trabajo de tesis:

Heredia, G., 1994. Hifomicetes dematiáceos en bosque mesófilo de montaña. Registros nuevos para México. **Acta Bot. Mex.** 27: 15-32.

Heredia, G., A. Mercado-Sierra y J. Mena-Portales, 1995. Conidial fungi from leaf litter in a mesophilic cloud forest of Veracruz, Mexico. **Mycotaxon** 55: 473-490.

Mena-Portales, J., G. Heredia y A. Mercado-Sierra, 1995. Especies de *Bipolaris* y *Curvularia* halladas sobre *Quercus* y *Liquidambar* en el estado de Veracruz, México. **Rev. Mex. Mic.** 11: 109-121.

Mercado-Sierra, A., G. Heredia y J. Mena-Portales, 1995. New species of dematiaceous hyphomycetes from Veracruz, Mexico. **Mycotaxon** 55: 491-499.

HIFOMICETES DEMATIACEOS EN BOSQUE MESOFILO DE MONTAÑA.
REGISTROS NUEVOS PARA MEXICO

GABRIELA HEREDIA ABARCA

Instituto de Ecología, A.C.
Apartado Postal 63
91000 Xalapa, Veracruz

RESUMEN

Se describen e ilustran 10 especies de hongos hifomicetes dematiáceos asociados a hojas vivas y en proceso de descomposición, procedentes de dos áreas de bosque mesófilo de montaña en los estados de Tamaulipas y Veracruz. Se discuten aspectos de su distribución y relación con diversos sustratos. Nueve especies constituyen registros nuevos para México.

ABSTRACT

Ten Dematiaceous Hyphomycetes of green leaves and leaf litter from two cloud forests located in the Tamaulipas and Veracruz States are described and illustrated. Distribution and host information are discussed. Nine species are new records for the Mexican mycoflora.

INTRODUCCION

En cualquier etapa de su ciclo de vida las hojas son un sustrato adecuado para el desarrollo de diversos tipos de hongos microscópicos. Al morir las hojas, algunas especies de hongos desaparecen y son reemplazadas por otras que sobreviven a las nuevas condiciones nutricionales y ambientales prevalecientes en el suelo.

La importancia que tienen estos organismos en los ecosistemas está directamente relacionada con la descomposición de los restos vegetales, ya que muchos de los hongos microscópicos pueden sintetizar una amplia gama de enzimas que ayudan a la degradación de compuestos orgánicos a inorgánicos, facilitando así la reincorporación de nutrientes al suelo (Harley, 1971).

Los hongos microscópicos asociados a las hojas y a restos vegetales han sido estudiados principalmente en ecosistemas propios de climas templados. Para áreas tropicales y semitropicales, la información se ha incrementado en los últimos 15 años. La mayoría de los estudios han sido realizados en Asia, Africa y Oceanía (Bhat et al., 1992). Para las regiones tropicales de América se cuenta con poca información. Con excepción de la isla de Cuba, en el resto de los países localizados en la región neotropical se ha explorado pobremente el campo de los hongos microscópicos saprobioicos.

Tomando en cuenta la actual problemática relacionada con la desaparición de los ecosistemas tropicales y subtropicales, la información obtenida para América resulta de gran importancia para enriquecer el conocimiento sobre la distribución y diversidad de estos organismos.

El presente trabajo tiene como objetivos: a) describir morfológicamente 10 especies de hongos microscópicos aislados del filoplano y de hojas muertas en proceso de descomposición, y b) recopilar la información que existe de estas especies en cuanto a su distribución y asociación con diversos substratos.

Descripción de las áreas de colecta

Restos de materiales vegetales fueron colectados en dos áreas de bosque mesófilo localizadas en los estados de Tamaulipas y Veracruz. La correspondiente al estado de Tamaulipas está situada dentro de la Reserva de la Biósfera "El Cielo", a 1200 m s.n.m. La temperatura media anual es de 13.8°C y la precipitación total anual de 2522 mm (Puig y Bracho, 1987). La vegetación está compuesta por una mezcla de especies propias de climas templados y tropicales (Puig et al., 1987), con una amplia diversidad de plantas epífitas, helechos y musgos. Mayor información sobre la zona ha sido recopilada por Sosa (1987).

En Veracruz se colectó dentro del Rancho Guadalupe en las afueras de la ciudad de Xalapa. El bosque en esta zona se encuentra a una altitud de 1225 m; la temperatura media anual es de 18.4°C y la precipitación media anual es de 1957 mm, con constantes lluvias durante todo el año (Correa, 1981). La fisonomía de la vegetación es similar a la del bosque mesófilo de Tamaulipas. La alta humedad relativa del aire y la acumulación de hojarasca en el suelo son características en ambos lugares.

METODOLOGIA

Se colectaron hojas vivas y de la hojarasca. El material se trasladó al laboratorio en recipientes esterilizados, manteniéndolo en condiciones de refrigeración hasta el momento de su procesamiento. Se prepararon cámaras húmedas y se hicieron aislamientos en el medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA). Las muestras se incubaron a 26°C por 6 y 10 días respectivamente para los aislamientos y las cámaras húmedas.

Para la revisión microscópica se efectuaron preparaciones con lactofenol y azul de algodón, elaborándose preparaciones permanentes con alcohol polivinílico para la conservación del material de referencia, el cual está depositado en el Herbario del Instituto de Ecología (XAL). En algunos casos se hicieron observaciones con el microscopio electrónico de barrido.

La identificación se realizó con ayuda de las obras de Ellis (1971, 1976) y literatura especializada. Para la traducción y utilización de la terminología adecuada en español se utilizó el diccionario micológico de Ulloa (1991).

DESCRIPCION DE LAS ESPECIES

Beltrania rhombica O. Penzig, 1882, Nuovo G. Bot. Ital., 14: 72-75. (Figs. 1a, 1b, 1c).

Colonias ligeramente algodonosas, imbricadas, de color café, grisáceas cuando jóvenes, que al madurar adquieren tonalidades más oscuras. Al principio el micelio puede presentarse con abundantes hifas superficiales, de 2-3 μm de grosor, de color café claro-grisáceo; posteriormente la mayoría quedan inmersas en el sustrato. Las setas se originan de células basales radiadas, lobuladas; son simples, erectas, de color café oscuro-rojizo, septadas, lisas, con pared gruesa y la terminación distal en punta; miden 160-360 μm (208 μm) de longitud por 4-7 μm (4.4 μm) de ancho en la base. Conidióforos originados de células basales de las setas o de células basales independientes, generalmente en grupos de dos; son simples, septados, de color amarillo-oliváceo, de 26-60 μm (40 μm) por 4-8 μm (3.5 μm) con 1-10 denticulos en la parte apical, los cuales sostienen a las llamadas células separadoras; estas últimas son ovaladas, hialinas, lisas y miden 8-17.6 μm (11.15 μm) por 3.7-5 μm (4.9 μm), con 1-2 denticulos en el ápice. Conidios característicamente rómbicos, de color amarillo-oliváceo, lisos, con una banda pálida transversal en la parte más ancha, la cual se observa ligeramente sumida en el microscopio electrónico; miden 18-22.3 μm (20.2 μm) por 5-7 μm (6.3 μm), en el extremo distal presentan un apéndice hialino de 4-7 μm (5.2 μm) por 1-2 μm de ancho en la base.

Substrato: Sobre hojas vivas y muertas de *Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Q. xalapensis*, *Liquidambar styraciflua* y *L. macrophyla*.

Ejemplares examinados: TAMAULIPAS. Reserva de la Biósfera "El Cielo", G. *Heredia* 501-506 (XAL). VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera Xalapa-Coatepec. G. *Heredia* 507-512 (XAL).

Distribución y sustratos registrados

Africa: CONGO, aislado de suelo (Meyer, J., In: Pirozynski, 1963). COSTA DE MARFIL, en restos vegetales (Rambelli et al., 1983). MOZAMBIQUE, en suelo y en hojas de *Gossypium herbaceum*. SIERRA LEONA, en *Artocarpus heterophyllus* (Pirozynski, 1963).

América: BELICE, sobre hojas muertas no identificadas (Morris, 1978). BRASIL, en hojas de *Esenbeckia macrocarpa* (Batista, A. C., Lima, J. A., y Vasconcelos, C. T., In: Pirozynski, 1963). CUBA, en hojas muertas de *Clusia rosea* (Holubová-Jechová y Mercado, 1986), sobre un peciolo de *Chrysalidocarpus lutescens* (Mena y Mercado, 1987b). ESTADOS UNIDOS, sobre hojas muertas de *Eucalyptus* sp., *Podocarpus* sp. y *Quercus virginiana* (Sutton, 1978). GUYANA FRANCESA, en hojas muertas de *Eperua falcata* (Kiffer et al, 1981). PERU, en peciolos de palma y en hojas muertas (Matsushima, 1993).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, en hojas muertas de *Archontophoenix alexandrae* (Matsushima, 1989). INDIA, aislado de suelo agrícola (Das, 1963), en *Cicer arietinum*, en *Caesalpinia pulcherrima* (Pirozynski, 1963), en hojas senescentes y en estados avanzados de descomposición de *Psidium guajava* (Padney, 1990). ISLAS SALOMON, en tallos muertos de *Musa paradisiaca* (Matsushima, 1971). JAVA, en hojas de *Eugenia aromatica*. JAPON, en hojas muertas de *Castanopsis cuspidata*, *Pasania edulis* (Matsushima, 1975), *Eucalyptus* sp., *Cinnamomum zeylanicum*, *Garcinia spicata*, *Cunninghamia lanceolata*,

Ananas comosus, *Euphoria longana*, *Garcinia spicata*, *Diospyros discolor*, *Artocarpus communis*, *Ficus cuspidato-caudata*, *Cinnamomum osmophloeum*, *Swietenia macrophylla* y *Garcinia spicata* (Matsushima, 1980). MALASIA, en *Ananas comosus* y *Camelia sinensis* (Pirozynski, 1963).

Europa: INGLATERRA, en hojas muertas de *Quercus ilex* (Sutton y Pirozynski, 1965). ITALIA, en hojas de *Citrus limonum* (Pirozynski, 1963).

Observaciones

Las características de los ejemplares estudiados concuerdan con las descritas por Pirozynski (1963). En los aislamientos en PDA se encontró esporulación a los 6-8 días de incubación, desarrollándose todas las estructuras características de la especie, aunque en algunas ocasiones se presentaron alteraciones morfológicas en los conidióforos. *B. rhombica* raramente ha sido citada para lugares templados o fríos; su distribución se concentra principalmente en áreas tropicales y semitropicales. Por la frecuencia y abundancia con que se ha encontrado en hojas senescentes y en restos de plantas cultivadas y silvestres en zonas tropicales (Kiffer et al., 1981; Padney, 1990; Rambelli et al., 1983), este hongo puede considerarse como un habitante común en las hojas durante su descomposición.

Cryptophiale kakombensis Pirozynski, 1968, Can. J. Bot. 46: 1124-1126. (Figs. 2a, 2b).

Colonias inconspicuas, efusas, velutinas de color café oscuro a negro, con micelio principalmente inmerso en el substrato. Conidióforos macronematosos, mononematosos, setiformes, erectos o ligeramente flexuosos en el extremo superior, de color café oscuro, lisos, septados con paredes gruesas, más anchos en la base y atenuados hacia el área apical, la cual es estéril y termina siempre en una punta simple; miden 133-250 μm (194 μm) por 5-8 μm (5.3 μm). La región fértil (aparato conidiógeno), se extiende por arriba de la mitad del conidióforo hasta la zona subapical, mide 51.5-108 μm (87 μm) por 15-20 μm (17 μm); está formada por hileras de células estériles, lobuladas, lisas, de color café-oliváceo, que salen lateralmente del eje del conidióforo; a medida que crecen se compactan entre sí adquiriendo una forma de empalizada, lo que les da apariencia de escudo. Las filídes son inconspicuas, difíciles de observar, y nacen intercaladas entre las células estériles. Conidios hialinos, falcados con los extremos atenuados; pueden presentar un septo transversal en la parte media, miden 17.5-26.4 μm (20 μm) de longitud por 1-1.9 μm (1.4 μm) y se producen en un mucilago, quedando adheridos a la parte fértil del conidióforo en forma de gotas.

Substrato: Sobre hojas vivas de *Quercus sartorii* y hojas muertas de *Quercus germana*, *Q. sartorii*, *Q. xalapensis*, *Liquidambar styraciflua* y *L. macrophylla*.

Ejemplares examinados: TAMAULIPAS. Reserva de la Biósfera "El Cielo", G. *Heredia* 513-516 (XAL). VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera Xalapa-Coatepec. G. *Heredia* 517-519 (XAL).

Distribución y substratos registrados

África: COSTA DE MARFIL, sobre restos vegetales (Rambelli et al, 1983). TANZANIA, en hojas caídas de *Baphia* sp. (Pirozynski, 1968).

América: CUBA, en hojas caídas de *Spondias mombin* (Castañeda, 1986a). ECUADOR, en hojas muertas (Matsushima, 1993).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, en hojas muertas de *Archontophoenix alexandrae* (Matsushima, 1989). ISLAS DEL PACIFICO, en hojas muertas de *Camposperma brevipetiolata*, *Parinarium glaberrimum*, *Annona reticulata* y hojas no identificadas (Matsushima, 1985). MALASIA, en hojas muertas de *Ficus gibbosa*, *Dyera costulata* y *Dillenia reticulata* (Kuthubutheen y Sutton, 1985).

Observaciones

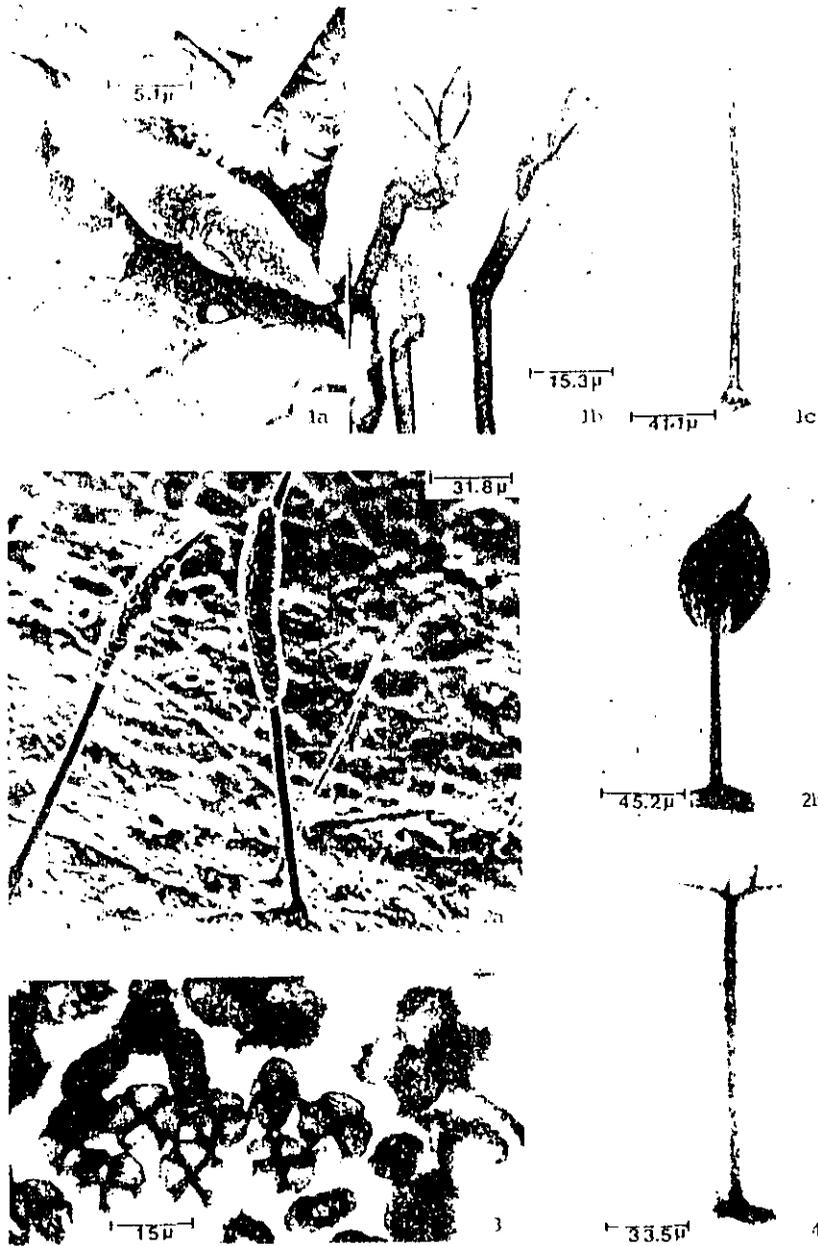
Esta especie es fácilmente reconocible por la apariencia de escudo que adquieren las hileras de células estériles a lo largo del conidióforo. Las fiálides, por la posición en que se desarrollan son difíciles de observar, de allí el nombre genérico *Cryptophiale* (etim. Gr. *kryptos* escondido y *phiale* fiálide). De los ejemplares estudiados, el promedio de la longitud del área del escudo y de los conidios es menor que el indicado por Pirozynski (1968). El tamaño de las setas y el resto de las características morfológicas coinciden con las de *C. kakombensis*. Una detallada descripción de las especies incluidas bajo este género ha sido publicada por Farr (1980) y Kuthubutheen y Sutton (1985).

En las cámaras húmedas se encontró con frecuencia esporulando, localizándose los conidióforos generalmente a lo largo de las venas foliares; en los aislamientos en PDA raras veces fue observado. De los pocos registros que existen de esta especie se deduce que *Cryptophiale kakombensis* presenta afinidad para desarrollarse en restos vegetales de zonas tropicales y semitropicales.

Cryptophiale udagawae Pirozynski & Ichinoe, 1968. Can. J. Bot., 46: 1124-1126. (Fig. 4).

Colonias inconspicuas, efusas, de color café oscuro, con micelio escaso, inmerso en el substrato; hifas de 1.2-2.5 μm de ancho. Conidióforos macronematosos, mononematosos, septados, de color café oscuro, lisos con paredes gruesas, de 103-215 μm (139 μm) por 4-9 μm (5 μm) en la base, con la parte apical dicotómica, pudiendo presentarse de 2 ó 3 ramificaciones subsecuentes; las ramificaciones de 20-55 μm (33.6 μm) por 4.5-5 μm (5.8 μm) en la base, con los extremos en punta y ligeramente más claros. La región fértil es de 42-89 μm (58 μm) por 10-19 μm (15.3 μm), se extiende por arriba de la mitad del conidióforo hasta la zona subapical, poco antes de las bifurcaciones, está formada por hileras de células estériles, lisas, de color café-oliváceo, que salen lateralmente del eje del conidióforo y que a medida que crecen se compactan entre si dando la apariencia de un escudo. Las fiálides, que se desarrollan entre las células estériles, son lisas, hialinas, inconspicuas, difíciles de observar. Conidios hialinos, falcados, con los extremos atenuados, pudiendo estar septados en el centro, de 15.4-20.6 μm (16.9 μm) por 1-2.5 μm (1 μm); generalmente se observan en masas mucilaginosas adheridos al área fértil.

Substrato: Sobre hojas vivas de *Quercus xalapensis* y en hojas muertas sobre el mantillo de *Q. germana*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar macrophyla*.



Figs. 1a-4. Figs. 1a-1c. *Beltrania rhombica*. 1a. Conidio observado al microscopio electrónico de barrido. 1b. Parte superior de un conidióforo con las células separadoras sosteniendo los conidios. 1c. Seta con conidióforos, originados de una célula basal lobulada. Figs. 2a-2b. *Cryptophiale kakombensis*. 2a. Conidióforos mostrando el área conidiógena o escudo (vista al microscopio electrónico de barrido). 2b. Conidióforo con conidios aglutinados en mucilago. Fig 3. *Spegazzinia tessartha*. Conidios equinulados, septados en forma cruciforme y conidios lisos con apariencia de trébol. Fig. 4. *Cryptophiale udagawae*. Conidióforo con la punta ramificada dicotómicamente.

Ejemplares examinados: VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera Xalapa-Coatepec. G. *Heredia* 520-523 (XAL).

Distribución y substratos registrados

Africa: COSTA DE MARFIL, en restos vegetales (Rambelli et al., 1983).

América: CUBA, sobre hojas caídas de *Eucalyptus* sp. (Castañeda, 1985). ECUADOR, en hojas muertas (Matsushima, 1993).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, en hojas muertas (Matsushima, 1989). JAPON, en hojas caídas de *Quercus glauca* (Pirozynski, 1968), en hojas de *Quercus phillyraeoides* y *Castanea crenata* (Matsushima, 1975). MALASIA, en hojas muertas de *Ficus gibbosa*, *Dyera costulata*, *Dillenia reticulata* y *Dipterocarpus costatus* (Kulhubutheen y Sutton, 1985). NUEVA GUINEA, en hojas muertas de *Araucaria hunsteinii* (Matsushima, 1971).

Observaciones

La morfología de esta especie es similar a la de *C. kakombensis*; la característica distintiva de *C. udagawae* es la bifurcación dicotómica en la parte apical del conidióforo. En los ejemplares estudiados se observó un máximo de tres divisiones. En los aislamientos en PDA se obtuvo escaso crecimiento micelial; la formación de los cuerpos fructíferos se concentró en áreas circundantes a las muestras foliares, sin que se presentara esporulación.

Los promedios de la longitud y del ancho del conidióforo se encuentran dentro de los límites descritos para esta especie, mientras que el promedio de la longitud del aparato conidiógeno (escudo) es menor al valor mínimo de la descripción de Pirozynski (1968).

De igual forma que en *C. kakombensis*, por la posición en que se desarrollan las fiálides, éstas son muy difíciles de observar; tampoco se localizaron fiálides redondeadas en la parte basal del conidióforo, característica que puede llegar a presentarse en algunos individuos (Pirozynski, 1968). Los datos compilados coinciden en que se trata de un hongo saprobio de áreas tropicales y subtropicales.

Chalara alabamensis Morgan-Jones & Ingram, 1976, Mycotaxon 4(2): 489-492. (Fig 5).

Micelio de color café claro, reticular, con hifas lisas, de 1-2 μm de ancho. Conidióforos macronematosos, mononematosos, fialídicos, solitarios o gregarios, simples, erectos, de color café pálido, lisos, 58-107.2 μm (63.8 μm) de longitud, que se pueden originar directamente de células del micelio superficial o de una célula basal. Fiálides obclavadas, de 51-101 μm (84 μm) de longitud, de color café pálido, con un vientre de 22-39 μm (32.9 μm) de longitud por 8-10 μm (9.3 μm) de ancho; collarillo largo, cilíndrico, que se atenúa gradualmente hacia la punta, de 29-59 μm (51 μm) por 3-5 μm (3.6 μm), con una transición gradual entre el vientre y el collarillo. Conidios endógenos, hialinos, lisos, producidos en cadenas basipetas, cilíndricos, redondeados en los dos extremos, con un septo central, de 10-21.5 μm (15.9 μm) por 1.5-3 μm (2 μm).

Substrato: Sobre hojas vivas de *Quercus germana* y *Q. xalapensis* y en hojas muertas sobre el mantillo de *Q. germana*, *Q. sartorii*, *Liquidambar styraciflua* y *L. macrophylla*.

Ejemplares examinados: TAMAULIPAS. Reserva de la Biósfera "El Cielo", G. Heredia 524-526 (XAL). VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 Carretera Xalapa-Coatepec, G. Heredia 527-529 (XAL).

Distribución y substratos registrados

América: ESTADOS UNIDOS, sobre hojas muertas de *Quercus nigra* (Morgan-Jones e Ingram, 1976).

Africa: COSTA DE MARFIL, en restos vegetales (Rambelli, et al., 1983).

Observaciones

Los ejemplares estudiados pertenecen al grupo de especies con conidios septados y extremos redondeados; las dimensiones del conidióforo son mayores que las registradas por Morgan e Ingram (1976), los conidios son similares en forma y los límites de la longitud son mayores, aunque el promedio está dentro de las medidas establecidas en la descripción. Los pocos registros que existen de esta especie indican que se desarrolla en restos vegetales tanto en lugares de clima templado como tropical.

Chalara urceolata Nag Raj & Kendrick, 1974, N. Z. Jl. Bot. 12: 120. (Figs. 6a, 6b, 6c).

Conidióforos macronematosos, mononematosos, filídicos, solitarios o dispuestos en conjuntos, simples, erectos, cilíndricos, de color café claro-ámbar, más pálidos en el extremo distal, multiseptados (3-21 septos), de 52.9-216.7 μm (150 μm) y 4-6 μm (4.8 μm). Filídes urceoladas, de color café pálido, de 34-93 μm (65 μm) de longitud con paredes lisas, vientre obcónico, de 25-42 μm (29.3 μm) de longitud por 5-8 μm (6 μm) de ancho, más angosto en la base; collarillo de 18-56 μm (48 μm) por 2.5-3.7 μm (3.4 μm), con una transición abrupta entre el vientre y el collarillo, la proporción collarillo-vientre es de 1.6:1. Conidios, cilíndricos, hialinos, lisos, con un septo transversal en la parte media y con los extremos redondeados, de 12-25.6 μm (15.5 μm) por 2-5 μm (3.2 μm) de ancho.

Substrato: Sobre hojas muertas de *Quercus germana*.

Ejemplares examinados: VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 Carretera Xalapa-Coatepec, G. Heredia 530-532 (XAL).

Distribución y substratos registrados

Europa: INGLATERRA, en *Rumex* sp. IRLANDA, sobre un tallo no identificado (Nag Raj y Kendrick, 1975).

Asia y Oceanía: NUEVA ZELANDIA, en *Rhopalostylis sapida* (Nag Raj y Kendrick, 1975).

Observaciones

Las características morfológicas de los ejemplares examinados coinciden con la descripción de Nag Raj y Kendrick (1975); los promedios obtenidos de las medidas de las estructuras reproductoras se encuentran dentro de los límites registrados para esta especie.

Los pocos datos que se tienen de *Ch. urceolata* indican que su distribución se extiende tanto en zonas tropicales como de clima templado.

Diplocladiella scalaroides Arnaud: M. B. Ellis, 1976, More Dematiaceous Hyphomycetes, p. 299. (Fig. 7).

Conidióforos macronematosos, mononematosos, simples, geniculados, lisos, de color café pálido, de 24-42 μm por 3-5 μm . Conidios triangulares, septados, lisos, de color ámbar, generalmente formados por 8 células, con dos prolongaciones cónicas, cada prolongación compuesta por tres células; las células distales son hialinas y terminan en largos apéndices de 6-20 μm de longitud. La distancia entre las puntas de los dos conos es de 19.5-30.9 μm (26.1 μm), formando un ángulo de más de 90°.

Substrato: Sobre hojas muertas en el mantillo de *Quercus gemmana*, *Liquidambar styraciflua* y *L. macrophyla*.

Ejemplares examinados: TAMAULIPAS. Reserva de la Biósfera "El Cielo", G. Heredia 533 (XAL). VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 Carretera Xalapa-Coatepec, G. Heredia 534 (XAL).

Distribución y substratos registrados

América: ESTADOS UNIDOS, en restos vegetales sumergidos (Shearer y Von Bodman, 1983), sobre ramas sumergidas (Akridge y Koehn, 1987). CUBA, sobre hojas caídas de *Eucalyptus* sp. (Castañeda, 1986b), en troncos muertos de *Euphorbia* sp. (Holubová-Jechová y Mercado, 1989). PERU, sobre frutos de *Inga* sp. (Matsushima, 1993).

Europa: CHECOSLOVAQUIA (Marvanová, In: Nawawi, 1987). FRANCIA (Ellis, 1976), HUNGRÍA (Gonczol, In: Nawawi, 1987). INGLATERRA en troncos muertos de *Ulex europaeus* (Ellis, 1976), en material vegetal sumergido (Shearer y Webster, 1985), en hojas de *Laurus nobilis* (Kirk, 1983).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, en hojas muertas de *Acacia aulacocarpa* (Matsushima, 1989). JAPON, en hojas muertas de *Daphniphyllum macropodum*, *Castanopsis cuspidata* (Matsushima, 1975), semillas de *Coffea arabica*, hojas de *Cinnamomum zeylanicum*, *Casuarina equisetifolia* (Matsushima, 1980).

Observaciones

A diferencia de la descripción de Ellis (1976), los conidios presentan largos apéndices hialinos, característica que también ha sido señalada por Nawawi (1987) para esta especie. Las medidas del material estudiado concuerdan con las señaladas por Ellis (1976). *Diplocladiella scalaroides* ha sido relacionada con hongos acuáticos. Su distribución abarca zonas de clima templado y tropical.

Menisporopsis theobromae Hughes, 1952, Mycol. Pap. 48: 59-61. (Figs. 10a, 10b).

Setas simples, lisas, septadas, solitarias, de color café oscuro, ligeramente más claro hacia el ápice, con pared gruesa, de 246-275 μm por 4.5-5 μm . Conidióforos

macronematosos, sinematosos, originados alrededor de la base de la seta, prolongándose hasta un poco antes de la mitad de la misma, filamentosos, simples, septados, lisos, de color café pálido, unidos en la base y separados en la región apical, de 118-143 μm por 1-2.5 μm . Conidios hialinos, falcados, lisos, con 0 ó 1 septo, y una sétula en cada extremo, de 13-17.6 μm por 2.5-3 μm .

Substrato: Sobre hojas muertas en el mantillo de *Quercus gemana*.

Ejemplares examinados: TAMAULIPAS. Reserva de la Biósfera "El Cielo", G. Heredia 535 (XAL).

Distribución y substratos registrados

Africa: COSTA DE MARFIL, en hojas muertas (Rambelli et al., 1983). GHANA, sobre hojas muertas de *Theobroma cacao* (Hughes, 1952).

América: CUBA, en hojas muertas (Mercado, 1984), sobre ramas muertas de *Nectandra coriacea*, sobre el peciolo de hojas muertas de *Roystonea regia* (Mena y Mercado, 1987a). GUYANA FRANCESA en hojas muertas de *Eperua falcata* (Kiffer et al., 1981).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, en hojas muertas de *Cryptocarya machinnoniana* (Matsushima, 1989). JAPON, en cúpulas de *Pasania kawakamii* y en hojas de *Cinnamomum zeylanicum*. NUEVA GUINEA, en restos foliares no identificados (Matsushima, 1971).

Observaciones

La forma y las medidas de los ejemplares examinados coinciden con la descripción de Hughes (1952). A la fecha la distribución de esta especie se concentra en zonas tropicales.

Spegazzinia tessarthra (Berk. & Curt) Sacc., 1886, Syll. Fung., 4: 758. (Fig. 3).

Conidióforos basáuticos, de color café claro, simples, rectos, con el ápice ligeramente más ensanchado y oscuro. La longitud varía según el tipo de esporas que producen; aquellos con esporas equinuladas miden de 50-113 μm (87 μm) de longitud por 2-3 μm (2.5 μm) de ancho en la base; los que producen esporas lisas miden de 7-13 μm de largo. Conidios formados por cuatro células, septados en forma cruciforme; los hay de dos tipos: a) de color café claro, subglobosos, con grandes espinas hasta de 10 μm de longitud, y cuyo diámetro mide hasta 23 μm excluyendo las espinas, y b) lisos, de color café claro, típicamente constreñidos en los septos, lo que les da una apariencia de trébol, de 13.3-16.4 μm (14.6 μm) de diámetro.

Substrato: Sobre hojas muertas de *Quercus gemana*.

Ejemplares examinados: VERACRUZ. Rancho Guadalupe, km 2.5 Carretera Xalapa-Coatepec, G. Heredia 536 (XAL).

Distribución y substratos registrados

Africa: GHANA, KENYA, SIERRA LEONA, SUDAN, TANZANIA, UGANDA, ZAMBIA (Ellis, 1971). Sin especificar el substrato.

América: CUBA, sobre hojas de *Andropogon bicomis* (Mercado, 1984). ESTADOS UNIDOS, en sedimentos estuarinos (Borut y Johnson Jr., 1962), aislado del aire (Baker et al., 1979), en hojas de *Juncus roemerianus* (Fell y Hunter, 1979), PERU, en frutos de *Inga* sp., en hojas muertas y peciolo (Matsushima, 1993). TRINIDAD, VENEZUELA (Ellis, 1971).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, INDIA, MALASIA, NUEVA GUINEA (Ellis, 1971). Sin especificar el substrato.

Substratos: En *Ananas*, *Borassus*, *Cassine*, *Cenchrus*, *Citrus*, *Cynodon*, *Heteropogon*, *Lantana*, *Lycopersicon*, *Mangifera*, *Musa*, *Panicum*, *Pennisetum*, *Phoenix*, *Saccharum*, *Sorghum*, *Theobroma*, *Triticum*, *Zea*. También se ha aislado del suelo (Ellis, 1971).

Observaciones

Esta especie apareció únicamente en las cámaras húmedas. *Spegazzinia tessartha* es común en plantas en descomposición en regiones tropicales y subtropicales.

Subulispora procurvata Tubaki, 1971, Trans. Mycol. Soc. Japan, 12: 20-21. (Figs. 8a y 8b).

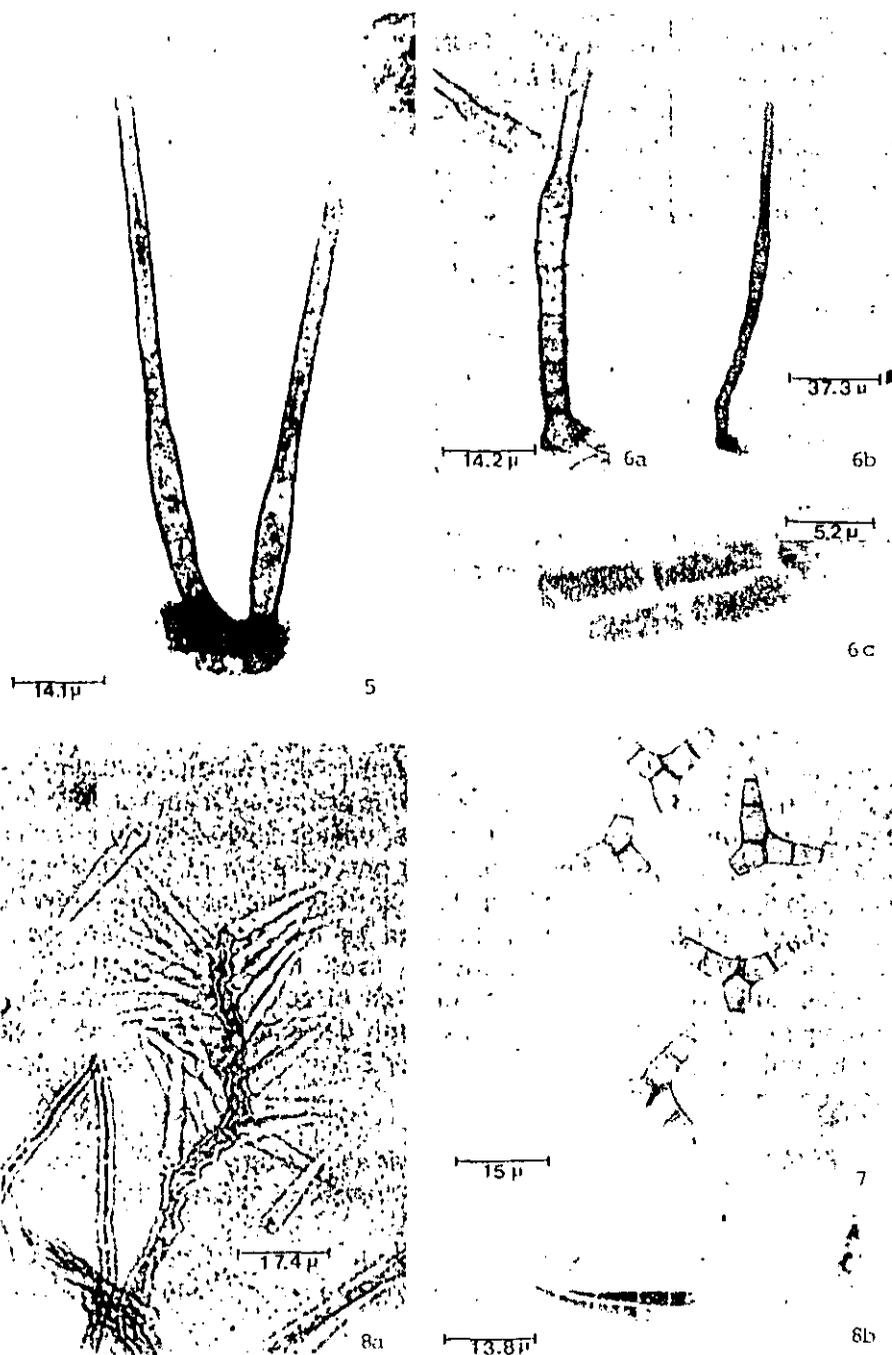
Colonias de color café-oliváceo oscuro, inconspicuas. Micelio parcialmente inmerso en el substrato. Conidióforos generalmente originados de una célula basal radiada-lobulada, macronematosos, mononematosos, erectos o ligeramente flexuosos, de color café claro, hialinos hacia la punta, de 51-115 μm (85.7 μm) por 3-4.9 μm (3.7 μm), septados de la base hasta el inicio de la parte fértil, la cual generalmente se extiende de arriba de la parte media del conidióforo hasta la punta, esta zona se caracteriza por ser geniculada y simpodial. Conidios subulados, acropleurógenos, lisos, hialinos, generalmente con tres septos, truncados en la base, con un apéndice en el ápice, que se curva en su base formando un ángulo de 45-150° respecto al cuerpo del conidio; miden de 17.5-26.7 μm (20.6 μm) (excluyendo el apéndice) de longitud por 2-3 μm (2.5 μm) de ancho, el apéndice tiene una longitud hasta de 18 μm .

Substrato: Sobre hojas vivas de *Liquidambar styraciflua* y *Quercus xalapensis*, y en hojas muertas de *Q. germana*, *Q. sartorii*, *Q. xalapensis*, *L. styraciflua* y *L. macrophylla*.

Ejemplares examinados: Reserva de la Biósfera "El Cielo", TAMAULIPAS: *G. Heredia* 537-539 (XAL). Rancho Guadalupe, km 2.5 Carretera Xalapa-Coatepec, VERACRUZ. *G. Heredia* 540-542 (XAL).

Distribución y substratos registrados

Africa: TANZANIA (Pirozynski, 1972), KENYA (Kirk, 1985) y COSTA DE MARFIL, en restos vegetales (Rambelli et al., 1983).



Figs. 5-8b. Fig. 5. *Chalara alabamensis*. Conidióforo filídico con endoconidios. Figs. 6a-6c. *Chalara urceolata*. 6a-6b. Conidióforos filídicos multiseptados con cuello urceolado. 6c. Esporas septadas con los extremos redondeados. Fig. 7. *Diptocladella scalaroides*. Esporas con apéndices. Figs. 8a-8b. *Subulispora procurvata*. 8a. conidióforo simpodial. 8b. Esporas subuladas con apéndice.

América: CUBA, sobre hoja caída de *Alchornea latifolia* (Castañeda, 1987). GUYANA FRANCESA en hojas descompuestas de *Eperua falcata* (Kiffer et al., 1981).

Asia y Oceanía: AUSTRALIA, en hojas muertas de *Cryptocarya machinnoniana* (Matsushima, 1989). ISLAS SALOMON en hojas de *Pometia pinnata* (Matsushima, 1971). INDIA (Rao y Hogg, In: Nawawi y Kuthubutheen, 1987). JAPON, en hojas de *Castanopsis cuspidata* (Matsushima, 1975). MALASIA (Nawawi, In: Nawawi y Kuthubutheen, 1987). Sin especificar el sustrato.

Observaciones

El tamaño y las características morfológicas de los ejemplares estudiados son semejantes a la descripción de Ellis (1976). En los aislamientos en medios de cultivo se encontraron colonias restringidas a las áreas circundantes al tejido vegetal y en los reaislamientos se observó la formación de largos conidióforos en las terminaciones hifales, presentándose conidios sin pedicelo y sin septos. Por la diversidad de sustratos en los que se ha encontrado, *S. procurvata* es considerada como una especie ampliamente distribuida en las hojas en el mantillo de áreas tropicales.

Tetraploa aristata Berk. & Br., 1850, Ann. Mag. Nat. Hist., 2(5): 459 (Fig. 9a, 9b).

Micelio superficial, de color café claro, con hifas de 2-3 μm de ancho. Conidióforos inconspicuos, poco diferenciados de las hifas somáticas. La mayoría de las veces los conidios son pleurógenos, saliendo directamente de las hifas. Los conidios son muriformes, generalmente formados por cuatro columnas de células (raramente tres). Las columnas están unidas en la base y tienden a divergir entre ellas hacia la parte apical, terminando en un apéndice con punta redondeada. Presentan coloraciones café oscuras en la base y más claras hacia las puntas; los apéndices están septados y tienen paredes lisas, a diferencia del resto del conidio en el que las paredes son verrugosas. La longitud de los apéndices generalmente es diferente en un mismo conidio. Esta especie se caracteriza por presentar columnas de 3-4 células, con una longitud del cuerpo de 20-27 μm (24 μm), y un diámetro en la base de 5-15 μm (10.9 μm), con un diámetro máximo del cuerpo de 11.3-20.6 μm (15.2 μm), los apéndices presentan una longitud de 15.4-160.6 μm (72.5 μm).

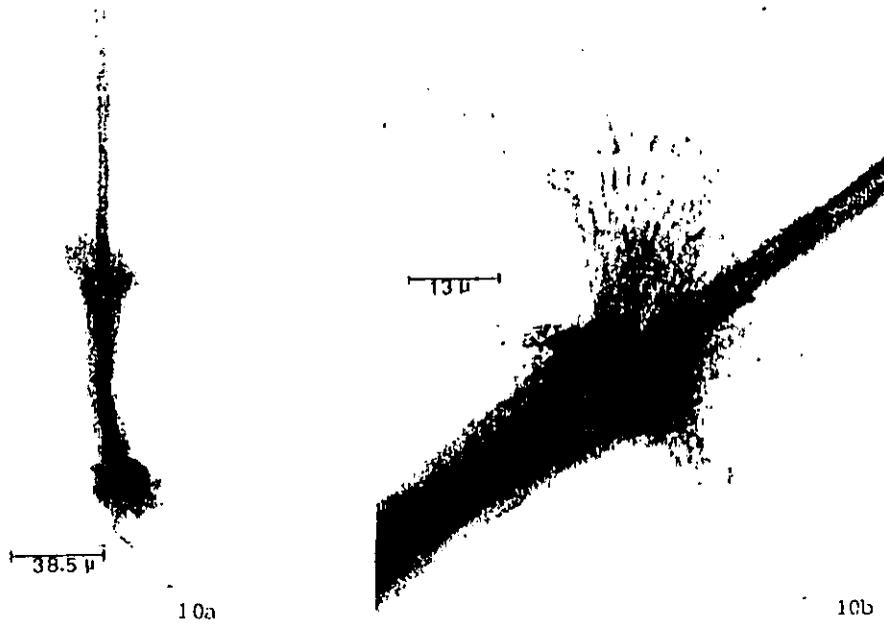
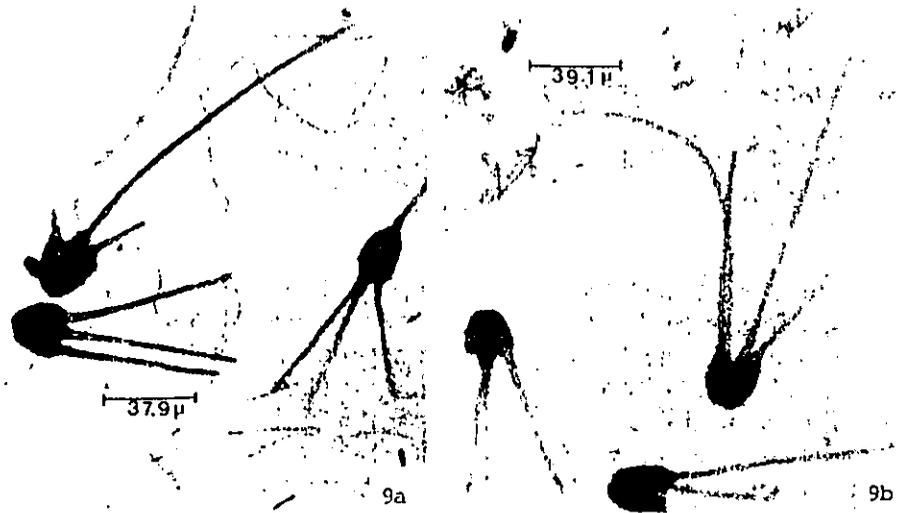
Sustrato: Sobre hojas vivas de *Quercus germana*, *Q. sartorii* y *Q. xalapensis* y en hojas muertas de *Q. germana*, *Q. sartorii*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar macrophyla*.

Ejemplares examinados: VERACRUZ, Rancho Guadalupe, km 2.5 Carretera Xalapa-Coatepec, G. Heredia 545-546 (XAL).

Distribución y sustratos registrados

Africa: GHANA, SIERRA LEONA, en *Anadelphia leptocoma* (Ellis, 1949), TANZANIA en sedimento de agua dulce (Wolf, 1967), UGANDA, en *Cymbopogon afronardus* (Ellis, 1949).

América: BARBADOS, BOLIVIA, en *Saccharum officinarum* (Stevenson y Rands In: Ellis, 1949), CUBA, sobre hojas muertas de *Bidens pilosa*, *Paspalum ciliatifolium*, *Setaria geniculata*, *Tillandsia* sp., *Roystonea regia* y *Saccharum officinarum* (Mercado, 1984),



Figs. 9a-10b. Fig. 9a-9b. *Tetraploa aristata*. Conidios muriformes con apéndices largos. Figs 10a-10b. *Menisporopsis theobromae*. 10a. Seta rodeada de conidióforos sinematosos. 10b. Acercamiento de los conidióforos con conidios.

COSTA RICA, aislado de tallos de caña de azúcar (Morris, 1972). ESTADOS UNIDOS en hojas de *Saccharum officinarum* (Ellis, 1949), en material vegetal sumergido en estuarios (Kirk, 1969; Kirk, 1983), sobre hojas muertas de *Juncus roemerianus* (Fell y Hunter, 1979). JAMAICA (Ellis, 1971). MEXICO sobre hojas de cafeto (Riess et al., 1984). PERU, sobre hojas muertas (Matsushima, 1993). PUERTO RICO, en hojas de *Saccharum officinarum*. REPUBLICA DOMINICANA, en *Saccharum officinarum* (Stevenson y Rands In: Ellis, 1949). VENEZUELA (Ellis, 1971).

Asia y Oceanía: CHINA, en restos de *Bambusa* (Wei y Hwang, In: Ellis, 1949). FIDJI, HONG KONG, INDIA, JAPON, MALASIA, NEPAL, NUEVA BREITANA, NUEVA CALEDONIA, PAKISTAN, FILIPINAS, SABAH (Ellis, 1971). Sin especificar sustrato.

Europa: ALEMANIA, en *Avena pratensis* (Lindau, In: Ellis, 1949). DINAMARCA en paja (Lind, In: Ellis, 1949). HOLANDA, en *Ammophila arenaria* (Lindau In: Ellis, 1949). INGLATERRA, en *Angelica sylvestris*, *Carex paniculata*, *Cladium mariscus*, *Cortaderia selloana*, *Cyperus longus*, *Heracleum sphondylium*, *Phalaris arundinacea* (Stevenson y Trail In: Ellis, 1949), en pasto probablemente *Poa pratensis*, en raíces vivas de pasto, *Phragmites communis*, *Pteridium aquilinum*, rastrojo de trigo (Ellis, 1949). ITALIA, en *Festuca* sp. (Ferraris, In: Ellis, 1949).

Observaciones

Tetraploa aristata es considerada como una especie anfibia, está ampliamente distribuida, tanto en lugares tropicales como de clima templado. Generalmente se encuentra como saprobia, la lista de sustratos de donde se ha aislado incluye una amplia variedad de especies cultivadas (Ellis, 1971). En ecosistemas acuáticos se desarrolla en estuarios y zonas donde hay acumulación de restos vegetales. Se considera que la forma tetraradiada de sus esporas favorece su dispersión por aire y por agua (Ingold, 1966). Recientemente, Scheuer (1991) ha dado a conocer el estado telemórfico de *Tetraploa aristata*, el cual corresponde a *Massarina tetraploa*, un loculoascomicete aislado de hojas de *Carex aculiformis* colectadas en Inglaterra.

OBSERVACIONES GENERALES

De la información recopilada se concluye que todos los hongos estudiados tienen una distribución tropical y que las especies *Beltrania rhombica*, *Chalara alabamensis*, *Ch. urceolata*, *Diplocladiella scalaroides* y *Tetraploa aristata* pueden encontrarse también en zonas de clima templado. Con relación a la afinidad de sustratos en donde se han observado estas especies, todas están asociadas principalmente a restos vegetales. Las especies *Diplocladiella scalaroides*, *Spegazzinia tessartha* y *Tetraploa aristata* suelen presentarse en ambientes acuáticos, su desarrollo en el bosque mesófilo seguramente es favorecido por las altas precipitaciones pluviales que prevalecen en este tipo de vegetación durante casi todo el año.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los micólogos Angel Mercado, Miguel Ulloa, Rafael Castañeda y a los revisores anónimos de Acta Botánica Mexicana la lectura crítica del trabajo, sus comentarios y sugerencias me fueron de gran utilidad. También deseo agradecer al Dr. Roberto Barrios del departamento de microscopía electrónica de la Facultad de Medicina (UNAM), su amable ayuda y colaboración en las observaciones y toma de fotografías al microscopio electrónico.

LITERATURA CITADA

- Akridge, R. E. y R. D. Koehn. 1987. Amphibious hyphomycetes from the San Marcos River in Texas. *Mycologia* 79: 228-233.
- Baker, G. E., P. H. Dunn y W. S. Sakai. 1979. Fungus communities associated with leaf surfaces of endemic vascular plants in Hawaii. *Mycologia* 71: 272-292.
- Bhat, D. J., W. B. Kendrick y Ch. Chien. 1992. Exploration of tropical microfungi: An exercise in diversity. *Trans. Mycol. Soc. Jap.* 33: 135-138.
- Borut, S. Y. y T. W. Johnson, Jr. 1962. Some biological observations on fungi in estuarine sediments. *Mycologia* 54: 181-193.
- Castañeda R., F. 1985. Deuteromycotina de Cuba. Hyphomycetes II. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba. 21 pp.
- Castañeda R., F. 1986a. Fungi Cubenses. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba. 64 pp.
- Castañeda R., F. 1986b. Deuteromycotina de Cuba. Hyphomycetes IV. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba. 17 pp.
- Castañeda R., F. 1987. Fungi Cubenses II. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. "Alejandro de Humboldt", La Habana, Cuba. 22 pp.
- Correa, P. C. 1981. Cuantificación de la producción de hojarasca en un bosque caducifolio de Xalapa, Veracruz, México. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 42 pp.
- Das, A. C. 1963. Ecology of soil fungi of rice fields. Succession of fungi on rice roots. 2. Association of soil fungi with organic matter. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 46(3): 431-443.
- Ellis, M. B. 1949. *Tetraploa*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 32: 246-251.
- Ellis, M. B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Inglaterra. 608 pp.
- Ellis, M. B. 1976. More Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Inglaterra. 507 pp.
- Farr, M. L. 1980. A new species of *Cryptophiale* from Amazonas. *Mycotaxon* 11(1): 177-181.
- Fell, J. W. e I. L. Hunter. 1979. Fungi associated with the decomposition of the black rush, *Juncus roemerianus* in South Florida. *Mycologia* 71: 322-342.
- Harley B. L. 1971. Fungi in ecosystems. *J. Ecol.* 59: 653-668.
- Holubová-Jechová, V. y A. S. Mercado. 1986. Studies on Hyphomycetes from Cuba IV. Dematiaceous Hyphomycetes from the Province Pinar del Rio. *Ces. Mykol.* 40: 142-164.
- Holubová-Jechová, V. y A. S. Mercado. 1989. Hyphomycetes from Loma de la Coca and some localities of La Habana and Matanzas provinces, Cuba. *Acta Botánica Cubana* 76: 1-15.
- Hughes, S. J. 1952. Fungi from the Gold Coast. I. *Mycol. Pap.* 48: 1-91 pp.
- Ingold, C. T. 1966. The tetradial aquatic fungal spore. *Mycologia* 58: 43-56.
- Kiffer, E., H. Puig y G. Kilbertus. 1981. Biodégradation des feuilles d'*Eperua falcata* Aubl. en forêt tropicale humide (Guayane Francaise). *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 18(2): 135-157.
- Kirk, P. W. Jr. 1969. Aquatic hyphomycetes on wood in a estuary. *Mycologia* 61: 177-198.

- Kirk, P. M. 1983. New or interesting microfungi. X. Hyphomycetes on *Laurus nobilis* leaf litter. *Mycotaxon* 18(2): 259-298.
- Kirk, P. M. 1985. New or interesting microfungi XIV. Dematiaceous hyphomycetes from Mt. Kenya. *Mycotaxon* 23: 305-352.
- Kuthubutheen, A. y B. C. Sutton. 1985. *Cryptophiale* from Malaysia. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 84 (2): 303-306.
- Matsushima, T. 1971. Microfungi of the Solomon Islands and Papua-New Guinea. Publicado por el autor. Kobe, Japón. 1-78 pp.
- Matsushima, T. 1975. Icones Microfungorum a Matsushima Lectorum. Publicado por el autor. Kobe, Japón. 1-209 pp.
- Matsushima, T. 1980. Saprophytic microfungi from Taiwan. Part I. Hyphomycetes. *Matsushima Mycological Memories* No. 1: 1-82 pp
- Matsushima, T. 1985. *Matsushima Mycological Memories* No. 4. Publicado por el autor. Kobe, Japón. 1-68 pp.
- Matsushima, T. 1989. *Matsushima Mycological Memories* No. 6. Publicado por el autor. Kobe, Japón. 1-47 pp.
- Matsushima, T. 1993. *Matsushima Mycological Memories* No. 7. Publicado por el autor. Kobe, Japón. 1-75 pp.
- Mena P., J. y A. Mercado. 1987a. Hifomicetes de Topes de Collantes II. Especies enteroblásticas. *Acta Botánica Hungarica* 33: 75-79.
- Mena P., J. y A. Mercado. 1987b. Algunos hifomicetes de las provincias Ciudad de la Habana y La Habana, Cuba. Reporte de Investigación del Instituto de Ecología y Sistemática. No. 17: 1-17pp.
- Mercado, A. 1984. Hifomicetes Dematiáceos de Sierra del Rosario, Cuba. Editorial Academia. La Habana, Cuba. 181 pp.
- Morgan-Jones G. y E. G. Ingram. 1976. Notes on Hyphomycetes. XII. A new species of *Chalara*. *Mycotaxon* 4(2): 489-492.
- Morris, E. F. 1972. Costa Rican hyphomycetes. *Mycologia* 64: 887-896.
- Morris, E. F. 1978. Belizean hyphomycetes. *Mycotaxon* 7(2): 265-274.
- Nag Raj, T. R. y B. Kendrick. 1975. A monograph of *Chalara* and allied genera. Wilfred Laurier Univ. Waterloo. Canadá. 200 pp.
- Nawawi, A. 1987. *Diplocladiella appendiculata* sp. nov. A new aero-aquatic hyphomycete. *Mycotaxon* 28(2): 297-302.
- Nawawi, A. y A. J. Kuthubutheen. 1987. A new species of the genus *Subulispora*. *Mycotaxon* 30: 459-463.
- Padney, R. R. 1990. Succession of microfungi on leaves of *Psidium guajava* L. *Bull. Torrey Bot. Club* 117(2): 153-162.
- Pirozynski, K. A. 1963. *Beltrania* and related genera. *Mycol. Pap.* 90: 1-37 pp.
- Pirozynski, K. A. 1968. *Cryptophiale*, a new genus of hyphomycetes. *Can. J. Bot.* 46: 1123-1127.
- Pirozynski, K. A. 1972. Microfungi of Tanzania. I. Miscellaneous fungi on oil palm. II. New hyphomycetes. *Mycol. Pap.* 129: 1-64 pp.
- Puig, H. y R. Bracho. 1987. Climatología. In: Puig, H. y R. Bracho (eds.). El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Publicación 21. Instituto de Ecología. México, D.F. pp. 39-54.
- Puig, H., R. Bracho y V. J. Sosa. 1987. El bosque mesófilo de montaña: comparación florística y estructura. In: Puig, H. y R. Bracho (eds.). El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Publicación 21. Instituto de Ecología. México, D.F. pp. 55-79.
- Rambelli, A., A. M. Persiani, O. Maggi, D. Lughini, S. Onofri, S. Riess, G. Dowgiallo y G. Puppi. 1983. Comparative studies on microfungi in tropical ecosystems. *Mycological studies in South Western Ivory Coast Forest. Report. No. 1 MAB, UNESCO.* 102 pp.
- Riess, S., A. Rambelli, O. Maggi, A. M. Persiani y S. Onofri. 1984. Studi comparativi sui microfunghi in un agroecosistema a caffè. Publicación del Instituto Italo-Latino Americano. Roma, Italia. 31 pp.

- Scheuer, Ch. 1991. *Massarina tetraploa* sp. nv., the telemorph of *Tetraploa aristata*. *Mycol. Res.* 95: 126-128.
- Shearer, C. A. y S. B. Von Bodman. 1983. Patterns of occurrence of ascomycetes associated with decomposing twigs in a midwestern stream. *Mycologia* 75(3): 518-530.
- Shearer, C. A. y J. Webster. 1985. Aquatic hyphomycete communities in the river Teign. I. Longitudinal distribution patterns. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 84(3): 489-501.
- Sosa, V. J. 1987. Generalidades de la región de Gómez Farías. In: Puig, H. y R. Bracho (eds.). El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas. Publicación 21. Instituto de Ecología. México, D.F. pp. 15-28.
- Sutton, B. C. 1978. New and interesting hyphomycetes from Tampa, Florida. *Mycologia* 70: 784-801.
- Sutton, B. C. y K. A. Pirozynski. 1965. Notes on microfungi. II. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 48(3): 349-366.
- Ulloa, M. 1991. Diccionario ilustrado de micología. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 310 pp.
- Wolf, F. A. 1967. Fungus spores in East African lake sediments. V. *Mycologia* 59: 397-416.

CONIDIAL FUNGI FROM LEAF LITTER IN A MESOPHILIC CLOUD FOREST OF VERACRUZ, MEXICO

GABRIELA HEREDIA
INSTITUTO DE ECOLOGÍA
APARTADO POSTAL 63
XALAPA, VERACRUZ 91000
MEXICO

and

ANGEL MERCADO SIERRA
JULIO MENA PORTALES
INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA
APARTADO POSTAL 8010
LA HABANA 10800
CUBA

ABSTRACT

An account of twenty three species of conidial fungi colonizing decaying leaves of *Liquidambar macrophylla*, *Quercus xalapensis* and *Quercus germana* is presented. Leaf samples were collected from a cloud forest in the state of Veracruz. Field collections were studied using damp chambers. Information about their distribution in the neotropical region and comparative information about their previous substrates is presented.

INTRODUCTION

In the last decades literature concerning with floristic studies of conidial fungi from tropical environments have increased (Rambelli et al., 1983; Mercado-Sierra, 1984; Castañeda-Ruiz & Kendrick, 1990;

Matsushima, 1993). However, the mycota of most of the tropical regions is still largely unknown.

The saprobic microfungi of mexican forests, are as yet, poorly known. Because of its geographic location, Mexico is a transition area between the nearctic and the neotropical regions. Among the mexican vegetation types included in the neotropical region are the cloud forests, which have a mixture of tropical and temperate tree species (Puig, et al. 1987).

Due to their special climatic features and their high leaf litter accumulation on the forest floor, cloud forests are exceptional ecosystems for the study of leaf litter fungi. Recently initial survey have been conducted to characterize the hyphomycete flora associated with leaf litter and to assess species dominance and succession during the process of leaf decomposition (Heredia, 1993, 1994) in cloud forest.

Presently most of the cloud forests in Mexico have been cleared. In the state of Veracruz this vegetation type remains only in very few scattered patches (Castillo-Campos, 1991), and thus, are vestigages of an endangered habitat.

This contribution is intended to provide new information on host associations and fill previous gaps in distributional knowledge of hyphomycetes in forests of the neotropical region.

STUDY AREA

The study area is located in a forest adjacent to Xalapa, within the Rancho Guadalupe at the 2.5 km on the old road Xalapa-Coatepec (19° 21'N, 96° 57'W), and at an altitude of 1225m. The annual mean temperature is 18.4°C, with a total annual rain-fall of 1957 mm, and mean annual relative humidity above 80%.

The canopy and subcanopy are composed of the following dominant trees; *Liquidambar macrophylla* Oersted, *Carpinus caroliniana* Walter, *Quercus germana* Cham. & Sch. and *Q. xalapensis* Humb.. Litterfall biomass is estimated at 9.2 ton/ha/year, with leaves being the main component of the litter. The species with the greatest contributions to the forest litter are *L. macrophylla*, *C. caroliniana*, *Q. germana* and *Q. xalapensis* (Correa, 1981).

MATERIALS AND METHODS

Collections of leaf litter of *Liquidambar macrophylla*, *Quercus germana* and *Q. xalapensis* were made at different seasons during 1990-1994. Leaf disks were incubated in damp chambers at 25-28°C. Microscopic examination was made after 6-15 days. Permanent slides were mounted in polyvinyl alcohol. Specimens are deposited in the Herbarium of the Instituto de Ecología of Xalapa (XAL). Species are listed in alphabetical order, those preceded by an asterisk are new records for Mexico.

DESCRIPTION OF SPECIES

* *Anungitea fragilis* Sutton, 1973, Mycological Papers 132:10-13.

Conidiophores erect, straight, smooth, pale brown to mid brown, 2-4 septate, 37 μm long x 2-4 μm wide at the base. *Conidiogenous cells* polyblastic, integrated, swollen apically with denticles, 9-17 μm x 2-3.5 μm wide. *Conidia* catenate, cylindrical, formed in short unbranched chains, very pale, 1-septate, smooth, with scars at each end, 9-11 μm long x 1-1.9 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla* and *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB6071* 30 Apr. 1993. *G. Heredia CB608XAL/* 20 Dec. 1991.

Although our conidial measurements are somewhat smaller than those of Sutton (1973), other characteristics of the xalapan specimens, including the unbranched acropetal conidia chains, agree with the type description.

The species is known from different kinds of plant debris, it has been collected mainly in temperate biomes (Kirk, 1982a, 1982b, 1983), and seems to be wide spread throughout the American continent, being known from Canada (Sutton, 1973) and from the antarctic region of Argentina (Gamundí et al., 1977). This report, together with that from Hawaii (Kirk, 1982a) indicate that this fungus also has tropical affinities.

* *Ceratosporella deviata* Subram., 1957, Proc. Indian Acad. Sci., Sect. B. 46: 327.

Conidiophores cylindrical, dark brown, septate, up to 255 μm long x 5-10 μm wide at the base. *Conidiogenous cells* doliiform 17-20 μm long x 2.5 μm wide. *Conidia* mid brown, basal cell pyriform, 10-13 μm long x 5-8 μm thick in the broadest part, 2-3 μm at the base and 2 divergent arms, subulate, 4-7-septate, up to 60 μm long x 5-6 μm at the base.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB 602XAL/* 20 Dec. 1991,

All the conidia observed have 2 arms, this feature resembles *C. novae-zelandiae* Hughes and *C. bicornis* (Morgan) Hohnel, however, the morphology and measurements of the conidiophores and conidia match perfectly with *C. deviata* (Ellis, 1976).

Reports of this species are rare, being known from original locality, India, on dead leaf bases of *Raphiostyles sapida* (Ellis, 1976). This appears to be the first record for the neotropical mycoflora.

* *Dactylella ellipsozona* Grove, 1886, J. Bot., Lond. 24:200.

Conidiophores simple, hyaline up to 250 μm x 3.5-5 μm wide at the base. *Conidia* fusiform, distally rounded, proximally attenuated, hyaline, 4-septate, median cell largest, 39-45.5 μm long x 9-15 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB586XAL/* 1 Feb. 1992.

This species is a nematode-capturing fungus (Drechsler, 1937). The xalapan specimens agree in all respects with previous accounts (Cooke, 1964; Matsushima, 1971). It has been collected from forest litter from Asia (Matsushima, 1971, 1975, 1980). In the neotropical region had been reported before from Peru, on decaying palmae-petioles and tree leaves (Matsushima, 1993).

* *Dictyochaeta assamica* (Agnihotrudu) Arambarri, Cabello & Mengascini, 1987, Mycotaxon 29: 29-35.

Setae erect, straight or slightly curved, smooth, dark brown, up to 300 μm long, 4-6 above the base, tapering to about 2-3 μm in the apical region. *Conidiophores* erect, unbranched, arising in groups of up to 5, brown at the base, 3-6 septate, 40-108 μm long x 3-5 μm wide above the swollen base. *Collarettes* terminal and lateral, funnel-shaped, thin-walled, 1.5-4 μm wide and 1-2 deep. *Conidia* hyaline, curved, non-septate, 12-17 μm long x 1.5-2.5 μm , with a setula at each end of the conidia, 5-10 μm long.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. G. Heredia CB573XAL/ 19 Sept. 1991.

Known from various kinds of plant debris. Most of the records for this species are confined to the palaeotropical region (Hughes & Kendrick, 1968; Ellis, 1971; Kuthubutheen & Nawawi, 1991). In the Northeastern of Mexico it was collected before on green and decaying leaves from a cloud forest (Heredia, 1993).

* *Dictyochaeta simplex* (Hughes & Kendrick) Hol-Jech., 1984, Folia Geobot. Phytotax. 19:434.

Setae absent. *Conidiophores* unbranched, straight, cylindrical, pale brown to brown, septate, up to 100 μm long x 2.5-5 μm wide. *Collarettes* funnel-shaped, subhyaline to pale brown, 2-4 μm wide and 2-2.5 μm deep. *Conidia* hyaline, curved, aseptate, fusiform, 11-18 μm long x 1.5-2.5 μm wide at the broadest part, setulae at both ends, 5-8 μm long.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. G. Heredia CB574XAL/ 21 Sep. 1991.

This species is widespread on decaying leaves of various plants from tropical and temperate biomes (Mouchacca and Zucconi, 1994). In Mexico *D. simplex* has been isolated also in decaying *Quercus* leaves from a cloud forest in Tamaulipas state (Heredia, 1993). *Dictyochaeta coffeae* was described by Maggi and Persiani (1984) near the study area. Both species are very close, but differ in the conidia shape and size.

For the neotropical region, reports exist from Brazil, on *Eucalyptus* leaves (Sutton & Hodges, 1975) and from Cuba on a dead leaf of *Calophylla antillanum* (Castañeda, 1986).

* *Dictyosporium heptasporum* (Garov.) Damon, 1952, Lloydia 15:118

Colonies effuse, blackish brown. *Hyphae* pale brown, 2-4 μm in diam. *Conidia* olivaceous brown, broadly ellipsoidal, not flattened, 41-55 μm long x 16-22 μm wide at the broadest part, consisting of 7 rows, each row with an incurved hooked end, cells 5- μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. G. Heredia CB606XAL/ 17 Aug. 1992.

Conidial dimensions of xalapan material are smaller than those reported in the literature (Ellis, 1971; Matsushima, 1971, 1993) excepting Matsushima (1980).

This species has been recorded mainly from the tropics, isolated from air and a wide variety of plant debris (Ellis, 1971). Known in the neotropical region from Costa Rica on bark (Morris, 1972), Belize, on dead woody branch (Morris, 1978), Cuba, on dead petioles of *Roystonea regia* and dead branches (Holubová-Jechová, 1989; Mercado-Sierra, 1984) and from Peru and Ecuador, on decaying banana leaves and Palmae-petioles (Matsushima, 1993).

**Gonytrichum macrocladum* (Sacc.) Hughes, 1951, Trans. Br. mycol. Soc. 34: 565-568.

Conidiophores simple, erect, pale brown, up to 340 μm long x 7-11 μm at the base, 4-6 μm thick above the base, tapering subulately, 1-2.5 μm wide at the apex. Conidiogenous cells phialidic, subulate, subhyaline-pale brown, borne directly on the conidiophore in whorls of 3-5, 10-15 μm long x 2-3 μm wide. *Conidia* ellipsoidal or subspherical, pale, 2-4 μm long x 1-2 μm wide, accumulating in a slimy masses.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB547XAL* 17 Aug. 1992.

The conidiophores of the xalapan material did not have apical setae, which are not always produced in this species (Hughes, 1951). Shape and size of the conidiophores and conidiogenous cells agreed with the original description, but conidia were slightly smaller.

This is a widespread species isolated from soil and plant debris (Hughes, 1951). Reports for the neotropical mycoflora come from Cuba, on dead rotten trunk of *Ficus* sp (Holubová-Jechová & Mercado-Sierra, 1984), Jamaica (Ellis, 1971), and Panama, isolated from soil (Farrow, 1954).

* *Gyrothrix circinata* (Berk. & Curt.) Hughes, 1958, *Canad. J. Bot.* 36:771.

Setae numerous, intertwined, thick-walled, dark brown, rough, circinate, 2-4 times branched, 90-125 μm long x 4-5 μm wide at the base. *Conidiogenous cells* obclavate, subhyaline 6-8 μm long x 2.5-4 μm at the base. *Conidia* fusoid, slightly curved, hyaline, 10-13 μm x 1-1.5 μm .

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico, *G. Heredia CB592XAL* 10 Dec. 1991.

This species is wide spread, mainly in tropical biomes (Pirozynski, 1962, Matsushima 1980). Neotropical specimens have been reported from Belize (Morris, 1978) and Cuba frequently growing on dead palmar-leaves and petioles (Mercado-Sierra, 1984; Holubová-Jechová & Mercado-Sierra-Sierra, 1989).

* *Helicosporium griseum* Berk. & Curt., 1874, *Grèvillea* 3:51.

Colonies cottony, pale pinkish-grey. *Conidiophores* forming networks, up to 200 μm long x 5-6 μm at the base. *Conidia* hyaline, helically coiled 3-3.5 times, borne on denticles 5-6 μm x 2 μm , coiled conidia 17-21 μm in diam., filaments 1-2 μm in diam.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB591XALI* 25 Mar. 1992,

This species has been isolated from decaying wood and plant litter from tropical and temperate biomes (Goos, 1989; Matsushima, 1971). In the neotropical region it has been reported from Cuba, on the petiole of a dead leaf of *Roystonea regia* (Mercado-Sierra, 1984).

* *Helicosporium virescens* (Pers.) Sivanesan, 1984, Bitunicate Ascomycetes. 591-592. State of *Tubeufia cerea* (Berk. & Curt.) Booth, 1964, Mycol. Pap. 94:11-13.

Conidiophores 96-210 μm long x 4-5 μm at the base. *Conidia* hyaline, greenish yellow in mass, helically coiled 2-times, 13-15 μm diam, with filaments 1 μm in diam.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB590XALI* 16 Jul. 1991.

Ellis (1971) referred to this species as common on dead wood and bark lying on the ground. It has been reported mainly in temperate areas. Collections from Guyana (Goos, 1989) and this report extend its distribution to the neotropical region.

* *Isthmotricladia gombakiensis* Nawawi, 1975, Trans. Br. mycol. Soc. 64: 243-246.

Conidia very pale 4-6-radiate, with a main axis, 18-22 μm long x 2-3 μm wide at the apex, tapering gradually at the base. The arms are fusiform, 62-83 μm long x 4-5 μm at the widest point, 8-13 septate. Isthmus, 3-5 μm long x 1.5-3 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB593XALI* 25 Mar. 1992.

We were unable to find conidiophores in our specimens. According to the original description, conidiophores are indistinguishable from the somatic hyphae and deficient (Nawawi, 1975). A characteristic of "terrestrial aquatic fungi" is that they often have micronematous conidiophores or lack conidiophores (Ando, 1992).

This species has been scarcely reported. The type specimen is from Malaysia found in foam and scum samples collected on Gomabak River (Nawawi, 1975). Later it was isolated from dead leaves of *Clusia minor*, from Cuba (Matsushima, 1985).

* *Nakataea fusispora* (Matsushima) Matsushima, 1975, Icones microfungorum a Matsushima lectorum, Kobe: 100.

Conidiophores unbranched, straight, pale brown, smooth, 38-47 μm long x 3-5 μm wide at the base. *Conidiogenous cells* polyblastic, integrated, sympodial, denticulate. *Conidia* solitary, dry, verrucose, fusiform, 3-septate, the cell at each end hyaline or very pale brown, intermediate cells pale to mid-pale brown, 25-30 μm long x 4-5 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB594XAL/* 20 Dec. 1991.

This species has been isolated from soil and different types of dead leaves from the oriental and australian regions (Matsushima, 1971, 1975; Mouchacca, 1990). In the neotropical region has been reported from Cuba, on dead leaves of *Jambosa vulgaris* (Castañeda-Ruiz & Kendrick, 1990) and from Peru and Ecuador, on decaying palmae-petioles and decaying leaves (Matsushima, 1993).

Pithomyces chartarum (Berk. & Curt.) M. B. Ellis, 1960, Mycol. Pap. 76:13-15.

Conidiophores pale olive, 2-3 μm thick. *Conidia* broadly ellipsoidal, with 3 transverse septa and one longitudinal which divides the middle cells, mid to dark brown, verrucose, 17-26.5 μm long x 10-13 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB597XAL/* 13 Jul. 1993.

This ubiquitous cosmopolitan fungus has been isolated from soil, air and plant debris (Ellis, 1971). From the neotropical mycoflora, it has been isolated from soil in Honduras (Goos, 1963), and in Belize, from dead herbaceous stems (Morris, 1978). In Mexico, it was collected before on leaf litter from a coffee plantation (Onofri, 1984).

* *Pithomyces maydicus* (Sacc.) M.B. Ellis, 1960, Mycol. Pap. 76:15.

Conidia broadly ellipsoidal, with 2 transverse septa and one longitudinal which divided the middle cell, mid to dark brown, verrucose, 15-18 μm long x 8-10 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla* and *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB595XAL* 15 Oct. 1993; *G. Heredia CB596XAL* 15 Oct. 1993.

Common on plant debris and soil, with a wide distribution mainly in tropical biomes (Ellis, 1971; Matsushima, 1975, 1980, 1981, 1989). Although it might be wide-spread in the neotropics, there are only few reports from Guyana, Jamaica and Costa Rica (Ellis, 1971; Bills & Polishook, 1994).

Selenosporella curvispora MacGarvie, 1968, Scient. Proc. R. Dubl. Soc., Ser. B, 2(16): 153-158.

Conidiophores erect, straight, with branches arising along the axis, dark brown at the base, mid brown at the apex, up to 230 μm long x 8-12 μm thick at the base. *Conidiogenous cells* hyaline, polyblastic, flask shaped, apically swollen and finely denticulate, arising either directly from the conidiophore axis or from branches, 8-13 μm long x 3-4.5 μm wide at the base. *Conidia* fusiform, with a sharply pointed apex, smooth, hyaline, slightly curved, non-septate, 5-8 μm long x 0.5-0.8 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB598XALI/30* Apr. 1993.

This fungus is associated with many species of decaying leaves. It is known from the Palearctic and Oriental regions (Ellis, 1971; Matsushima, 1975; Kirk, 1982a; Matsushima, 1989) but has been scarcely recorded from the neotropical mycoflora. In Mexico, it was collected, colonizing *Coffea arabica* leaf litter (Maggi & Persiani, 1990).

* *Spegazzinia deightonii* (Hughes) Subram., 1956, J. Indian bot. Soc. 35:78.

Conidiophores with *a* conidia up to 185 μm long x 2 μm thick at the base, 3-5 μm at the apex. *Conidia*: *a* conidia divided into 8 subglobose cells, dark brown, with spines, 19-21 μm diam. excluding spines which are up to 6 μm long; *b* conidia ellipsoidal, lobulate, flattened in one plane, pale to mid brown, muriform, 8-celled, 17-20 μm long x 14- 15 μm wide, a small denticle remains attached to one side of the base of the conidia.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB582XALI/9* May. 1992.

Conidiophores with *b* conidia were not found. Size of *b* conidia are smaller than the reported in literature (Ellis, 1971). However the peculiar morphology of this species makes it unmistakable. This species is known mainly in tropical biomes. In the neotropical region it has been reported in Puerto Rico (Ellis, 1971), and Cuba on leaves of *Andropogon glomeratus* (Mercado-Sierra, 1984). Up to now, most of its known substrates were monocots (Hughes, 1953).

* *Sporidesmium filiferum* Pirozynski, 1972, Mycol. Pap. 129: 55-57.

Conidiophores straight, septate, 51-63 μm long x 4-5 wide, with 0-5 annellations. *Conidia* pale brown, obclavate, truncate at the base, 6-7 septate, 26-37 μm long x 8-9 μm thick at the widest part, 3-5 μm wide

at the base. Terminal hyaline appendage up to 70 μm long, most of the spores without the appendage.

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB58IXAL/* 15 Feb. 1993.

Very few of the spores observed have appendages, but Matsushima (1983) noted that the appendages are frequently lost after maturation.

This fungus is associated with different decaying leaves. Previous records suggest that it is a tropical fungus (Pirozynski, 1972; Matsushima, 1983, 1989). This is the first record for the neotropical mycoflora.

* *Tetracoccusporium aerium* Misra & P. Srivastava, 1976, *Mycotaxon* 4(1):276-278.

Mycelium subhyaline, hyphae 1-2 μm diam. *Conidiophores* light brown, smooth, 1-septate, with the septum near the apex, 5-9 μm long x 1.5-2 μm wide. *Conidia* acrogenous, sphaerical or ellipsoidal, divided, cruciately, dark brown minutely, verruculose, 4-celled, 9-10 μm diam. x 7-10 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus germana*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB575XAL/* 21 May 1991.

The type species was isolated from air (Misra & Srivastava, 1976) in India. This represents the first record for the neotropical mycoflora.

* *Teratosperma singulare* Sydow, 1909, *Annls mycol.* 7:172-173.

Hyphae 2-3 μm thick. *Conidiophores* straight, pale to mid brown, 19-26 μm x 6-8 μm wide. *Conidiogenous cells* integrated, terminal, percurrent. *Conidia* acrogenous, appendiculate, mid to dark brown, obclavate, truncate at the base, 8-9-septate, 100-126 μm long x 15-17 μm wide in the broadest part, 7-9 μm wide at the base; 1-3 lateral appendages

arising from the proximal cell, subulates, 0-3 septate, up to 59 μm long x 5-7 μm wide at the broadest part.

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. G. Heredia CB601XAL/ 8 Feb. 1994.

Teratosperma singulare has been scarcely reported, records are from Japan, on leaves of *Ulmus* and on bark and dead log of *Fagus crenata* (Ellis, 1971; Matsushima, 1975). This is the first record for the neotropical mycoflora.

* *Tiramulispora gracilis* Matsushima, 1975, Icones Microfungorum a Matsushima Lectorum. p. 158.

Conidia very pale, with a main axis and three arms obclavate. Main axis 2-3-septate, 25.5-27.5 μm long x 2-3 μm at the widest part, base truncate, 1-1.5 μm wide. Arms hyaline, 0-3 septate, 12-18 μm long x 1.5-2 μm at the widest part, tapering distally, connected to the main axes by a very narrow filament 0.5-1 μm long x 0.5 μm wide, imperceptible in some conidia.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. G. Heredia CB610XAL/ 1 Feb. 1992.

Conidia shape in our specimens are quite similar to that of the type description (Matsushima, 1975). Dimensions of the main axis and arms are smaller. This species was described from decaying leaves collected in Japan. Apparently this is the first record for the neotropical mycoflora.

* *Tripospermum myrti* (Lind) Hughes, 1951, Mycol. Pap. 46:17-18

Hyphae pale brown, 2.5-5 μm in diam., cells doliiform. *Conidiophores* straight, unbranched, medium brown, up to 50 μm long x 4-9 μm wide. *Conidia* with stalk cell 6-8 μm long x 4-6 μm wide, arms up to 25 μm long x 6-7 μm wide at the base, tapering 1-3 μm , 2-3-septate constricted at the septa.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB600XAL/* 13 Jul. 1993.

Known from different types of plant debris, in both tropical and temperate biomes (Ellis, 1971; Matsushima, 1971; Matsushima, 1980). In Mexico it has been collected before on green leaves of *Quercus* and *Liquidambar* (Heredia, 1993) from Tamaulipas state.

Ulocladium atrum Preuss, 1852, Linnaea 25:75

Conidia dark reddish brown, verrucose, cruciately septate, ellipsoidal, 10-20 μm long x 8-12 μm wide, or subspherical, 12-16 μm diam..

Material examined. On decaying leaves of *Liquidambar macrophylla*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB611XAL/* 13 Jul. 1993.

Ulocladium atrum is common on dead wood, stems, soil, seeds and leaves of many different plants (Ellis, 1971). It is a cosmopolitan species. Although it has scarcely been recorded, it is surely widespread in the neotropical region. Near our collecting area, it was isolated from rhizosphere soil from a coffee plantation (Persiani & Maggi, 1988).

* *Veronaea coprophila* (Subram. & Lodha) M. B. Ellis, 1964, Antonie van Leeuwenhoek 30:317-319

Conidiophores straight, medium to dark brown, apex with small, flat scars, up to 280 μm long x 3-4 μm wide. *Conidia* pale brown, smooth, cylindrical rounded at the apex, conico-truncate at the base, 1-septate, smooth, 8-12 μm long x 3-4 μm wide.

Material examined. On decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Rancho Gpe., Xalapa, Ver., Mexico. *G. Heredia CB572XAL/* 21 Mar. 1991.

This species was first isolated from goat dung from India (Ellis, 1971). Close to our collecting localities, a *Veronaea* sp. has been isolated

from leaf litter and rhizosphere soil (Onofri, 1984; Persiani & Maggi, 1988).

BIOGEOGRAPHIC OBSERVATIONS

Most of the species listed above have been reported from other plant host and many have widespread geographic distributions, therefore indicating they are generalist with regard to host specificity. However, these fungi may exhibit a degree of specialization for the stage of the decomposition at which their conidiophores develop.

Several species among these fungi could be considered "terrestrial aquatic hyphomycetes" (Ando, 1992) because they have modified conidial appendages or arms like Ingoldian hyphomycetes. The frequency of hyphomycetes with these specialized conidial forms may be an adaptation to local dispersion in the cloud forest environment with its constant elevated relative humidity and persistent films of water on surfaces of the vegetation.

Of the species presented above, most of them have geographic distributions with tropical affinities; 13 species are generally restricted to the tropics, 10 are from both tropical and temperate biomes, but none are species restricted to temperate climates. Considering that the mesophilic forest of Veracruz consist of both tropical and temperate tree genera, then a similar mixture of temperate and tropical decomposer hyphomycetes, as we have observed, would be expected. Continued explorations of the communities of microfungi on other plant-related substrata in the mesophilic cloud forest is needed to understand biogeographic patterns of fungi in this unique, but receding habitat.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to acknowledge the CONABIO (Comisión Nacional para el Estudio y Uso de la Biodiversidad) from Mexico for the financial support, to carrying out this study (Grant PO30) and to the Biol. Greta Rosas Saito for technical assistance. We extend special thanks to Gerald Bills for reviewing the manuscript and his valuable comments and suggestions.

REFERENCES

- Ando, K., 1992. A study of terrestrial aquatic hyphomycetes. *Trans. mycol. Soc. Japan* 33: 415-425.

- Bills, G., and J. Polishook, 1994. Abundance and diversity of microfungi in leaf litter of a lowland rain forest in Costa Rica. *Mycologia* 86: 187-198.
- Castañeda-Ruiz, R. F., 1986. *Deuteromycotina de Cuba. Hyphomycetes II*. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". 23pp.
- Castañeda-Ruiz, R. F. and B. Kendrick, 1990. *Conidial Fungi from Cuba: I*. University of Waterloo Biology Series 32. 53p.
- Castillo-Campos, G., 1991. *Vegetación y flora del municipio de Xalapa, Veracruz, México*. Instituto de Ecología. Pub. 30. 148p.
- Cooke, R. C., 1964. A key to the nematode-destroying fungi. *Trans. Brit. mycol. Soc.* 47: 61-74.
- Correa, P. C., 1981. *Cuantificación de la producción de hojarasca en un bosque caducifolio de Xalapa, Veracruz, Mexico*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. México, D. F. 42p.
- Drechsler, C., 1937. Some hyphomycetes that prey on free-living terricolous nematodes. *Mycologia* 29: 447-552.
- Ellis, M. B., 1971. *Dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England. 608p.
- Ellis, M. B., 1976. *More dematiaceous hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew, England. 507p.
- Farrow, W. M., 1954. Tropical soil fungi. *Mycologia* 46: 632-646.
- Gamundi, J., A. M. Arambarri and A. Giaiotti, 1977. Micoflora de la hojarasca de *Nothofagus dombeyi*. *Darwiniana* 21: 81-114.
- Goos, R. D., 1963. Further observations on soil fungi in Honduras. *Mycologia* 55: 142-150.
- Goos, R. D., 1989. On the anamorph genera *Helicosporium* and *Drepanospora*. *Mycologia* 81: 356-374.
- Heredia, G., 1993. Mycoflora associated with green leaves and leaf litter of *Quercus germana*, *Quercus sattorii* and *Liquidambar styraciflua* in a mexican cloud forest. *Cryptogamie Mycol.* 14: 171-183.
- Heredia, G., 1994. Hifomicetes dematiaceos en bosque mesófilo de montaña. Registros nuevos para México. *Acta Botánica Mexicana* 27: 15-32.
- Holuvobá-Jechová, V. and A. Mercado-Sierra-Sierra, 1984. Studies on hyphomycetes from Cuba II. Hyphomycetes from the Isla de la Juventud. *Ceska Mycologie* 38: 96-120.
- Holuvobá-Jechová, V. and A. Mercado-Sierra-Sierra, 1989. Hyphomycetes from Loma de la Coca and some localities of La

- Habana and Matanzas provinces, Cuba. *Acta Botánica Cubana* 76: 1-15.
- Hughes, S. J., 1951. *Stachylidium, Gonytrichum, Mesobotrys, Chaetopsis* and *Chaetopsella*. *Trans. Br. mycol. Soc.* 34: 565-568.
- Hughes, S. J., 1953. Fungi from the Gold Coast. II. *Mycol. Papers* 50: 65-66.
- Hughes, S. J., 1978. New Zealand fungi 25. Miscellaneous species. *New Zealand J. of Bot.* 16: 311-370.
- Hughes, S. J., and W. B. Kendrick, 1968. New Zealand fungi 12. *Menispora, Codinaea, Menisporopsis*. *New Zealand J. of Bot.* 16: 311-370.
- Kirk, P. M., 1982a. New or Interesting Microfungi IV. Dematiaceous hyphomycetes from Devon. *Trans. Br. mycol. Soc.* 78: 55-74.
- Kirk, P. M., 1982b. New or interesting microfungi V. Microfungi colonizing *Laurus nobilis* leaf litter. *Trans. Br. mycol. Soc.* 78: 293-303.
- Kirk, P. M., 1983. New or interesting microfungi X. Hyphomycetes on *Laurus nobilis* leaf litter. *Mycotaxon* 28: 259-298.
- Kuthubutheen, A. J., and A. Nawawi, 1991. *Dictyochoaeta guadalcanalensis* comb. nov. and several new records of the genus in Malaysia. *Mycol. Res.* 95: 1220-1223.
- Maggi, O., and A. M. Persiani, 1984. *Codinaea coffeae* and *Phialocephala xalapensis*, two new hyphomycetes from Mexico. *Mycotaxon* 20: 251-258.
- Maggi, O., and A. M. Persiani, 1990. Le comunità fungine della lettiera di *Coffea arabica* in Messico. *Mycologia Helvetica* 3: 385-395.
- Matsushima, T. 1971. *Microfungi of the Solomon Islands and Papua-New Guinea*. Published by the author. Kobe, Japan. 78 p.
- Matsushima, T. 1975. *Icones Microfungorum a Matsushima Lectorum*. Published by the author. Kobe, Japan. 209 p.
- Matsushima, T. 1980. *Saprophytic microfungi from Taiwan*. Part 1. Hyphomycetes. *Matsushima Mycological Memories* No. 1. Published by the author. Kobe, Japan. 82p.
- Matsushima, T. 1981. *Matsushima Mycological Memories* No. 2. Published by the author. Kobe, Japan. 68p.
- Matsushima, T. 1983. *Matsushima Mycological Memories* No. 3. Published by the author. Kobe, Japan. 89p.
- Matsushima, T. 1985. *Matsushima Mycological Memories* No. 4. Published by the author. Kobe, Japan. 68p.
- Matsushima, T. 1989. *Matsushima Mycological Memories* No. 6. Published by the author. Kobe, Japan. 100p.

- Matsushima, T. 1993. *Matsushima Mycological Memories No. 7*.
Published by the author. Kobe, Japan. 75p.
- Mercado-Sierra, A., 1984. *Hifomicetes Demaciáceos de Sierra del Rosario, Cuba*. Editorial Academia. La Habana, Cuba, 181 pp.
- Misra, P. C., and P. Srivastara, 1976. A new species of *Tetracoccosporium*. *Mycotaxon* 4: 276-278.
- Morris, E. F., 1972. Costa Rican Hyphomycetes. *Mycologia* 64: 887-896.
- Morris, E. F., 1978. Belizean fungi. *Mycotaxon* 7: 265-274.
- Mouchacca, J., 1990. Champignons de Nouvelle-Calédonie I. Quelques Dématiées intéressantes de litière forestière. *Persoonia* 14: 151-160.
- Mouchacca, J., and Zucconi, L., 1994. Fungi of New Caledonia III, Some interesting dematiaceous hyphomycetes from leaf litter. *Cryptogamie Mycol.* 15: 27-38.
- Nawawi, A., 1975. Another hyphomycetes with branched conidia. *Trans. Br. mycol. Soc.* 64: 243-246.
- Onofri, S., 1984. Analisi micologica della lettiera. In: Riess, S., A. Rambelli, O. Maggi, A. M. Persiani & S. Onofri (eds.). *Studi comparativi sui microfunghi in un agroecosistema a caffè*. Pubblicazione dell'instituto italo-latino americano. 31p.
- Persiani, A. M., and O. Maggi, 1988. Fungal communities in the rhizosphere of *Coffea arabica* L. in Mexico. *Micologia Italiana* 2: 21-37.
- Pirozynski, K. A., 1962. *Circinotrichum* and *Gyrothrix*. *Mycol. Papers* 84: 12-13.
- Pirozynski, K. A., 1972. Microfungi of Tanzania. I. Miscellaneous fungi on oil Palm. II. New hyphomycetes. *Mycol. Papers* 129: 64 pp.
- Puig, H., R. Bracho and V. Sosa, 1987. El bosque mesófilo de montaña: composición florística y estructura. In: H. Puig & R. Bracho (eds). *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas*. México, Instituto de Ecología Pub. 21: 55-79.
- Rambelli, A., A. M. Persiani, O. Maggi, D. Lunghini, S. Onofri, S. Riess, G. Dowgiallo and G. Puppi., 1983. *Comparative studies on microfungi in tropical ecosystems. Mycological studies in South Western Ivory Coast forest*. M.A.B. UNESCO, Rome, Italy. 30p.
- Sutton, B. C., 1973. Hyphomycetes from Manitoba and Saskatchewan, Canada. *Mycol. Papers* 132: 1-143.
- Sutton, B. C., and C. J. Hodges Jr., 1975. Eucalyptus microfungi. *Codinaea* and *Zanclospora* species from Brazil. *Nova Hedwigia* 26: 517-525.

ESPECIES DE *BIPOLARIS* Y *CURVULARIA* HALLADAS SOBRE HOJAS DE *QUERCUS* Y *LIQUIDAMBAR* EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

por Julio Mena-Portales¹,
Gabriela Heredia-Abarca² y
Ángel Mercado-Sierra¹.

SPECIES OF *BIPOLARIS* AND *CURVULARIA* ON LEAVES OF *QUERCUS* AND *LIQUIDAMBAR* FROM THE STATE OF VERACRUZ, MÉXICO

ABSTRACT

Four species of *Bipolaris* and six of *Curvularia* are described and illustrated. Fungi were collected from green leaves and leaf litter of *Quercus germana*, *Q. xalapensis* and *Liquidambar macrophylla* from a cloud forest of the State of Veracruz, México. Taxonomic keys are presented, and aspects of their taxonomy, distribution and phytopathological importance are included.

KEY WORDS: Hyphomycetes; *Curvularia*; *Bipolaris*; leaves-fungi.

RESUMEN

Se describen e ilustran cuatro especies de *Bipolaris* y seis especies de *Curvularia* halladas en hojas vivas y hojarasca de *Quercus germana*, *Q. xalapensis* y *Liquidambar macrophylla* de un bosque mesófilo del estado de Veracruz, México. Se presentan claves para la identificación de las especies de cada uno de estos géneros, y se comentan diferentes aspectos sobre su taxonomía, distribución geográfica y fitopatología.

PALABRAS CLAVE: Hyphomycetes; *Curvularia*; *Bipolaris*; hojas-hongos.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los representantes de los géneros *Bipolaris* Shoemaker y *Curvularia* Boedijn son hongos que se desarrollan sobre diferentes tipos de gramíneas, aunque existen algunas especies plurivoras que se hallan sobre muy variados tipos de plantas y sustratos. Las especies de estos géneros tienen sus estados sexuales ubicados en el género de ascomicetes bitunicados *Cochliobolus* Drechsler. Esta relación, unida a la afinidad morfológica que presentan, ha

¹ Instituto de Ecología y Sistemática, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Apdo. Postal 8010, CP 10800, Ciudad de La Habana, Cuba.

² Instituto de Ecología, Apdo. Postal 63, Xalapa, 91000, Veracruz, México.

Recibido: 4 de julio, 1995. Aceptado: 30 de agosto, 1995.

Solicitud de sobretiros: Gabriela Heredia-Abarca².

provocado que algunos autores como Alcorn (1983, 1988) y Sivanesan (1987) hayan expresado la posibilidad de que ambos sean congénéricos. En la actualidad, *Bipolaris* y *Curvularia* se continúan diferenciando fundamentalmente por su morfología conidial. Las especies de *Bipolaris* generalmente tienen conidios pálidos, multiseptados, rectos o curvos, sin presentar abultamientos en sus células, mientras que los conidios de las especies de *Curvularia*, son casi siempre más pigmentados, con menor cantidad de septos, principalmente curvos y con una de sus células abultada y más oscura con respecto a las otras.

Dentro de ambos géneros se incluyen especies de importancia fitopatógena por ocasionar manchas foliares, tizones, pudrición de raíces y daños a semillas (Agrios, 1978; Stack, 1992). Se conoce una amplia diversidad de hospederos para estos patógenos; Farr *et al.* (1989) registran 45 géneros diferentes de pastos para *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. [Telomorfo: *Ochliobolus sativus* (Ito y Kurib) Dreschs. ex Dastur]. Debido a la incidencia de estos hongos en plantas de interés económico, se le ha dado mayor atención al conocimiento de hospederos de importancia agrícola y se ha explorado muy poco la presencia de estos organismos en áreas con vegetación primaria.

Junto con especies de los géneros *Cladosporium* Link, *Alternaria* Nees ex Fr., *Epicoccum* Link ex Fr. y *Nigrospora* Zimmerm., las especies de *Curvularia* son consideradas como organismos saprobios primarios, los cuales generalmente proliferan a medida que las hojas envejecen. Sus esporas se acumulan en la superficie foliar y permanecen latentes hasta la muerte de los tejidos vegetales. Por lo general los saprobios primarios son especies colonizadoras en la mayoría de los tejidos foliares senescentes de árboles caducifolios, arbustos y hierbas (Hudson, 1968). Cuando las hojas caen al mantillo, tanto las condiciones ambientales como biológicas que las rodean sufren modificaciones; dichos cambios afectan el desarrollo de los hongos saprobios primarios, que son reemplazados por otras especies fúngicas capaces de sobrevivir a las nuevas condiciones ambientales y nutritivas del tejido vegetal (Jensen, 1974). Las diferentes especies que participan durante la descomposición de las hojas de especies caducifolias en ecosistemas naturales han sido registradas principalmente para áreas templadas (Visser y Parkinson, 1975; Watson *et al.*, 1974). Para bosques tropicales y semitropicales son pocos los trabajos que han explorado este aspecto (Kiffer *et al.*, 1981; Heredia, 1993).

El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer diferentes especies de *Bipolaris* y *Curvularia* encontradas en hojas senescentes de *Quercus germana* Cham. y Schlecht, *Q. xalapensis* Humb. y Bonpl. y *Liquidambar macrophylla* Oersted, adheridas a las ramas y recién caídas al mantillo en un bosque mesófilo de montaña.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material fue colectado en una área de bosque mesófilo de montaña, localizada dentro del Rancho Guadalupe, en el km 2.5 de la carretera vieja Xalapa-Coatepec. Se cortaron hojas viejas de las ramas y se recogieron hojas recién caídas de árboles de las especies *Quercus germana*, *Quercus xalapensis* y *Liquidambar macrophylla*. En el laboratorio se prepararon cámaras húmedas, que se mantuvieron a 28 °C por 8-10 días; posteriormente, bajo revisión microscópica se obtuvieron preparaciones fijas montadas en alcohol polivinílico. Para la identificación se consultaron las obras de Ellis (1966, 1971) y Sivanesan (1987), entre otras. El material

Bipolaris bicolor (Mitra) Shoem. *Can. J. Bot.* 37: 884, 1959. (Fig. 2)

Sinonimia: *Helminthosporium bicolor* Mitra

Dreschlera bicolor (Mitra) Subram. y Jain

Helminthosporium bhawanii A. P. Misra (publicado inválidamente, Art. 36).

Dreschlera bhawanii Om Prakash y Misra

Teleomorfo: *Cochliobolus bicolor* Paul y Parbery, *Trans. Br. Mycol. Soc.* 49: 386, 1966.

Conidióforos solitarios o agrupados, sin ramificar, rectos o flexuosos, frecuentemente geniculados, septados, de color pardo a pardo medianamente oscuro, más pálidos hacia el ápice, lisos, hasta de 320 μm de longitud, de 11-16 μm de grosor en la base y 6-7.5 μm cerca del ápice. Conidios rectos o ligeramente curvos, cilíndricos, elipsoidales u obclaviformes, redondeados hacia el ápice, algo truncados en la base, con la cicatriz basal plana y oscura, con 4-10 distoseptos, lisos, de color pardo medianamente oscuro a pardo oscuro, ocasionalmente opacos, con las células de los extremos de subhialinas a pardo pálido, frecuentemente separadas del resto por un septo ancho y oscuro, de 50-90 x 15-20 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *Q. xalapensis*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB375.

Observaciones: Es una especie común en áreas tropicales o subtropicales sobre una amplia variedad de hospederos; se encuentra asociada a la pudrición de la base del tallo y de la raíz del trigo, afectaciones en posturas de cebada, pudriciones de las raíces y manchas foliares en plántulas de *Pennisetum*, pudriciones de la base del tallo y lesiones foliares de *Sorghum halepense* y *S. verticilliflorum*; también se desarrolla sobre diversas semillas (Chidambaram *et al.*, 1973; Sivanesan, 1987; Subramanian, 1971). Recientemente, Fernández *et al.* (1992) encontraron que *B. bicolor* está relacionado con alteraciones de la semilla botánica de la caña de azúcar en Cuba.

Bipolaris hawaiiensis (M. B. Ellis) Uchida y Aragaki, *Phytopathology* 69: 1115, 1979 (Fig. 3)

Sinonimia: *Dreschlera hawaiiensis* M. B. Ellis

Helminthosporium hawaiiense Bugnicourt (publicado inválidamente, Art. 36).

Teleomorfo: *Cochliobolus hawaiiensis* Alcorn, *Trans. Br. Mycol. Soc.* 70: 64, 1978.

Conidióforos solitarios, sin ramificar, rectos o flexuosos, con frecuencia geniculados hacia la parte apical, septados, de color pardo pálido a pardo, más claros en el ápice, lisos, hasta de 150 μm de longitud pero frecuentemente más cortos, de 4-5 μm de grosor. Conidios rectos, cilíndricos, oblongos o elipsoidales, con los extremos redondeados y la cicatriz basal pequeña y no protuberante, con 3-7 (principalmente 5-6) distoseptos, de color pardo pálido a pardo dorado, lisos, de 23-40 x 6.5-11 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *Q. germana*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB376.

determinado se encuentra depositado en la sección de Micología del Herbario del Instituto de Ecología (XAL).

RESULTADOS

Clave para identificar las especies de *Bipolaris* halladas sobre hojas.

- 1.a) Conidios siempre con 3 distoseptos *B. spicifera*
 1.b) Conidios con número variable de distoseptos 2
 2.a) Conidios pardos oscuros, con las células de los extremos más pálidas y frecuentemente separadas de las restantes por un septo ancho y oscuro, de 50-90 x 15-20 μm ..*B. bicolor*
 2.b) Conidios uniformemente pigmentados, de pardo pálido a pardo dorado, con menos de 50 μm de longitud y 15 μm de grosor 3
 3.a) Conidios con 3-5 (principalmente 3) distoseptos *B. australiensis*
 3.b) Conidios con 3-7 (principalmente 5-6) distoseptos *B. hawaiiensis*

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Bipolaris australiensis (M.B. Ellis) Tsuda y Ueyama, *Mycologia* 73: 90, 1981. (Fig. 1)

Sinonimia: *Dreschlera australiensis* (M.B. Ellis)

Helminthosporium australiense Bugnicourt (publicado inválidamente, Art. 36).

Teleomorfo: *Cochliobolus australiensis* (Tsuda y Ueyama) Alcorn, *Mycotaxon* 16: 373, 1983

Conidióforos solitarios o en pequeños grupos, sin ramificar, rectos o flexuosos, repetidamente geniculados, septados, pardos, medianamente oscuros, lisos, hasta de 100 μm de longitud, de 4.5-8 μm de grosor en la base, de 3.0-4.0 μm de grosor en el ápice. Conidios rectos, elipsoidales u oblongos, con los extremos redondeados y la cicatriz basal pequeña y no protuberante, principalmente con 3 distoseptos, de color pardo pálido a pardo dorado, lisos, de 15-27 x 5-7.5 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *Q. xalapensis*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB374.

Observaciones: Los conidios del ejemplar revisado no abarcan completamente los límites que registran Ellis (1971) y Sivanesan (1987), de 14-40 x 6-11 μm . Esta especie se ha aislado de una amplia variedad de gramíneas y plantas dicotiledóneas, aire y suelo. Existen registros procedentes de África del Sur, Australia, Egipto, Irak, Japón, Kenia, Libia, Nueva Zelandia, Paquistán, Sri Lanka, Sudán y Zimbabue. En la India causa manchas foliares en *Pennisetum typhoides* y atizonamiento foliar en *Cymbopogon winterianus* (Sivanesan, 1987).

Observaciones: Esta especie es plurívora, encontrándose con frecuencia sobre semillas y plantas de semilleros de arroz, caña de azúcar y mijo; no es considerada como un patógeno importante (Sivanesan, 1987).

Bipolaris spicifera (Bainier) Subram., *Hyphomycetes*: 756, 1971. (Fig. 4)

Sinonimia: *Brachycladium spiciferum* Bainier

Helminthosporium tetramera Mc Kinney

Curvularia spicifera (Bainier) Boedijn

Helminthosporium spiciferum (Bainier) J. Nicot

Curvularia tetramera (Mc Kinney) Boedijn ex Gilman

Bipolaris tetramera (Mc Kinney) Shoem.

Dreschlera tetramera (Mc Kinney) Subram. y Jain.

Dreschlera spicifera (Bainier) V Arx

Teleomorfo: *Cochliobolus spicifer* Nelson, *Mycologia* 56: 198, 1964 (como "spiciferus").

Conidióforos solitarios o en pequeños grupos, sin ramificar, rectos o flexuosos, repetidamente geniculados, septados, de color pardo medianamente oscuro a pardo oscuro, lisos, hasta de 130 μm de longitud, de 4.5-8 μm de grosor en la base y 3.5-4.5 μm en el ápice. Conidios rectos, cilíndricos u oblongos, con los extremos redondeados, con 3 distoseptos, de color pardo dorado a pardo dorado medianamente oscuro, con una pequeña área subhialina situada alrededor de la cicatriz basal oscura y no protuberante, lisos, de 16-25 x 7-9 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *Q. xalapensis*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia-CB377*.

Observaciones: Los conidios del material revisado se encuentran en los límites inferiores de las dimensiones registradas por Chidambaran *et al.* (1973), Ellis (1971), Sivanesan (1984, 1987) y Subramanian (1971), pero las características de los conidios en cuanto a morfología, coloración y número de distoseptos permiten ubicarlo en esta especie, la cual se distingue por poseer conidios siempre con tres distoseptos y presentar una pequeña área subhialina ubicada justamente alrededor de la cicatriz basal y en ocasiones también en el ápice. *Bipolaris spicifera* es un hongo cosmopolita, produce manchas foliares y pudrición de raíces y semillas en diferentes tipos de plantas, principalmente gramíneas (Sivanesan, 1987).

Clave para identificar las especies de *Curvularia* halladas sobre hojas.

- | | |
|---|---|
| 1.a) Conidios con 3 distoseptos | 2 |
| 1.b) Conidios con número variable de distoseptos | 5 |
| 2.a) Conidios generalmente doliformes, con el septo central engrosado y situado justamente en la parte media..... | 3 |

- 2.b) Conidios de forma variada, con el septo central no ubicado justamente en la parte media y por lo general no muy engrosado..... 4
- 3.a) Conidios usualmente algo curvos, asimétricos, con las células de pardo pálidas a pálidas.....
..... *C. brachyspora*
- 3.b) Conidios rectos, simétricos, con las células centrales de color pardo a pardo oscuras
..... *C. eragrostidis*
- 4.a) Conidios con todas las células color pardo pálido, de 16-30 x 7-10 μm *C. pallescens*
- 4.b) Conidios con la tercera célula a partir de la base más grande y oscura que las otras, de 20-27.5 x 8-12 μm *C. lunata*
- 5.a) Conidios con 2-3 distoseptos, principalmente rectos y por lo general claviformes
..... *C. clavata*
- 5.b) Conidios con 3-4 distoseptos, principalmente curvos, ampliamente fusiformes o elipsoides
..... *C. senegalensis*

DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

Curvularia brachyspora Boedijn, *Bull. Jard. Bot. Buitenz.* III, 13(1): 126, 1933. (Fig. 5)

Teleomorfo: desconocido.

Conidióforos solitarios o en pequeños grupos, sin ramificar, rectos o flexuosos, septados, de color pardo, más pálidos hacia el ápice, lisos, hasta de 160 μm de longitud, aproximadamente con 4 μm de grosor cerca de la base y 3.5 μm en el ápice. Conidios usualmente algo curvos, elipsoidales, ampliamente fusiformes a doliformes, asimétricos, con 3 distoseptos, el septo central más ancho y oscuro que los restantes, de color pardo, con las células de los extremos de subhialinas a pardo pálidos y la cicatriz basal oscura y no protuberante, lisos, de 14-25 x 7-12 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *Q. xalapensis*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB378; *Heredia*-CB379.

Observaciones: Algunos conidios del material revisado son más pequeños y delgados que lo registrado por Ellis (1966, 1971) y Sivanesan (1987) para esta especie, 20-26 x 10-14 μm . Se ha aislado de *Agave*, *Digitaria*, *Dracaena*, *Olea*, *Oryza*, *Saccharum*, *Triticum* y del aire en Australia, Cuba, Papua-Nueva Guinea, Puerto Rico, Senegal y Tanzania (Sivanesan, 1987).

Curvularia clavata Jain, *Trans. Br. Mycol. Soc.* 45: 542, 1962. (Fig. 6)

Teleomorfo, desconocido.

Conidióforos generalmente solitarios, sin ramificar, rectos o flexuosos, ocasionalmente geniculados, septados, de color pardo pálido a pardo, con el ápice subhialino o muy pálido, lisos, hasta de 110 μm de longitud, de 4-5 μm de grosor hacia la base y de 3-3.5 μm en el ápice. Conidios rectos o ligeramente curvos, usualmente claviformes, algo truncados en la base y con la cicatriz basal oscura y no protuberante, con 2-3 (principalmente 3) distoseptos, de color pardo y

con la célula basal y ocasionalmente también la célula apical más pálida, lisos, de 16-21 x 5.5-8 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *Q. germana*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia-Mercado* CB577.

Observaciones: Las dimensiones de los conidios en el material examinado son por lo general menores que las registradas por Ellis (1966, 1971) y Sivanesan (1987) en las descripciones de esta especie; sin embargo, el resto de las características concuerdan con la morfología descrita para la especie. Este hongo se ha hallado sobre *Oryza*, *Saccharum*, *Sorghum*, *Tripogon* y *Zea* en Australia, Camerún, Guyana, India y Malasia (Sivanesan, 1987).

Curvularia eragrostidis (Henn) J. A. Meyer, Pub. Inst. Mat. Etude agron. Congo Belge, Ser. Sci 75: 183, 1959. (Fig. 7)

Sinonimia: *Brachysporium eragrostidis* Henn

Spondilocladium maculans Bancroft

Curvularia maculans (Bancroft) Boedijn

Teleomorfo: *Cochliobolus eragrostidis* (Tsuda y Ueyama) Sivan., *Mycol. Pap.* 158: 113, 1987.

Conidióforos solitarios o en grupos, sin ramificar o muy raramente ramificados, rectos o flexuosos, en ocasiones geniculados cerca del ápice, septados, de color pardo, lisos, hasta de 160 μm de longitud, de 6.2-7.5 μm de grosor en la base, de 4-5 μm cerca del ápice. Conidios solitarios, rectos, elipsoidales a doliformes, con la cicatriz basal oscura y no protuberante, con tres distoseptos, el septo central notablemente engrosado y situado en la parte media, células centrales de color pardo a pardo oscuro, células de los extremos pardo pálido, lisos, de 14-20 x 7.5-11.5 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *L. macrophylla*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB380.

Observaciones: En el material examinado, los conidios presentan dimensiones algo menores a las reportadas por Ellis (1966, 1971) y Sivanesan (1987) de 22-33 x 10-18 μm en el sustrato natural, y de 18-37 x 11-20 μm en el cultivo. Sin embargo las características morfológicas de sus conidios permiten incluirlo en esta especie. Es un hongo abundante en áreas tropicales y subtropicales sobre plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas, suelos y otros sustratos (*op. cit.*)

Curvularia lunata (Wakker) Boedijn, *Bull. Jard. Bot. Buitenz.* 111, 13(1):127, 1933.(Fig. 8)

Sinonimia: *Acrothecium lunatum* Wakker

Helminthosporium caryopsidum Sacc.

Helminthosporium sudanensis Cif. y Frag.

Curvularia caryopsidum (Sacc.) S. C. Teng

Teleomorfo: *Cochliobolus lunatus* Nelson y Haasis, *Mycologia* 56(2): 316, 1964 (como "lunata").

Conidióforos solitarios o en grupos, sin ramificar, rectos o flexuosos, en ocasiones geniculados, septados, de color pardo a pardo medianamente oscuros, más pálidos hacia el ápice, lisos, hasta de

180 μm de longitud, de 5-8 μm de grosor en la base y 4-5.5 μm hacia la parte apical. Conidios usualmente curvos pero en ocasiones también pueden ser rectos, de forma muy variable, principalmente elipsoidales, obovoides o algo claviformes, con la cicatriz basal oscura y no protuberante, con tres distoseptos, el central generalmente más reforzado que los restantes, de color pardo, con las células de los extremos más pálidas y la tercera célula a partir de la base más grande y oscura que las otras, generalmente lisos aunque en ocasiones pueden ser muy finamente rugosos, de 20-27.5 x 8-12 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *L. macrophylla*, *Q. xalapensis* y *Q. germana*, y en hojarasca de *Q. xalapensis*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB381; *Heredia*-CB282; *Heredia*-CB383; *Heredia*-CB384; *Heredia*-CB385; *Heredia*-CB378.

Observaciones: Esta especie, conjuntamente con *C. pallescens* fue la que con mayor frecuencia se encontró en las muestras; en dos ocasiones ambas especies se observaron asociadas en la misma hoja. *Curvularia lunata* es una especie plurívora que se encuentra con frecuencia en géneros de gramíneas como *Cymbopogon*, *Oryza*, *Saccharum* y *Sorghum*. Este hongo es el causante de manchas foliares y atizonamientos en plantas de semilleros. En general es considerado como un patógeno facultativo, conocido por su incidencia en los problemas de germinación de las semillas, y por originar manchas foliares y atizonamiento de plántulas de cereales y otros cultivos de monocotiledóneas (Sivanesan, 1987).

Curvularia pallescens Boedijn, *Bull. Jard. Bot. Buitenz III*, 13(1): 127, 1933. (Fig. 9)

Sinonimia: *Curvularia leonensis* M.B. Ellis

Teleomorfo: *Cochliobolus pallescens* (Tsuda y Ueyama) Sivan, *Mycol. Pap.* 158:118, 1987

Conidióforos solitarios o agrupados, sin ramificar, rectos o flexuosos, en ocasiones geniculados, septados, de color pardo pálido a pardo, más claros hacia el ápice, lisos, hasta de 200 μm de longitud, de 4-10 μm de grosor hacia la base, de 3-4 μm en el ápice. Conidios solitarios, rectos o curvos, fusiformes a estrechamente elipsoidales en ocasiones algo cilíndricos, con la cicatriz basal oscura y no protuberante, con 3 distoseptos, de color pardo oliváceo pálido o pardo dorado pálido, con las células de los extremos ligeramente más claras que las centrales, lisos, de 16-30 x 7-10 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *L. macrophylla*, *Q. xalapensis* y *Q. germana*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec, *Heredia*-CB384; *Heredia*-CB385; *Heredia*-CB386; *Heredia*-CB387; *Heredia*-CB388; *Heredia*-CB389; *Heredia*-CB390; *Heredia*-CB391.

Observaciones: Este hongo es considerado un saprobio muy común en los trópicos sobre muy variados substratos (Ellis, 1966, 1971). Existen algunos registros en los que se le considera como agente causal de la decoloración de granos de *Oryza sativa* y *Triticum vulgare*, y de manchas y marchitamiento de las hojas de *Calotropis* sp., *Poa protensis* y *Zea mays* (Benoit y Mathur, 1970; Urtiaga, 1986, Mc Gee, 1988;).

Curvularia senegalensis (Speg.) Subramanian, *J. Indian Bot. Soc.* 35: 467, 1956. (Fig. 10)
 Sinonimia: *Curvularia senegalensis* (Speg.) Muntañola (nombre ilegítimo, Art. 63)
Brachysporium senegalense Speg.
Acrothecium falcatum Tehon
Curvularia falcata (Tehon) Boedijn
 Telemorfo: desconocido.

Conidióforos solitarios o en grupos, sin ramificar, rectos o flexuosos, con frecuencia geniculados, septados, de color pardo medianamente oscuro, ligeramente más pálidos hacia el ápice, lisos, hasta de 260 μm de longitud, de 4-8.5 μm de grosor en la base y de 3-3.5 μm en el ápice. Conidios usualmente curvos, en ocasiones también pueden ser rectos, ampliamente fusiformes o elipsoidales, con la cicatriz basal oscura y no protuberante, con 3-4(-5) septos, con las células de los extremos de color pardo pálido, las células intermedias de pardo a pardo medianamente oscuros, y la célula central de pardo medianamente oscuro a pardo oscuro, lisos, de 15-27.5 x 7-11 μm .

Hábitat: Sobre hojas senescentes de *L. macrophylla* y *Q. germana*.

Material estudiado: Mpio. de Xalapa, Rancho Guadalupe, km 2.5 carretera antigua Xalapa-Coatepec. *Heredia-CB391*; *Heredia-CB392*; *Heredia-CB393*.

Observaciones: Las características morfológicas de los conidios del material examinado coinciden plenamente con las descripciones de *C. senegalensis*. Los conidios son un poco más delgados que lo que registran Ellis (1966, 1971) y Sivanesan (1987), de 19-30 x 10-14 μm . Según este último autor, *C. senegalensis* se ha encontrado sobre *Andropogon*, *Cymbopogon*, *Cynodon*, *Oryza*, *Saccharum*, *Urena*, *Zea*, pintura y suelo. Su distribución se extiende a los siguientes países: Argentina, Australia, Cuba, India, Kenya, Malasia, Nigeria, Puerto Rico, Seycheles, Tanzania y Venezuela. Matsushima (1975, 1980) lo ha aislado también de suelo en Japón y Taiwan.

Desde el punto de vista fitopatológico, Fernández (1973) lo registró asociado a manchas foliares de *Stigmaphyllon sagreanum* en Cuba. En la caña de azúcar causa la pudrición de plántulas y raíces (China, 1985).

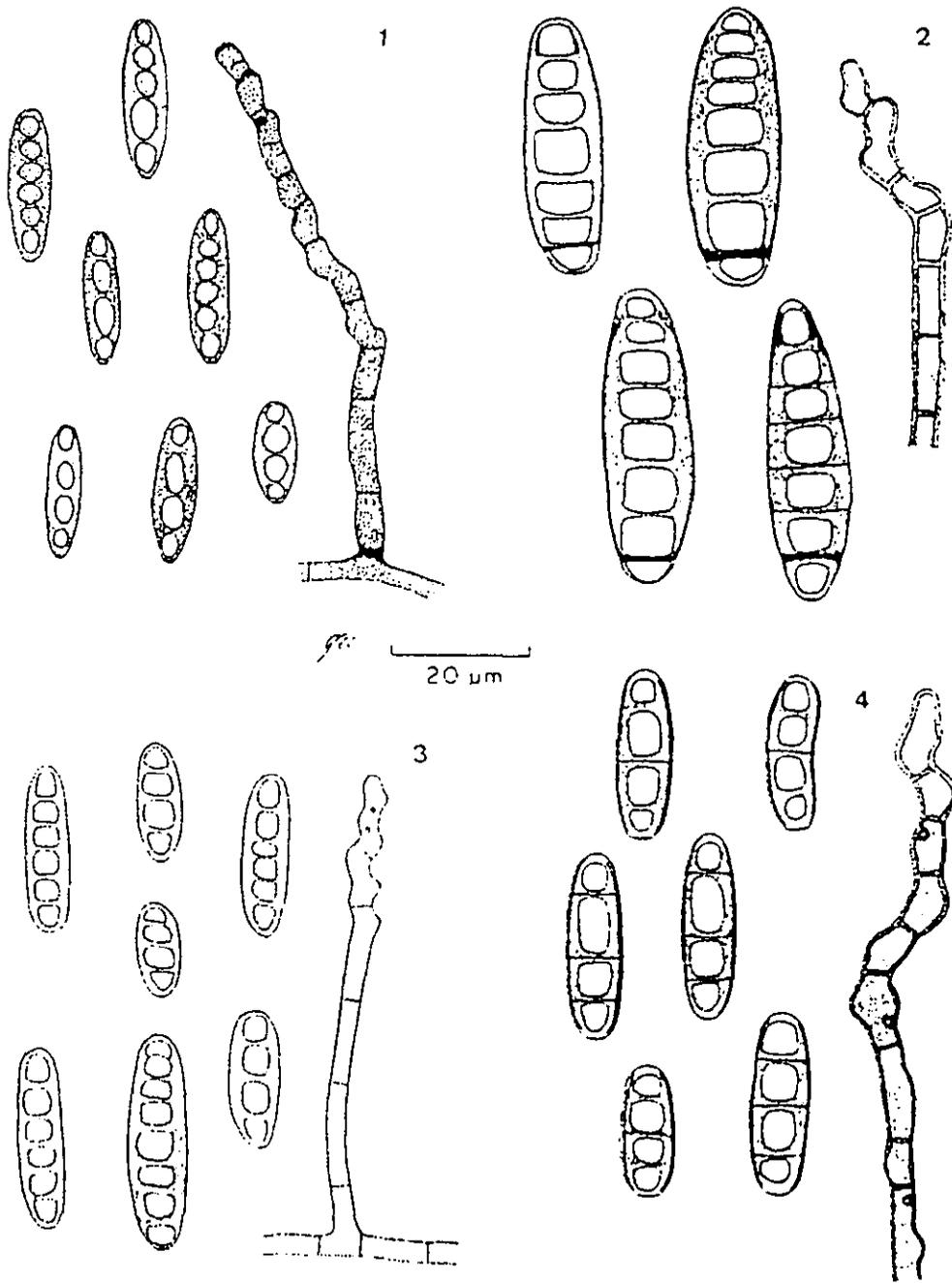
AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Biól. Greta Rosas Saito por la asistencia técnica, al Sr. Gustavo Vega por la realización de las ilustraciones y a la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO) por haber apoyado el desarrollo del proyecto P030-Hongos hyphomycetes de áreas tropicales y semitropicales del estado de Veracruz a partir del cual se generó la información presentada.

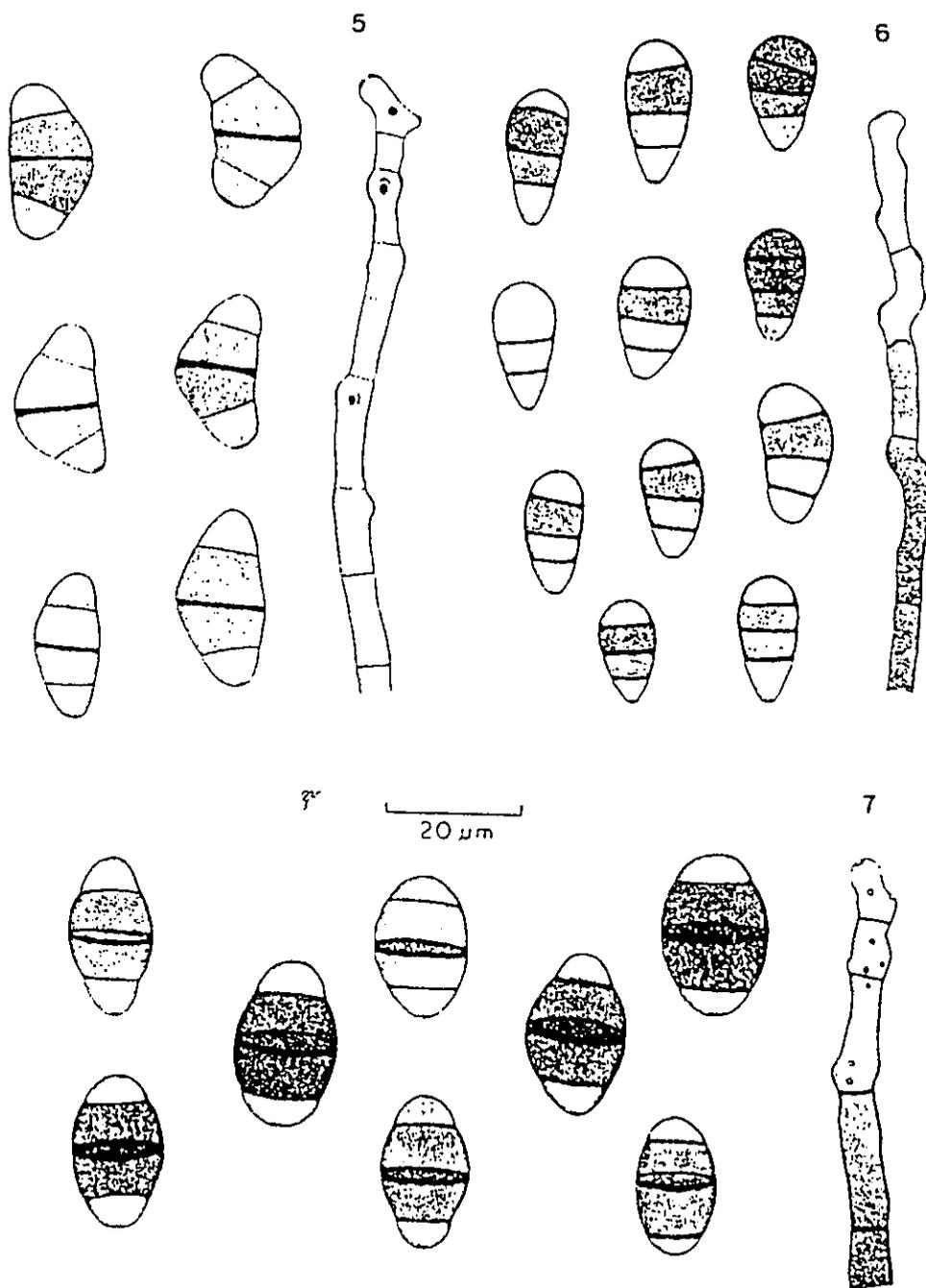
LITERATURA CITADA

- Agrios, G., 1978. *Plant Pathology*, 2a ed., Academic Press, Nueva York.
 Alcorn, J. L., 1983. Generic concepts in *Drechslera*, *Bipolaris* and *Exserohilum*. *Mycotaxon* 17:1-86.
 Alcorn, J. L., 1988. The taxonomy of "*Helminthosporium*" species. *Ann. Rev. Phytopathol.* 26:37-56.

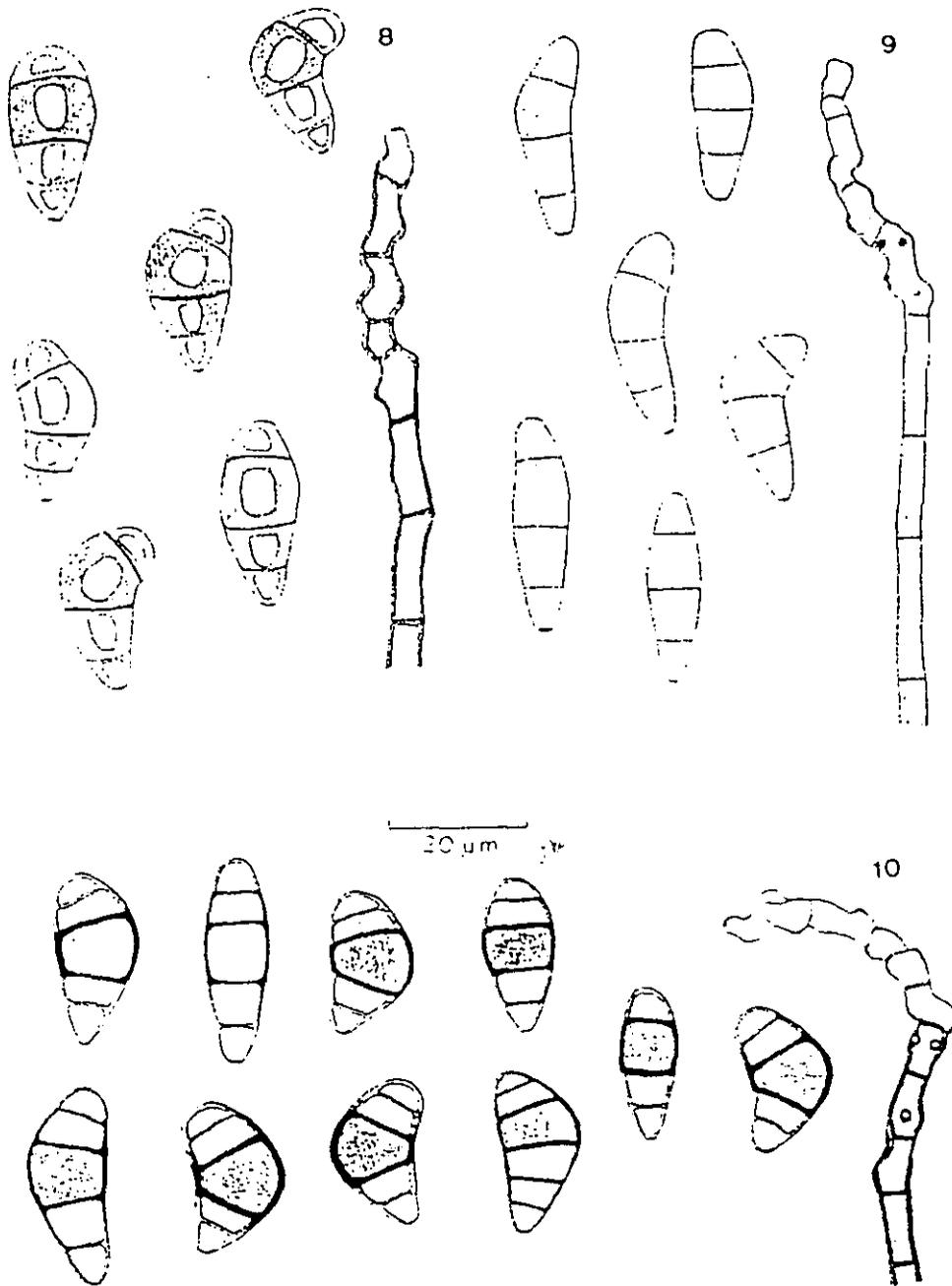
- Benoit, M. A., S. B. Mathur, 1970. Identification of species of *Curvularia* on rice seed. *Proc. Int. Seed Test Ass.* 35:1-22.
- Chidambaram, P., S. B. Mathur, P. Neergard, 1973. Identification of seed-borne *Drechslera* species. *Friesia* 10:165-207.
- Chinea, M. A., 1985. Distribución mundial de las enfermedades de la caña de azúcar y su nomenclatura multilingüe. *Boletín INICA* (Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar) 2: 1-64.
- Ellis, M. B., 1966. Dematiaceous Hyphomycetes VII. *Curvularia*, *Brachysporium* etc. *Mycol. Pap.* 106:1-57.
- Ellis, M. B., 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, Kew.
- Farr, D. F., G. F. Bills, G. P. Chamuris, A. Y. Rossman, 1989. *Fungi on Plants and Plant Products in the United States*. American Phytopathological Society, St Paul.
- Fernández, L., L., Castañeda, F. Alfonso, J. Rodríguez, F. González, 1992. Main fungal genera associated with sugarcane botanical seed in Cuba. *XXI ISSCT Congress*, Bangkok, Indonesia. 5-14 March, 1992. Abstracts p 158.
- Fernández, R. M., 1973. *Catálogo de enfermedades de plantas cubanas*. ACC. Inst. Inv. Tropicales. Serie Agrícola 27:1-78.
- Heredia, G., 1993. Mycoflora associated with green leaves and leaf litter of *Quercus germana*, *Quercus sartorii* and *Liquidambar styraciflua* in a Mexican cloud forest. *Cryptogamie Mycol.* 14 (3): 171-183.
- Hudson, H. J., 1968. The ecology of fungi on plant remains above the soil. *New Phytol.* 67: 837-874.
- Jensen, V., 1974. Decomposition of angiosperm tree leaf litter. In: C. H. Dickinson y J. F. Pugh (Eds.), *Biology of Plant Litter Decomposition*. Academic Press, Londres.
- Kiffer, E., H. Puig, G. Kilbertus, 1981. Biodegradación des feuilles d'*Euperia falcata* Aubl. en forêt tropicale humide (Guyane Française). *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 18: 135-151.
- Matsushima, T., 1975. *Icones Microfungorum a Matsushima Lectorum*. Pub. por el autor, Kobe.
- Matsushima, T., 1980. *Saprophytic Microfungi From Taiwan. Part. 1 Hyphomycetes*. Pub. por el autor, Kobe.
- Mc Gee, D., 1988. *Maize Diseases. A Reference Source For Seed Technologist*. APS Press, St. Paul.
- Sivanesan, A., 1984. *The Bitunicate Ascomycetes and Their Anamorphs*. Strauss & Cramer, Vaduz.
- Sivanesan, A., 1987. Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum*, and their teleomorphs. *Mycol. Pap.* 158:1-261.
- Stack, R., 1992. *Bipolaris*. In: Singleton, L. L., J. D. Mihail, C. M. Rush (eds.), *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. APS Press, St Paul.
- Subramaniam, C. V., 1971. *Hyphomycetes*. Indian Council of Sciences Nueva Delhi.
- Urtaga, R., 1986. *Índice de Enfermedades en Plantas de Venezuela y Cuba*. Publicado por el autor Barquisimeto.
- Visser, S., D. Parkinson, 1975. Fungal succession on aspen poplar leaf litter. *Can. J. Bot.* 53: 1640-1651.
- Watson, E. S., D. C. McChurkin, M. B. Huneycutt, 1974. Fungal succession on loblolly pine and upland hardwood foliage and litter in North Mississippi. *Ecology* 55: 1123-1134.



Figs. 1-4. 1: *Bipolaris australiensis*, conidióforo geniculado y conidios con 3-5 distoseptos. 2: *Bipolaris bicolor*, fragmento apical del conidióforo y conidios con el septo basal reforzado. 3: *Bipolaris hawaiiensis*, conidióforo geniculado y conidios con 3-7 distoseptos. 4: *Bipolaris spicifera*, fragmento apical del conidióforo y conidios siempre con tres distoseptos y un área subhialina en los extremos.



Figs. 5-7. 5: *Curvularia brachyspora*, fragmento apical del conidióforo geniculado y conidios asimétricos con 3 distoseptos, con el septo central engrosado. 6: *Curvularia clavata*, fragmento apical del conidióforo geniculado, conidios claviformes, principalmente con tres distoseptos. 7: *Curvularia eragrostidis*, fragmento apical del conidióforo geniculado, conidios principalmente doliformes con 3 distoseptos y el septo central reforzado.



Figs. 8-10. 8: *Curvularia lunata*, fragmento apical del conidióforo geniculado, conidios con 3 distoseptos con la tercer célula a partir de la base mas abultada. 9: *Curvularia pallescens*, fragmento apical del conidióforo geniculado y conidios pálidos con tres distoseptos. 10: *Curvularia senegalensis*, fragmento apical del conidióforo geniculado y conidios principalmente con 3-4 distoseptos, la célula central oscura.

MYCOTAXON

Volume LV, pp. 491-499

July-September 1995

NEW SPECIES OF DEMATIACEOUS HYPHIOMYCETES FROM VERACRUZ, MEXICO.

ANGEL MERCADO SIERRA*, GABRIELA HEREDIA**
AND
JULIO MENA PORTALES*

*INSTITUTO DE ECOLOGÍA Y SISTEMÁTICA, APDO. POSTAL 8010, LA HABANA 10800, CUBA.

**INSTITUTO DE ECOLOGÍA, APDO. POSTAL 63, XALAPA, VER. 91000, MÉXICO.

ABSTRACT

Five new species of hyphomycetes belonging to genera *Acremoniula*, *Bactrodesmium*, *Camposporium*, *Endophraggiella*, and *Monodicrys* are described and illustrated. All the species were found on plant debris collected in the state of Veracruz, Mexico. The specimens are deposited in the Herbarium of the Instituto de Ecología (XAL).

INTRODUCTION

The state of Veracruz has very diverse vegetation. Most studies on its biodiversity have dealt with the flora, fauna and macroscopic fungi, however hyphomycetes of the region remain poorly explored. In order to evaluate the hyphomycete diversity in the tropical areas of Veracruz the authors have made collecting trips. The following five dematiaceous hyphomycetes were collected from plant debris, mainly leaf litter from cloud forest and tropical rain forest. Based on their distinctive morphological characteristics, they are proposed as new species. All the specimens are deposited in the Herbarium of the Instituto de Ecología (XAL).

SPECIES DESCRIPTION

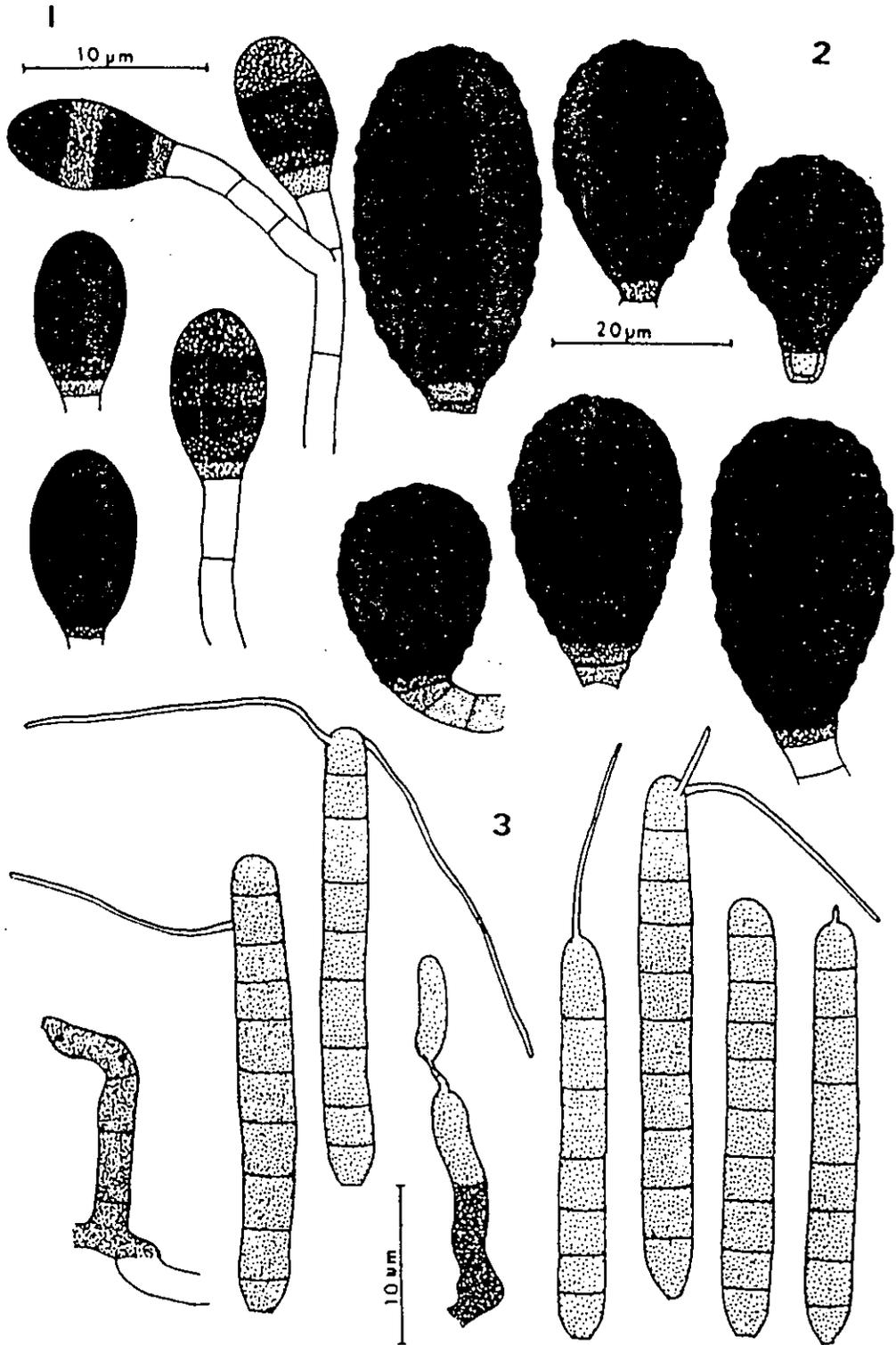
Acremoniula triseptata Mercado, Heredia et Mena sp. nov.
(Fig. 1)

Coloniae effusae, granulosae, atrobrunneae vel brunnea, inconspicuae. Mycelium partim in substrato immersum sed plerumque superficiale ex hyphis subhyalinis, laevibus, septatis, ramosis, 1.5-2.5 µm latis (diam.) compositum. Conidiophora micronemata vel semimacronemata, interdum leviter ascendentia, solitaria vel 2-6 fasciculata, subhyalina vel pallide brunnea, laevia, septata, usque ad 14 µm alta et 2.8-3.5 µm lata. Cellulae conidiogenae in conidiophoris incorporatae, terminales, determinatae, 3.5-4.5 µm longa et 1.8-2 µm lata. Conidia solitaria, ellipsoidea vel obovoidea, ad basim truncata, transversaliter 3-latisseptata, brunnea vel atrobrunnea. Cellula basalis hyalina vel pallidissima; ceterae brunneae nonnihil atrae 9.5-12 x 5.6-6.5 µm. Holotypus: 29/III/1993. G. HEREDIA. CB616 (XAL).

Colonies effuse, granular, dark brown to black, inconspicuous. Mycelium mostly superficial, composed of branched, smooth, septate, subhyaline hyphae, 1.5-2.5 µm thick. Conidiophores micronematous or semi-macronematous, sometimes lightly ascending, solitary or arising in groups of 2-6, subhyaline to pale brown, smooth, septate up to 14 µm long and 2.8-3.5 µm wide. Conidiogenous cells integrated, terminal, determinate, 3.5-4.5 µm x 1.8-2 µm. Conidia solitary, ellipsoidal or obovoid, truncate at the base, 3-septate with black bands at the septa, dark brown, 9.5-12 x 5.6-6.5 µm, with the basal cell paler and often hyaline. **Habitat:** Cloud forest. On fallen, decaying leaves of *Quercus germana*. Xalapa, Veracruz. **Material examined:** 29/III/1993. G. HEREDIA. CB616 (XAL).

Discussion. Hughes (1979) extended the circumscription of *Acremoniula* Ciferri (Ellis, 1971), when he transferred *Endophragma*

Fig. 1-3. 1. *Acremoniula triseptata*. Conidiophores with conidia attached, and mature 3-septate conidia with black bands at the septa. 2. *Bactrodesmium palmicola*. Conidia, showing the very large apical cell and verrucose wall. 3. *Camposporium quercicola*. Conidiophores, conidiogenous cells and conidia with setula.



brevis Ellis, a species with 2 transverse septa, as *Acremoniula brevis* (Ellis) Hughes. Later, Kirk (1985) reported *A. brevis* on dead leaves of *Ocotea usambarensis* from Kenya and discussed and illustrated its conidiogenesis and conidial succession. Based on Kirk's observations, the new species, *Acremoniula triseptata*, has a close affinity with *A. brevis* in morphology, maturation and conidial secession. However it differs from *A. brevis* in the narrower ellipsoidal shape and size of the conidia and by its consistently 3 transverse septa.

Bactrodesmium palmicola Mercado, Heredia et Mena, sp. nov.
(Fig. 2)

Sporodochia punctiformia, sparsa vel aggregata et saepe dispersa, atra, nitida, nigra. Mycelium plerumque in substrato immersum interdum superficiale, hyphis brunneis, septatis, laevibus, usque 2.5-4.5 μm crassis (diam.). Conidiophora brevissima, 6-11 x 3.8-5.5 μm . Cellulae conidiogenae incorporatae, terminales, determinatae, cylindricae. Conidia brunnea vel atrobrunnea, obovoidea, claviformia vel ellipsoidalia, transversaliter 3-4 atroseptata, septis ad basem approximatis. Cellula apicalis grandis, nigra, ceterae perpusillae, brunneae. Cellula basalis pallidior, truncata. Parietes conidiorum rugosi, 22-44 x 15.2-22 μm . Holotypus: 15/VIII/1993. A. MERCADO. CB064 (XAL).

Sporodochia punctiform, shiny black, scattered or in groups. Mycelium mostly immersed, occasionally growing superficially on the substratum with hyphae pale brown, septate, smooth, 2.5-4.5 μm thick. Conidiophores very short, narrow, smooth, 6-11 x 3.8-5.5 μm . Conidiogenous cells integrated, terminal, determinate, cylindrical. Conidia obovoid, clavate or ellipsoidal, 3-4 transverse septa forming dark bands, the apical cell very large and black, the other cells brown and smaller, basal cell paler and truncate, wall verrucose, 22-44 x 15.2-22 μm . Habitat: Tropical rain forest. On dead rachis of a palm. Papantla, Veracruz. Material examined: 15/VIII/1993. A. MERCADO. CB064 (XAL).

Discussion. Species of *Bactrodesmium* are typically saprophytic, producing small sporodochia, sparsely scattered on the substratum. *B. palmicola* has certain features in common with *B. microleucurum* (Ellis,

1965) known from Chile on *Chusquea cummingii*. These features are: the conidial shape, the presence of black bands, and conidia with a large blackish terminal cell. However, they differ in the number of septa and in the appearance of the conidial wall. In this new species, all the conidia walls are notably verrucose. Another species very similar to *B. palmicola* is *Bactrodesmium globosum* Hol.-Jech. found on rotten wood of *Fagus sylvatica* from Czechoslovakia (Holubová-Jechová, 1972). The main differences between them are the distinctly verruculose wall in the conidia of *B. palmicola*, the apical cell shape, which is spherical in *B. globosum*, in contrast with the obovoid or clavate shape of *B. palmicola*, and the absence of black bands at the conidial septa of *B. globosum*.

Camposporium quercicola Mercado, Heredia et Mena sp. nov.
(Fig. 3)

Coloniae effusae, cinereae vel olivaceae. Mycelium partim superficiale partim in substrato immersum ex hyphis pallide brunneis, septatis, laevibus, 2-3 μm latis. Conidiophora macronemata, recta vel flexuosa, laevia, pallide brunnea, 15-60 x 3.5-4 μm . Cellulae conidiogenae polyblasticae, terminales, cylindricae vel subulatae, denticulatae, 6-10 μm longa et 2-3.5 μm lata. Conidia solitaria, cylindrica, ad apicem rotundata, ad basim conicotruncata, pallide brunnea vel olivacea, cellulis extremis pallidioribus, hyalinis vel subhyalinis, laevia, transversaliter 5-9 septata, 28-45 x 3.5-4.5 μm . Saepe ad apicem 1-3 appendicibus hyalinis vel setulis tenuissimis ad 30 μm longis praedita. Holotypus: 21/IV/1992. G. HEREDIA. CB617 (XAL).

Colonies effuse, grey or olivaceous. Mycelium partly superficial, hyphae brown, smooth, 2-3 μm thick. Conidiophores macronematous, straight or flexuous, unbranched, smooth, pale brown, 15-60 x 3.5-4 μm . Conidiogenous cells integrated, terminal, cylindrical or subulate, denticulate, 6-10 x 2-3.5 μm . Conidia solitary, cylindrical, rounded at the apex, conico-truncate at the base, pale brown to olivaceous, the end cells paler than the others, smooth, 5-9 septate, 28-45 x 3.5-4.5 μm , 1-3 non-septate setulae up to 30 μm long. Habitat: Cloud forest. On fallen, decaying leaves of *Quercus germana*. Xalapa, Veracruz. Material examined: 21/IV/1992. G. HEREDIA. CB617 (XAL).

Discussion. Considering the conidial morphology and the presence of nonseptate setulae, *Camposporium quercicola* is very similar to *C. antennatum* Harkn. (Ellis, 1971) and *C. japonicum* Ichinoe (Matsushima, 1975). The main characteristic that distinguishes these species is the conidial size, *Camposporium quercicola* having smaller and narrower conidia.

Endophragmiella mexicana Mena, Heredia et Mercado sp. nov.
(Fig. 4)

Coloniae effusae, pilosae, atrobrunneae. Mycelium partim superficiale partim in substrato immersum. Conidiophora macronemata solitaria vel 2-3 fasciculata, erecta, simplicia, septata, laevia, brunnea vel atrobrunnea, ad apicem pallidiora, 65-140 x 3-4.8 μm. Cellulae conidiogenae in conidiophoris incorporatae, terminales, percurrentes, 4.5-7.5 longa et 2-3 μm lata. Conidia solitaria, acrogena, ellipsoidea vel obovoidea, transversaliter 2-4 septata, brunnea vel atrobrunnea, saepe cellulis centralibus atrioribus, plerumque cellulis distalibus pallidioribus, 11-16 x 5.8-7.8 μm, ad basem distincte fractam ob partem cellulae conidiogenae superiorem fimbriata. Holotypus: 25/VII/1991. G. HEREDIA CB618 (XAL).

Colonies effuse, hairy, dark brown. Mycelium partly superficial, partly immersed. Conidiophores macronematous, solitary or arising in groups of 2-3, erect, simple, straight, septate, smooth, brown to dark brown, paler at the apex, 65-140 x 3-4.8 μm. Conidiogenous cells integrated, terminal, percurrent, 4.5-7.5 x 2-3 μm. Conidia solitary, acrogenous, ellipsoidal or obovoid, thin-walled all around the conidial surface, 2-4 transverse septate, with proximal and distal cells subhyaline or pale brown often with broad black bands at the septa 11-16 x 5.8-7.8 μm with a small frill at the base. **Habitat:** Cloud forest. On fallen, decaying leaves of *Quercus xalapensis*. Xalapa, Veracruz. **Material examined:** 25/VII/1991. G. HEREDIA CB618 (XAL).

Discussion. Based on its conidial morphology, *Endophragmiella mexicana* exhibits affinities with some species of the genus, that were recently described, such as *E. biseptata* (Peck) Hughes, *E. ontariensis* Hughes, *E. fallacia* P. M. Kirk and *E. naromoruensis* P.M. Kirk (Hughes 1979, Kirk 1981, 1985). However, the new species easily can

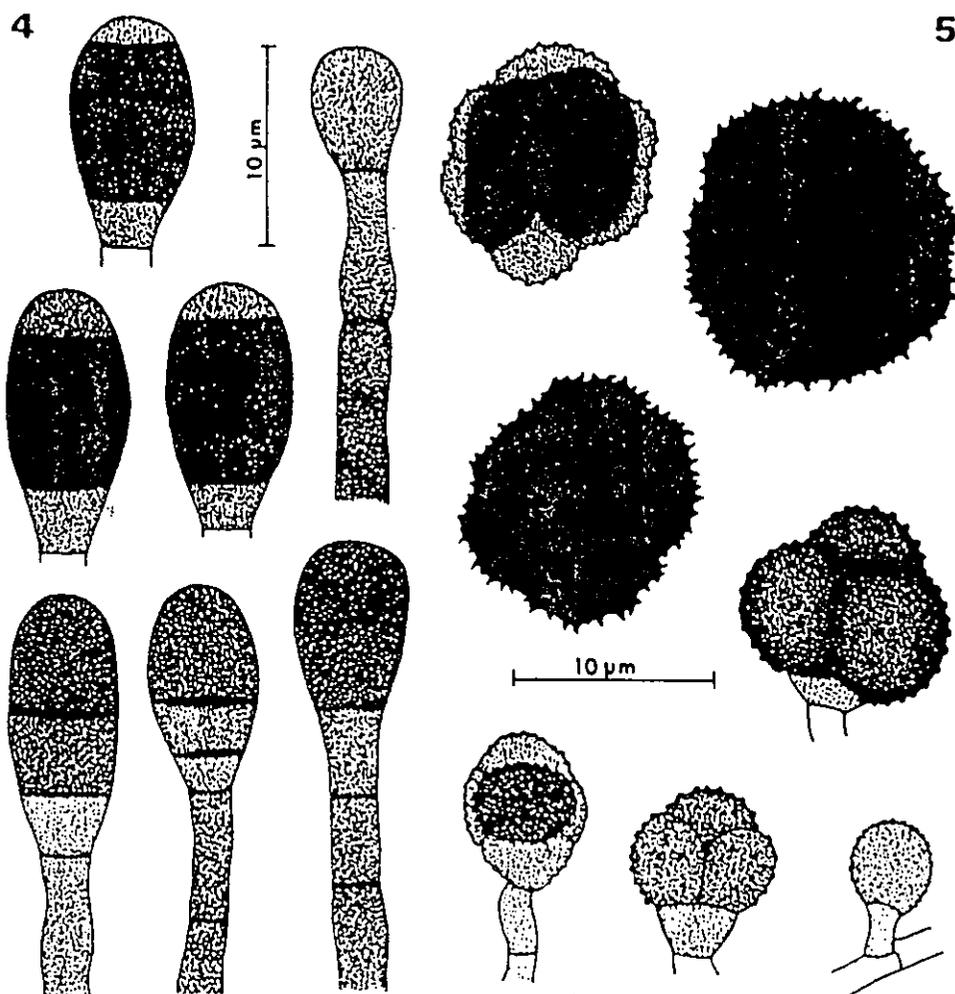


Fig. 4-5. 4. *Endophragmiella mexicana*. Conidiogenous cells, and development of conidia. 5. *Monodictys spinosa*. Conidiogenous cells, developing and mature conidia showing thick and prominent spines.

be distinguished because it has shorter and narrower conidia. A closer affinity can be found with *E. collapsa* (Sutton) Hughes, which has conidial size very similar to *E. mexicana*. However, two features separate the species. In *E. mexicana*, mature conidia are predominantly 4-septate with distal and basal cells paler than the central cells, while in *E. collapsa* conidia are predominantly 2-septate, with the distal cell pale brown to dark brown and the basal cell paler and sometimes collapsed. On the other hand, the conidial wall is thicker in *E. collapsa* than in the new species.

Monodictys spinosa Mercado, Heredia et Mena sp. nov.
(Fig. 5)

Coloniae effusae, atrocinereae vel nigrae. Mycelium partim superficiale ex hyphis irregulariter ramosis vel non ramosis, subhyalinis vel pallide brunneis, laevibus, interdum prope cellulam conidiogenam leviter gibberosis, 1.5-3 μm crassis. Conidiophora micronemata. Cellulae conidiogenae in conidiophoris incorporatae, terminales, determinatae, 2.5-4 μm longa et 1.5-2.5 μm lata. Conidia subsphaerica, claviformia, oblonga, utrinque rotundata (ad apicem et basim) vel irregularia, muriformia, atrocinerea vel cinereonigra, atrissima ubi matura, leviter constricta ad septa spinis latis validis; juniora spinis brevioribus vel verrucosa, 10-18 x 8-16 μm . Cellula basalis pallidior, 5-6 μm lata. Conidia matura crassitunicata, spinis 0.4-1 μm altis. Holotypus: 28/VI/1992. G. HEREDIA CB619 (XAL).

Colonies effuse, dark grey to black. Mycelium with hyphae subhyaline to pale brown, often swollen near the conidiogenous cell, 1.5-3 μm . Conidiophores micronematous. Conidiogenous cells integrated, determinate, terminal, 2.5-4 x 1.5-2.5 μm . Conidia subspherical, clavate, oblong, rounded at the ends or irregular, muriform, dark grey to black, darker when mature, constricted at the septa, young conidia are verruculose, mature conidia have distinctive, thick and prominent spines, 0.4-1 μm ; conidia size 10-18 x 8-16 μm . Habitat: Cloud forest. On fallen, decaying leaves of *Liquidambar macrophylla* Xalapa, Veracruz. Material examined: 28/VI/1992. G. HEREDIA CB619 (XAL).

Discussion. The conidial morphology of this species is similar to *Monodictys castaneae* (Wallr.) Hughes. However, the long and thick spines on the mature conidia of *M. spinosa* and their size and color separate it from *M. castaneae*. Two other species that have similar morphological characteristics are *M. fluctuata* (Tandon & Belgrami) M. B. Ellis (Ellis, 1976) and *M. namatacensis* Matsushima. In the latter species, the conidia also have prominent spines but they are sarciniform (Matsushima, 1971). These features, the cellular configuration of the conidia and their size easily distinguish *M. namatacensis* from the new species. We agree with Rao and Hoog (1986) in comprehensive revisions of the genera *Monodictys* and the related genera *Berkleasmium* Zobel and *Pithomyces* Berk. are surely needed.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge financial support by The National Commission for the Knowledge and Use of the Biodiversity of Mexico (CONABIO), Project P030. We thank Drs. Keith Seifert and Gerald Bills for their very helpful suggestions and improvements in the English translation of a previous draft and Dr. Josep Guarro for critically reviewing the manuscript. Appreciation is expressed to Dr. Pedro Herrera for preparing the latin diagnoses, Mr. Gustavo Vega for drawing the figures and Biol. Greta Rosas Saito for technical assistance.

LITERATURE CITED

- Ellis, M. B. 1965. Dematiaceous Hyphomycetes VI. Mycological Papers. Kew 103: 1-46.
- Ellis, M. B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew-Surrey 608 pp.
- Ellis, M. B. 1976. More dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Kew-Surrey 507 pp.
- Holubová-Jechová, V. 1972. Lignicolous Hyphomycetes from Czechoslovakia 2. *Bactrodesmium*. Folia Geobot. Phytotax., Praha 27:407-418.
- Hughes, S. J. 1979. Relocation of species of *Endophragmia* auct. with notes on relevant generic names. New Zealand Journal of Botany 17: 139-188.
- Kirk, P. M. 1981. New or interesting microfungi II. Dematiaceous Hyphomycetes from Esher Common, Surrey. Transactions of the British Mycological Society 77(2):279-298.
- Kirk, P. M. 1985. New or interesting microfungi XIV. Dematiaceous hyphomycetes from Mt Kenya. Mycotaxon 23:305-352.
- Matsushima, T. 1971. Microfungi of the Solomon Island and Papua-New Guinea. Kobe, Japan. 78pp.
- Matsushima, T. 1975. Icones microfungorum a Matsushima lectorum. Kobe, Japan. 209pp.
- Rao, V. and G. S. de Hoog. 1986. New or critical Hyphomycetes from India. Studies in Mycology No. 28: 1-84.