



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

ESTUDIO MICROMORFOLOGICO DE MADERA BIODEGRADADA
POR HONGOS XILOFAGOS EN UNA SELVA TROPICAL

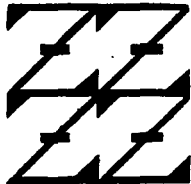
AREA DE BOTANICA

T E S I S
Que para optar al Título de
B I O L O G A
p r e s e n t a

TERESA TZOMPANTZI REYES

Director de Tesis: M. en C. Luis Manuel Pinzón Picaseño
INSTITUTO DE BIOLOGIA

Asesor Interno: M. en C. Manuel F. Rico Bernal
FES ZARAGOZA



México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1994

40a
2ej.

RECIBIDA EN LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
MAY 15 1994



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 está 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.

Este trabajo esta dedicado principalmente a la mente brillante de su creador, porque con los escasos antecedentes que se tenían en está área, surgió esta gran idea; la cuál fue proyectada y pulida durante mucho tiempo, con amor, esmero y dedicación, hasta hacerla realidad. Y por cierto con un costo muy alto, por los pocos recursos que existen: el resultado viene a ejemplificar, que gracias a personas como él, es que el conocimiento humano sobre la naturaleza avanza.

Agradezco las facilidades otorgadas por el Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales Departamento de Botánica. Instituto de Biología, UNAM para la realización de este estudio.

Dedico y agradezco en este trabajo, con todo respeto a las siguientes personas.

Al M en C Luis M. Pinzón Picaseño, por toda su dedicación, paciencia y empeño, para con la autora, porque aún conociendo sus deficiencias en este campo de la ciencia, la aceptó y ayudó mediante un entrenamiento continuo, lo cual toda su realidad transformó. Gracias a su gran sentido de responsabilidad, humanidad y justicia, es que logró dar a termino con su labor.

A los revisores:

M en C. Manuel Rico Bernal

Biol. Roberto E. Balderas Ramírez

Biol. Guadalupe Cortes Moreno

M en C. Esther Matiano Amador.

Por sus valiosos consejos en la revisión y corrección del manuscrito.

A aquellos maestros cuyo conocimiento y brillante labor me han servido de guía y de ejemplo en la vida.

Gracias al Dr Claudio Delgadillo Moya, por su ofrecimiento desinteresado en la impresión final de la tesis, ya que sin su apoyo, no se hubiera mejorado un grado más en la calidad.

Un humilde agradecimiento a la Biol Ma Teresa German, por la hospitalidad recibida, en periodos de vacaciones, para la continuación de este trabajo.

Con mucho amor y respeto a mi padre el Sr Gregorio Tzompantzi por su gran esfuerzo y sentido de lealtad hacia sus hijos cuando más lo necesitábamos.

Con cariño para mis hermanos: Gabriela, Elia Rosario, Norma Leticia, Angélica, Clemente y Luis Antonio, por su gran valentía, alto optimismo y enorme sentido de cooperatividad, en todo momento.

A mis dos grandes amigos: Ma Elena Ruíz Rodríguez, por su apoyo incondicional tanto material como emotivo en la realización de este trabajo. A Juan Monroy, por su apoyo entusiasta y empuje en periodos críticos.

CONTENIDO

1. RESUMEN (1)

2. INTRODUCCION (3)

2.1. Prólogo (3)

2.2. Conceptos Generales y Antecedentes (4)

2.2.1. Origen, Propiedades e Importancia del Substrato Madera (4)

2.2.1.1. Las Selvas Tropicales y su Riqueza en Especies Arbóreas (4)

2.2.1.2. Crecimiento en Grosor de los Arboles (5)

2.2.1.3. Estructura y Composición Química de la Madera (6)

2.2.1.4. Propiedades del Producto Forestal Madera (9)

2.2.2. Los Hongos Lignícolas, Clasificación, Biología e Importancia (13)

2.2.2.1. Clasificación de los Hongos Lignícolas (13)

2.2.2.2. Fisiología de los Hongos Xilófagos (14)

2.2.2.3. El Conocimiento de los Hongos Lignícolas Tropicales (15)

2.2.2.4. Importancia Biológica de los Hongos Degradadores de la Madera (16)

2.2.3. Biología de la Pudrición de la Madera (17)

2.2.3.1. Susceptibilidad y Resistencia Natural de la Madera a la Pudrición (17)

2.2.3.2. Biodegradación de la Madera en Bosques y Selvas (18)

2.2.3.3. Dispersión, Colonización y Sucesión Microecológica en Madera y Detritus Leñosos (20)

2.2.3.4. Micromorfología de la Pudrición de la Madera (21)

2.2.4. Antecedentes en México (26)

2.3. Objetivos y Finalidad (27)

2.4. Hipótesis de Trabajo (27)

2.5. Justificación (27)

3. MATERIALES Y METODOS (29)

3.1. Procedencia del Material Estudiado (29)

3.2. Exámen Macroscópico de los Especímenes (29)

3.3. Técnicas Histológicas (29)

3.3.1. Safranina-Azul de Picroanilina (29)

3.3.2. Safranina-Verde Rápido (30)

3.3.3. Identificación del Substrato (30)

3.3.4. Técnicas de Microscopía y Fotomicrografía (30)

4. RESULTADOS Y DISCUSION (32)

4.1. *Auricularia delicata* (33)

4.2. *Auricularia polytricha* (37)

4.3. *Daldinia concentrica* (41)

4.4. *Favolus brasiliensis* (45)

4.5. *Favolus brasiliensis* (49)

4.6. *Ganoderma applanatum* (53)

4.7. *Ganoderma lucidum* (58)

4.8. *Hexagonia tenuis* (62)

4.9. *Hypoxylon rubiginosum* (66)

4.10. *Inonotus radiatus* (70)

4.11. *Lentinus crinitus* (74)

4.12. *Phylacia poculiformis* (78)

4.13. *Polyporus arcularius* (82)

4.14. *Polyporus maximus* (86)

4.15. *Polyporus tricholoma* (90)

4.16. *Pycnoporus sanguineus* (94)

4.17. *Trametes corrugata* (98)

4.18. *Trametes elegans* (102)

4.19. *Trametes scabrosa* (106)

5. DISCUSION GENERAL (110)

6. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS FUTUROS (115)

7. LITERATURA CITADA (117)

8. APENDICE I. GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS (126)

1. RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo el estudio de residuos leñosos asociados a fructificaciones de hongos xilófagos, en una localidad de clima cálido-húmedo con vegetación de selva alta perennifolia, para realizar observaciones micromorfológicas de la pudrición efectuada bajo condiciones naturales y contribuir al conocimiento de este proceso en especies tropicales.

Siendo este tema tan poco conocido en México, y por añadidura, de tipo multidisciplinario, fue necesario incluir una introducción que abarcara los tópicos requeridos para comprender en una dimensión adecuada este campo y los antecedentes bibliográficos correspondientes.

Los especímenes estudiados están depositados en la Colección de Macromicetes Xilófagos del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales del Instituto de Biología.

Estos ejemplares fueron sometidos a observaciones macroscópicas acerca de la pudrición *grosso modo*, y otras causas, tanto bióticas como abióticas, asociadas a su estado de descomposición. También se procedió a identificar la fructificación y el sustrato, hasta donde fue posible.

La labor principal consistió en aplicar técnicas histológicas con tinciones diferenciales para madera colonizada por hongos, realizar observaciones a nivel de microscopía óptica y con técnicas sencillas de fotomicrografía, e intentar recabar información que permitiera preparar una descripción panorámica de la degradación que las hifas de los hongos causan en las células de la madera, en cada ejemplar.

El estudio de 19 ejemplares incluyó 18 especies de hongos pertenecientes a 12 géneros y 6 familias; y 12 maderas diferentes identificadas a género o especie, y 6 no identificadas. Los resultados son presentados en orden alfabético de especies fúngicas, incluyendo datos como publicación de la descripción válida, sinonimia, clasificación, hábitat, distribución geográfica, datos del material estudiado, descripción de la pudrición, así como una sección de discusión y notas.

Los efectos micromorfológicos más generalizados, fueron deslignificación y adelgazamiento de paredes celulares, erosión y agrandamiento de punteaduras, perforaciones y canales de erosión; y menos frecuentes, grietas y cavidades rómbicas parecidas a las de pudrición suave. Hubo observaciones novedosas relacionadas con características anatómicas de la madera de especies tropicales, como fibras septadas, tildes y gomas. Se descubrieron dos formas de degradación de los radios poliseriados, centrífuga una y otra centrípeta.

Se comparó la pudrición en casos de tres especies del género *Polyporus* y otras tantas del género *Trametes*; dos casos del mismo sustrato (*Brosimum alicastrum*) atacado por diferente especie de hongo; así como el ataque de una misma especie de hongo (*Favolus brasiliensis*) sobre dos maderas diferentes.

Confrontando la forma en que se llevó a cabo el presente estudio, con la del antecedente más directo (VILCHIS ARGUETA, 1983), se concluye que a un nivel más panorámico y liberal, se describe mejor la micromorfología de la pudrición de la madera.

Finalmente, en este estudio fueron obtenidas nuevas aportaciones a este campo, estudiando material tropical de maderas y hongos, y con una diversidad de especies mayor a la que tradicionalmente se ha empleado en estudios de este tipo, por lo que se recomienda continuar y diversificar los proyectos con especies tropicales.

2. INTRODUCCION

2.1. Prólogo.

Una de las relaciones biológicas de mayor impacto global en la naturaleza ocurre entre la madera de las plantas leñosas y los hongos xilófagos, los hongos capaces de metabolizar, en parte o totalmente, a este tejido vegetal. Al fenómeno resultante se le llama comúnmente pudrición de la madera, la cual constituye un proceso no sólo complejo e interesante, desde el punto de vista biológico, sino también muy importante hablando económicamente de los recursos forestales. El estudio de esta relación pertenece a una temática interdisciplinaria, llamada actualmente biodeterioro de la madera.

La complejidad e interés de este proceso se debe a varias causas: en primer lugar, a que la madera es uno de los materiales de origen orgánico más complejo y variable que existe; y en segundo lugar, a que los hongos, aunque de estructura simple, son organismos con una fisiología y una ecología muy compleja, además de que también presentan una alta variabilidad genética (HUDSON, 1972).

La importancia biológica de la pudrición de la madera se debe a su beneficiosa participación en los ciclos del carbono y del oxígeno en la biósfera, lo mismo que a su aportación en la fertilidad del suelo forestal; contrastando con diversos problemas de daños y enfermedades en árboles (BOYCE, 1961; GILBERTSON, 1974).

La importancia económica del proceso reside en las grandes pérdidas de madera dañada, ya sea como producto forestal en el bosque, durante su procesamiento y almacenamiento, así como durante su vida útil como material en uso (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958).

Uno de los enfoques biodeteriorológicos de interés, aunque ha recibido poca atención, se refiere a los aspectos morfológicos de los daños causados por las hifas de los hongos en los diferentes tipos de células de la madera, tema que ha sido denominado *micromorfología de la pudrición* (BRAVERY, 1975).

Este tipo de estudios es interdisciplinario, pues abarca temáticas tan distantes como la anatomía de la madera y la morfología del micelio de los hongos en un contexto de interpretación fisiológica y hasta ecológica.

Para entender adecuadamente este tema, tan poco conocido en nuestro país, a continuación se presentan, en forma ligeramente amplia, tres capítulos de conceptos generales y antecedentes que conducen gradualmente al centro de este trabajo.

2.2. Conceptos Generales y Antecedentes.

2.2.1. Origen, Propiedades e Importancia del Substrato Madera.

2.2.1.1. Las Selvas Tropicales y su Riqueza en Especies Arbóreas.

La zona tropical, situada entre los 23 grados y 27 minutos de latitud norte y latitud sur, ocupa un 40% de la superficie terrestre. En esta zona se encuentran grandes contrastes climáticos que influyen en el mantenimiento de diferentes ecosistemas que van desde el desierto más árido hasta los bosques más frondosos, llamados *selvas*.

Las selvas tropicales están constituidas por una gran diversidad de plantas y animales, riqueza que no es posible observar en otros ecosistemas del planeta. Tan sólo en una hectárea de selva es posible encontrar una veintena de especies diferentes de árboles (AYENSU, 1981). La composición florística y la estructura de las selvas, varían según el régimen de lluvia. Esta variación se ve además afectada por las diferentes condiciones orográficas, bióticas e históricas particulares de cada sitio (UNESCO/PNUMA/ FAO, 1980).

Estos ecosistemas forestales se desarrollan bajo los regímenes más húmedos del clima A (que Köppen clasificó en 1948), correspondientes a los subtipos Af(m) o Am; es decir, aquellos que presentan precipitaciones anuales promedio superiores a los 2000 mm, y con una estación seca de hasta tres o cuatro meses (PENNINGTON y SARUKHAN, 1968); o bien, en zonas que poseen precipitaciones anuales menores, del orden de 1600-1700 mm, pero distribuidas de manera más regular en las estaciones (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980).

Los suelos en los que se encuentran estos ecosistemas, poseen generalmente buen drenaje, aunque algunos pueden inundarse por poco tiempo después de lluvias súbitamente fuertes. Los materiales geológicos en los que se encuentran, son principalmente de origen ígneo (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980).

En México, las asociaciones clasificadas como *selvas altas perennifolias* o *bosques tropicales perennifolios*, se desarrollan comúnmente en altitudes de 0-1000 msnm, aunque en algunas partes llegan hasta los 2000 msnm. Se estima que sólo la décima parte de este tipo de vegetación ostenta una condición clímax (RZEDOWSKI, 1978) pero lo más grave, es que ya quedan muy pocas selvas.

Una de estas escasas florestas, es la Selva Alta Perennifolia de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", del Instituto de Biología de la UNAM, localizada en el estado de Veracruz. Este sitio es particularmente importante por ser la selva más y mejor estudiada del país, tanto por investigadores nacionales como extranjeros. Se estima que existen en la Estación unas 818 especies pertenecientes a 118 familias diferentes de plantas (IBARRA MANRIQUE y SINACA COLIN, 1987). Entre las principales familias con especies arbóreas están: Anacardiaceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Borraginaceae, Burseraceae, Lauraceae, Leguminosae, Malvaceae, Meliaceae, Moraceae, Ulmaceae, Zapotaceae, Zygophyllaceae.

2.2.1.2. Crecimiento en Grosor de los Árboles.

Los árboles llevan a cabo dos tipos de crecimiento, el apical o primario, el cuál es en altura, y el diametral o radial, que es en grosor.

El crecimiento radial está relacionado con la formación de la madera; se considera que es un proceso continuo del crecimiento apical, debido a que no existe una delimitación clara de en qué momento termina uno y empieza el otro. El *meristemo apical*, va dejando en su desarrollo células dispersas que se organizan en un *procambium* y luego en el *cambium vascular* (MOREY, 1973). Este tejido meristemático está compuesto de células con un gran contenido de ácido ribonucleico, donde el proceso de mitosis es continuo.

Al cambium se le llama más apropiadamente *zona cambial* (JANE, 1970), la cual está compuesta de una hilera central de *células iniciales* y varias capas de células en diferentes estadios de maduración: hacia el exterior, las *células madres del floema* y hacia el interior las *células madres del xilema*. A su vez, las células iniciales, pueden ser de dos tipos, las *iniciales fusiformes* y las *iniciales de radio* (JANE, 1970).

Estas células se dividen de manera periclinal y anticlinal. La *división periclinal*, forma una pared en el plano tangencial, que origina hileras de elementos alineados radialmente, aumentando el diámetro del tronco. Y la *división anticlinal*, forma una pared celular perpendicular a la superficie del tallo o rama, creando tejido que "rellena" el volumen intersticial requerido conforme se incrementa el grosor (MORENO, 1984).

Las características de estos dos tipos de células iniciales, son las siguientes:

Células iniciales fusiformes.- Vistas en sección tangencial tienen forma aguzada y elongada, dan origen a las células axiales del xilema, las cuales son, traqueidas, fibras, miembros de vasos, parénquima axial; así como a las respectivas células axiales del floema (ESAU, 1965).

Células iniciales radiales.- Son redondeadas y cortas, cercanamente isodiamétricas, dando lugar únicamente a los elementos transversales o radiales del xilema y del floema (ESAU, 1965).

El periodo de tiempo en el que el cambium produce las células del xilema y floema, puede variar año con año, ya que se ve afectado por diversos factores ambientales como son; suelo, temperatura, humedad, intensidad luminosa, y duración del día. Este fenómeno, que es muy marcado en árboles de clima templado, se aprecia por la diferencia entre la madera formada tempranamente en una estación de crecimiento (primavera) y la que se forma tardíamente en el verano, produciéndose *anillos de crecimiento* muy característicos.

La *madera temprana*, se forma durante la primavera, en esta etapa las células axiales tienden a ser largas con grandes lúmenes; posteriormente, la producción de células en la siguiente estación (verano), se tomará lenta, las células producidas por el cambium vascular tendrán lumen angosto y paredes gruesas, formando la *madera tardía*. La actividad cesa enteramente durante el periodo restante, hasta que nuevamente tiene lugar la reactivación (ESAU, 1965).

En árboles tropicales y subtropicales el inicio de la actividad del cambium, en la gran mayoría de las especies, está menos delinido, porque la secuencia de eventos desarrollados no está

claramente separada en periodos pronunciados de actividad y reposo, y en consecuencia, los anillos de crecimiento no son una característica típica en la madera de estas especies (ZIMMERMAN y BROWN, 1977).

Tratando otro aspecto de la vida de un árbol, la función de almacenar alimentos y conducir savia en el xilema, es llevada a cabo en las capas de crecimiento exteriores más jóvenes. Esta porción, conocida como *albura*, está formada de células muertas como: traqueidas, fibras, elementos de vaso; pero también contiene una pequeña proporción de células parenquimáticas vivas (JANE, 1970). La madera de albura es usualmente más clara en color, con mayor contenido de humedad y es menos durable; pero no siempre es posible distinguirla.

El trabajo de conducir agua desde las raíces a las partes superiores del árbol es llevado a cabo por las células conductoras de la madera: *elementos vasculares* en los árboles dicotiledóneos y *traqueidas* en las coníferas. El diferencial de presión hídrica, generado por la evapotranspiración, juega un papel muy importante en el movimiento del agua a través del tallo y hasta los sitios en que se efectúa la fotosíntesis, movimiento continuo mientras prosigue el crecimiento diametral. Sin embargo, tarde o temprano, en la zona más interna de la albura, este flujo se interrumpe, dejando en su lugar burbujas de aire en los lúmenes de vasos o traqueidas, provocando con ello una embolia o *embólisis*. Esta pérdida de agua en los elementos conductores trae consigo una serie de eventos que dan lugar a la formación del *duramen*, el cual ocupa las capas más internas del árbol (ZIMMERMAN y BROWN, 1977).

En el duramen ya no existen células vivas, los materiales de reserva han sido retirados o convertidos en sustancias diversas llamados extractivos, como aceites, gomas, resinas, taninos, muchos de éstos son productos colorantes y aromatizantes. Algunas de estas sustancias impregnan las paredes celulares y otras están contenidas en el lumen. Debido a esto, generalmente el color del duramen es más oscuro y de mayor durabilidad en comparación con la albura (CORE, COTE y DAY, 1979).

2.2.1.3. Estructura y Composición Química de la Madera.

Existen diferencias fundamentales en la estructura anatómica de la madera de gimnospermas y angiospermas. Como en este trabajo sólo está involucrada la madera de estas últimas, la descripción estructural de las primeras ha sido omitida.

La madera de las angiospermas es estructuralmente más compleja y heterogénea. Está formada por una mayor diversidad de tipos de células, y a su vez, la forma, el tamaño y la disposición de éstas, varían de especie a especie. A continuación, se describen los principales tipos de células, conjuntando datos de diferentes autores, principalmente ESAU (1965), JANE (1970), y CORE, COTE y DAY (1979), utilizando los términos en español acorde con el Multilingual Glossary of Terms Used in Wood Anatomy (COMMITTEE ON NOMENCLATURE, IAWA, 1964).

Elementos o miembros vasculares.- Su función es la de conducir agua y soluciones acuosas, cuando forman parte de la albura. El vaso es una estructura articulada compuesta de una hilera vertical de estos elementos, conectados unos a otros por sus *paredes de extremo* (superior e inferior). El área de paredes adjuntas involucradas en la conexión de dos elementos de vaso, es llamada *platina de perforación*, cuyas perforaciones pueden ser grandes o pequeñas, redondas,

ovoides o en forma de aberturas elongadas. Según la forma y arreglo de estas perforaciones, las platinas entonces reciben el nombre de simples, alternas u opuestas, efedroides o reticuladas, y escalariformes.

Fibras.- Son células largas y angostas semejantes a las traqueldas de la madera tardía de las gimnospermas. Las fibras tienen extremos cerrados, muy aguzados y algunas veces ornamentados con denticiones. Las paredes de estas células presentan punteaduras areoladas, varían de gruesas a delgadas y los lúmenes de amplios a angostos. Las fibras se clasifican en *fibra traqueal*, *fibras leñosas libriformes* y *fibras leñosas septadas* o *no septadas*.

Parénquima.- Las células del parénquima son típicamente prismáticas, con punteaduras simples. Aparecen llenas de contenidos normales de citoplasma vivo o tienen varias inclusiones en forma de almidón, cristales, y extractivos variados. Reciben nombres diferentes de acuerdo a su distribución en la madera:

Parénquima axial.- Está constituido por hileras verticales de células, siendo particularmente abundante en madera de especies tropicales. De acuerdo a su localización, las hileras pueden estar difusas entre las fibras, o agregadas en el tipo "zonado", formando franjas tangenciales y hasta bandas continuas, a veces marcando los límites de los anillos de crecimiento; y según la posición del parénquima axial con respecto a los vasos, este puede ser *apotraqueal* o *paratraqueal*, dependiendo de si está independiente o adyacente a los vasos (ESAU, 1965; JANE, 1970).

Radios.- Un radio es un conjunto de células parenquimáticas que se extiende radialmente tanto en el xilema como en el floema. Normalmente, los radios pueden estar formados sólo de células parenquimáticas; éstas pueden ser de uno o varios tipos y hay hasta subtipos: las llamadas *procumbentes* tienen forma de ladrillo y su posición es horizontal; las *células erectas* o *cuadradas* son más altas y cortas que las anteriores. Los radios pueden estar constituidos totalmente de células procumbentes, de células erectas, o de una combinación de ambas. Si los radios presentan células de igual altura, reciben el nombre de *homocelulares*, pero si contienen células de diferente tipo, se llaman *heterocelulares*.

Aunque el tema de anatomía de la madera es mucho más extenso, la información anterior fundamenta lo necesario para los fines de este trabajo, para ahora pasar a un aspecto más fino de la estructura de este material.

La madera es uno de los productos más notables que existen en la tierra, con una variedad extraordinaria de propiedades que la hacen única e irremplazable entre todos los materiales que existen, y esto se debe, por un lado a su estructura anatómica, pero en gran parte también a la ultraestructura y composición química de la pared de las células que la constituyen.

Durante la diferenciación y maduración de las células del xilema, ocurre la biosíntesis de la pared celular. Una de las primeras etapas de la organización ultraestructural de este organelo, tiene lugar con la formación de una *matriz plástica*, compuesta de hemicelulosas y material péctico en estado amorfo. En un paso siguiente, se incorpora celulosa en estado cristalino, en forma de *microfibrillas*, el arreglo y orientación de este acomodo da origen a diferentes capas. En una última etapa, sucede el reforzamiento o la incrustación de las microfibrillas con lignina (FREY-WYSSLING, 1968). Una descripción más detallada acerca de este acomodo

ultraestructural, fue tomada de WARDROP y HARADA (1963), TSOUNIS (1968) y PANSIN y DE ZEEUW, (1970) y PRESTON (1974), la cual es presentada a continuación.

Considerando un corte transversal en una zona de fibras típicas, en primer término, por fuera de las células, se localiza la *lámina media* o *capa intercelular*, compuesta de lignina y pectina, su función es la de unir a las células contiguas en el tejido leñoso.

Ya formando parte de cada una de las células, en la zona más externa, se localiza la *pared primaria*, que se distingue porque las microfibrillas de celulosa están dispersas, con poco orden en su arreglo, pero empiezan a tener una orientación paralela en algunas porciones. La pared primaria está sumergida en una matriz amorfa de hemicelulosa, materiales pécticos y lignina, y con algo más del 70% de agua.

A nivel de microscopía óptica, los anatomistas utilizan el término de *lámina media compuesta* para señalar zonas en las que no es posible diferenciar entre lámina media y pared primaria (COMMITTEE ON NOMENCLATURE, IAWA, 1964).

Hacia el interior, sigue la *pared secundaria*, compuesta de tres capas principales (denominadas S1, S2 y S3), y éstas, a su vez, de películas más finas superpuestas, llamadas *lamelas*. La *capa S1* es la más externa y delgada, formada de pocas lamelas (4 a 6), su organización microfibrilar exhibe una alternancia del arreglo helicoidal hacia la izquierda o la derecha, orientaciones llamadas S y Z, respectivamente. Cada lamela se distingue por el diferente ángulo de inclinación de las microfibrillas de celulosa con respecto al eje axial de la célula, esta inclinación puede ser de 50° a 90°. Sigue hacia el interior la *capa S2*, ésta es mucho más gruesa, particularmente en traqueídas de madera tardía por estar compuesta de muchas lamelas (300-750). Cada una con un grosor de 600 a 700 Angstroms. Las microfibrillas muestran un alto grado de paralelismo en todas las lamelas, no exceden un ángulo de inclinación de 30°. La *capa S3*, es la más interna, parece ser más delgada que la capa S1. Las microfibrillas aquí están orientadas en una helicoidal muy oblicua en un ángulo de 60° a 90° con respecto al eje celular.

Por último, a veces hay una porción que limita a la pared secundaria hacia el *lúmen* o espacio vacío que antes de la maduración ocupaba el citoplasma. Esta es la llamada *capa verrucosa*, la cual está compuesta por restos de la membrana celular o *plasmalema* y residuos citoplásmicos.

A un nivel todavía más fino de la estructura de la madera, están las características macromoleculares de los componentes químicos de la pared celular.

La madera contiene de un 40-45% de *celulosa*, constituyendo parte de la pared celular (FINDLAY, 1975). Este polímero macromolecular está formado por cadenas lineales de B 1-4 D glucopiranosas, también llamada *celobiosa*, la cual es un dímero con dos unidades de glucosa unidas por enlaces *beta* entre sus carbonos 1 y 4. A un grupo de cuatro moléculas de celobiosa se le denomina célula unidad, por ser la mínima porción de celulosa con estructura cristalina. Estos cristales forman cadenas largas que son las llamadas *fibras elementales*, las cuales adoptan un arreglo paralelo y dan origen a las llamadas *microfibrillas* (PRESTON, 1974).

Las *hemicelulosas*, constituyen de un 20 a un 35% de los polisacáridos en la madera. Son polímeros diversos de azúcares hexosas o pentosas, exclusivamente, o en combinación con

ácidos urónicos intercalados. Son solubles en bases diluídas e hidrolizables fácilmente en ácidos diluídos (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970).

Frecuentemente se utiliza el término de *holocelulosa* para referirse a la fracción total de polisacáridos que constituyen la pared celular, es decir, la celulosa y las hemicelulosas asociadas (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970).

La *lignina* está presente de un 22-33% en la madera. Tiene forma tridimensional muy compleja, es macromolecularmente amorfa debido a la polimerización no simétrica de unidades de alcohol coniferílico, paracumarílico y sinapílico (FREUDENBERG y NEISH, 1968). Funciona como una sustancia incrustante que se deposita en las paredes celulares conforme avanza el proceso de maduración. Contribuye a la dureza de la madera, siendo el mayor constituyente de la pared secundaria. Intercelularmente, funciona como material cementante (FREY-WISSLING y MÜHLETHALER, 1965).

El resto de los compuestos químicos de la madera, son los llamados genéricamente *extractivos*, presentes en la pared celular (infiltrados), depositados en los lúmenes de las fibras o contenidos en las células parenquimáticas. Su nombre se debe a que son realmente extraíbles de la madera por métodos sencillos, con agua y algunos solventes orgánicos, o por destilación, siendo éstas sus únicas características en común, porque químicamente son muy diversos (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970). En la madera de las angiospermas, los principales extractivos son los llamados taninos (HUDSON, 1972). La fórmula química de los taninos no está completamente dilucidada y parece que es diferente según el árbol del que provengan, aunque se considera que todos los hidrolizables deben ser semejantes a la pentadigaloilglucosa, y los no hidrolizables, parecidos a la leucoantocianidina (WALKER, 1975; BARCELÓ, 1979).

2.2.1.4. Propiedades del Producto Forestal Madera.

Desde tiempos muy remotos, el hombre ha obtenido diversos beneficios de las selvas tropicales, en especial de los árboles, ya que de ellos se extrae una infinidad de productos tales como: especias, aceites aromáticos y volátiles, resinas, gomas, exudados, madera para diversos fines y combustibles (AYENSU, 1981).

Citando sólo unos casos de especies cuya madera ha sido estudiada en este trabajo, se puede ejemplificar apenas una pequeña parte de la importancia de selvas tropicales como la de Los Tuxtlas, en las que se encuentran árboles de gran talla. En México, parece ser que las mayores dimensiones conocidas se encuentran en árboles de la especie *Ulmus mexicana* con hasta 87 m de altura total y 6 m de diámetro en su tronco, de gran utilidad además por su fuste derecho y limpio (PENNINGTON y SARUKHAN, 1968). Otro ejemplo es *Brosimum alicastrum*, árbol de 40 m de alto y 1.5 m de diámetro, de cuyo fuste se extrae madera para la construcción de muebles, sus hojas son usadas para forraje y sus frutos y semillas para el consumo humano. La madera de *Rollinia rensoniana* se usa para la fabricación de artículos torneados y artículos deportivos, y sus frutos son comestibles (*op. cit.*). Aún se desconoce la utilidad tanto real como potencial de un sinnúmero de especies arbóreas, por lo que es necesario incrementar mucho el conocimiento de las selvas, si se desea conservarlas y lograr un aprovechamiento sensato que pueda asegurar el abastecimiento permanente de madera y otros productos derivados que provengan de las selvas tropicales.

El valor de la madera como material de uso ha sido apreciado a todo lo largo de la vida del hombre en el planeta. Hoy en día su valor y su utilidad se han expandido y diversificado con la aplicación de métodos modernos desarrollados con base en el estudio de su crecimiento, estructura, composición química y la tecnología de su procesamiento y de su utilización.

Como materia prima, de la madera se obtienen muchos productos secundarios, como papel, rayón, hilo de celulosa, acetato, celofán, explosivos, películas fotográficas, esponjas sintéticas, barnices, alcoholes etílico y metílico, ácido acético piroleñoso, melazas, adhesivos y otros productos químicos derivados (TSOUMIS, 1968).

La lista de usos presentes de la madera sólida, es muy grande y diversa, muchos de ellos derivan de su alta resistencia mecánica como vigas, polines, durmientes, postes; estructuras, como cercas, puentes, muelles, casas; enseres menores, desde muebles o artículos deportivos, hasta una infinidad de artesanías y accesorios de uso común.

Finalmente, el producto natural puede ser transformado en materiales laminados como chapa o tableros de partículas y fibras aglomeradas, hasta papel, entre otras muchas posibilidades.

Aunado a lo anterior, el valor de la madera como material útil es mucho mayor, porque existen árboles maderables en casi todas las regiones del mundo, siendo un recurso renovable y mejorable mediante tratamiento genético y prácticas silviculturales.

Sería imposible intentar el estudio de cualquiera de los aspectos biológicos relacionados con un material tan complejo, sin tomar en cuenta, al menos en forma panorámica, el conocimiento de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de la madera.

Los anatomistas y tecnólogos de la madera utilizan una serie de características para describir las propiedades del material, tanto en forma general como particular para cada especie arbórea, en este sentido, son ampliamente usados los términos de "comportamiento" o "reacción". A continuación, se mencionan las más importantes, para entender al material que es sujeto a la biodegradación y así visualizar la importancia de este proceso.

Planos o cortes de la madera.

Son tres los conocidos como planos o cortes básicos de la madera: transversal, radial y tangencial. A los dos últimos, se les llama también indistintamente longitudinales. Son importantes no sólo como una guía en la estructura tridimensional de la madera, sino porque en las superficies y ejes que indican, se presentan diferencias muy notables tanto en las características anatómicas del xilema como en las propiedades fisicomecánicas del material que por ello tiene un comportamiento anisotrópico. Estos planos, superficies o cortes, se pueden describir así (CORE, COTE y DAY, 1979):

Transversal.- Es aquel visto o realizado perpendicularmente a la dirección axial del tronco.

Radial.- Es el comprendido en una dirección que va de la corteza hacia el centro del tronco, el sitio en que se ubica la médula.

Tangencial.- Es aquel que sigue una dirección paralela a un plano tangencial a la periferia del tronco del árbol, y es perpendicular al plano radial.

Propiedades Organolépticas o Estéticas.

Son aquellas características de la madera que son perceptibles por los órganos de los sentidos humanos, y por ello, tienen un ingrediente subjetivo en su calidad. Estas son (TSOUMIS, 1968; BARAJAS MORALES *et al.*, 1979):

Color.- Esta propiedad se debe inicialmente a los componentes estructurales de las paredes celulares, principalmente la lignina, pero con mayor intensidad a la presencia de compuestos orgánicos, entre éstos, algunos extractivos.

Veteado.- Se refiere a los diferentes patrones de aspecto, tonalidad o figura que se aprecian en las superficies longitudinales de la madera, en cuya formación intervienen factores tales como los anillos de crecimiento, el paréquima axial, los radios, la textura y el grano.

Textura.- Calidad de aspecto y tacto de las superficies de la madera pulida, lo que se debe al tamaño de ciertas células del tejido leñoso y a la cantidad de éstas en un área determinada.

Grano o Hilo.- Indica la dirección y la regularidad del arreglo de las células axiales con respecto al eje longitudinal del árbol, factor que influye también en el aspecto de la madera pulida.

Olor y sabor.- El tipo y la intensidad de estas características se deben principalmente a los contenidos de compuestos aromáticos en las cavidades celulares.

Propiedades Físicas.

Aquí se agrupan características más objetivas e incluso mensurables, a las cuales se deben propiedades importantes del material madera, algunas son (TSOUMIS, 1968; ECHENIQUE MANRIQUE, 1971; ECHENIQUE-MANRIQUE y ROBLES FERNANDEZ-VILLEGAS, 1983):

Densidad y Peso específico.- La densidad es la masa contenida por unidad de volumen. La densidad de la madera se expresa en el sistema métrico como Kg/m³. Las diferentes especies de madera varían enormemente en su densidad, sin embargo, la materia básica que existe en los componentes celulares, tiene un valor relativamente constante de 24.03 Kg/m³. El peso específico, más comúnmente llamado *gravedad específica* por los tecnólogos de la madera, en valores es exactamente lo mismo que la densidad, sólo que por ser parámetros relativos a la densidad del agua (1 g/1 cm³), los valores no tienen unidades. Esta propiedad de la madera es de interés especial, porque tiene una influencia más directa en su resistencia mecánica, particularmente la dureza.

Contenido de humedad.- Se define como la relación que existe entre el peso del agua contenida en la madera y el peso anhidro de ésta, la relación obtenida se expresa en forma de porcentaje. El contenido de humedad afecta varias propiedades fisicomecánicas de la madera así como a su vulnerabilidad ante los organismos biodeterioradores.

Higroscopicidad.- Es la capacidad de ganar y perder humedad en forma gaseosa, conforme aumenta o disminuye la humedad relativa del medio. Esta propiedad influye en la ocurrencia de cambios dimensionales en la madera proporcionales con cierto rango de contenido de humedad.

Permeabilidad.- Propiedad relacionada con la magnitud del flujo de gases o líquidos a través de las células de la madera. Varía de acuerdo con los planos de la madera, es mayor la permeabilidad, cuando el flujo es en dirección longitudinal y mucho menor cuando es en dirección transversal. En maderas tropicales ésta es una propiedad que influye en la resistencia de las maderas hacia el ataque de los hongos xilófagos (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970).

Conductividad y aislamiento térmico.- La madera seca es un buen aislante térmico, debido a la discontinuidad que posee en su estructura anatómica, y a que los espacios microscópicos están ocupados por aire. Las maderas ligeras, blandas y con mucha porosidad son las más aislantes al calor y las que son duras y compactas son menos aislantes.

Propiedades acústicas.- La madera sólida, mientras más porosa y blanda, tiende más a absorber el sonido que a reflejarlo, pero si es muy densa y dura, es más eficiente para reflejar el sonido que para absorberlo.

Propiedades Mecánicas.

Las propiedades mecánicas de la madera son el resultado de su comportamiento bajo ciertos esfuerzos aplicados. Estas propiedades varían considerablemente debido a factores como son la estructura anatómica típica de la especie, las características de crecimiento poblacional e incluso individual del árbol. Influyen además en sus valores particulares las condiciones de contenido de humedad y temperatura del material.

Para explicarlas, hace falta considerar algunos conceptos, como el de *fuerza*, la cual al ser expresada sobre la base de unidad de área o volumen, es conocida como *esfuerzo*, y a la reacción resultante de la aplicación de esfuerzos, se le denomina *deformación o deflexión*. Se considera que existen tres tipos básicos de esfuerzos: *compresión*, *tensil* y *deslizante-cortante*, para evaluar la resistencia mecánica de la madera (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970; ECHENIQUE-MANRIQUE, 1971; FINDLAY, 1975; ROBLES FERNÁNDEZ-VILLEGAS y ECHENIQUE-MANRIQUE, 1983):

Resistencia a la compresión.- Es la resistencia que opone la madera ante un esfuerzo que tiende a acortar una dimensión o reducir el volumen de una pieza de madera.

Resistencia a la tensión.- Es la capacidad de resistir a una fuerza que tiende a incrementar la dimensión o el volumen de una pieza de madera. En general, la madera es tres veces más resistente a la tensión que a la compresión.

Resistencia al esfuerzo deslizante o cortante.- Es la propiedad de soportar fuerzas que tienden a causar, en porciones de una pieza sólida de madera, movimientos o deslizamientos de las fibras en direcciones opuestas.

Resistencia a la flexión.- Es la capacidad de evitar la deformación ante esfuerzos combinados que tiendan a doblar una pieza de madera, por ejemplo, la carga que soporta una viga.

Resistencia a la torsión.- También es una propiedad de resistir a esfuerzos combinados que pretendan hacer girar a una pieza de madera sobre sí misma.

Resistencia al impacto.- Es la cualidad que tiene la madera de resistir esfuerzos aplicados repentinamente.

Dureza.- Se define como la resistencia a la indentación y a la abrasión. Esta es la propiedad más directamente relacionada con la densidad del material.

La pudrición de la madera afecta drásticamente todas las propiedades fisicomecánicas del material. Esto redundaría en que el proceso no sólo es económicamente importante, sino que también despierta mayor interés por conocer en todos sus aspectos cómo se llevan a cabo los procesos de biodegradación que logran alterar a un sustrato con tales características y cualidades.

2.2.2. Los Hongos Lignícolas, Clasificación, Biología e Importancia.

2.2.2.1. Clasificación de los Hongos Lignícolas.

Dentro de este tema, hay que aclarar que existen diversos modos de clasificar a los *hongos lignícolas*. Desde un punto de vista taxonómico, por ejemplo, se establece su posición en un sistema jerárquico-evolutivo de interés académico. Mientras que una clasificación con visión práctica, toma en cuenta principalmente el efecto que estos organismos producen en la madera.

Según el primer caso, el grupo de los hongos lignícolas es tan heterogéneo que comprende especies muy diversas, las cuales están repartidas en varias subdivisiones, clases y órdenes de la división Eumycota del Reino Fungi o Mycetozoa, de tal manera que exponer aquí un cuadro de clasificación sistemática completa de este grupo de organismos, casi equivaldría a incluir el de todo el Reino, pero suscitadamente se puede mencionar lo siguiente.

Entre los Phycomycotina, hay diversos mohos que viven en la madera, al igual que en los Deuteromycotina, a estos se les conoce como hongos microscópicos o *micromicetes*: Pero los hongos lignícolas más importantes son los llamados *macromicetes* u hongos superiores, que se encuentran entre los Ascomycotina, de los cuales la familia más destacada es la Xylariaceae, y en los Basidiomycotina, cuyos órdenes más notorios son el de los Agaricales y el de los Aphyllophorales (HERRERA y ULLOA, 1990).

Por el efecto que producen en la madera, se reconocen varios grupos (HUNT y GARRATT, 1962; SCHEFFER, 1973):

Los *mohos*, micromicetes que se alimentan de cualquier depósito o residuo de materia orgánica de fácil descomposición (omnívoros), no provocan daños graves en las fibras. El principal efecto que producen en la madera es un aumento perceptible en la permeabilidad y disminuyen en cierto grado la resistencia al impacto. Poco o nada afectan a otras propiedades, pero sí causan un mal aspecto en la madera, por el desarrollo superficial de sus hifas coloreadas y su abundante esporulación, deterioro conocido como *enmohecimiento*.

Se distinguen de los anteriores, los micromicetes llamados *hongos cromógenos* o causantes de los *manchados de la madera*. Son más importantes por desarrollarse más profundamente y ser capaces de colonizar toda la zona de albura, siguiendo una distribución radial, ya que invaden principalmente a las células parenquimatosas de los radios en busca de azúcares, almidones y otras sustancias de reserva. Aunque no esporulan tan profusamente, las manchas que producen dan la impresión de descomposición. Estos hongos no afectan significativamente a las propiedades físicas y mecánicas del material, sin embargo, se sabe de casos extremos en los que el ataque de manchado azul disminuyó ligeramente la dureza y la gravedad específica, así como la resistencia al impacto, a la compresión y a la flexión estática.

Finalmente, están los *hongos xilófagos* o causantes de las *podriciones*, de los cuales, casi todos son macromicetes. Por ser parte del tema central del presente trabajo, serán tratados con mayor detalle más adelante.

2.2.2.2. Fisiología de los Hongos Xilófagos.

El proceso de *podrición de la madera*, se refiere al conjunto de efectos producidos en el xilema por la acción de hongos superiores (WILCOX, 1970). Los daños ocasionados por estos organismos son enzimáticos, es decir, de tipo *químico asimilatorio*, los cuales alteran drásticamente las propiedades químicas, físicas y mecánicas de la madera (SEAL y EGGINS, 1981).

Hay dos tipos principales de podrición que se diferencian por la acción que sobre la madera causan los hongos.

El primer tipo de podrición es llamado *podrición morena* porque el color de la madera tiende a oscurecerse en un estado avanzado; la madera adquiere una condición fragmentada que asemeja al carbón, como resultado de agrietamiento longitudinal y transversal al grano de la madera (BOYCE, 1961). La resistencia mecánica de la madera es reducida drásticamente, especialmente la resistencia al impacto y a la flexión estática, así como la dureza, pues la madera se vuelve muy quebradiza; disminuye fuertemente la gravedad específica y la higroscopicidad; en cambio, la permeabilidad aumenta (SCHEFFER, 1973). Los hongos de podrición morena, sólo metabolizan celulosa y carbohidratos asociados a la estructura de la pared celular, es decir, la holocelulosa, dejando la lignina prácticamente intacta (COWLING, 1961; KIRK, 1973).

El segundo tipo de podrición es la *podrición blanca*, en su etapa inicial, la madera es atacada en sitios aislados y toma una coloración rojiza a oscura, pero conforme transcurre el tiempo, el ataque se extiende, la madera se torna blanquecina y de consistencia esponjosa a fibrosa y deleznable; si se trata de madera de angiospermas, aparecen las llamadas líneas zonales como trazos oscuros, finos e irregulares (BOYCE, 1961; SCHEFFER, 1973). Las características mecánicas de la madera también son fuertemente afectadas, principalmente la resistencia al impacto, a la flexión estática y a la compresión; disminuye mucho la dureza y la gravedad específica; disminuye ligeramente la higroscopicidad, pero aumenta la permeabilidad (SCHEFFER, 1973). Los hongos de podrición blanca pueden metabolizar a ambos componentes estructurales de la pared celular, lignina y holocelulosa (COWLING, 1961; KIRK, 1973).

Existe otro tipo de podrición llamado *podrición suave*, el cual es ocasionado por algunos ascomicetes y hongos imperfectos, por lo que se considera separado de los otros dos. Se

presenta en las partes superficiales de madera con alto contenido de humedad y expuesta a temperaturas relativamente altas. El ataque puede ser tan severo que la consistencia del sustrato se vuelve extremadamente suave, y cuando se seca toma una apariencia agrietada muy parecida a la de la pudrición morena. Las hifas de este grupo de hongos invaden las partes poco lignificadas de la pared celular, desarrollándose helicoidalmente en la capa S2 y formando típicas cavidades en forma de diamante (rómicas) o cilíndricas al ir metabolizando la holocelulosa de las microfibrillas (SAVORY, 1954).

Sobre las condiciones ambientales para una actividad biodegradadora óptima de los hongos xilófagos se toman en cuenta factores como los siguientes.

En general, los hongos crecen más rápidamente bajo condiciones de calor que de frío, si bien la temperatura óptima para su crecimiento varía grandemente de especie a especie. Sin embargo, para los hongos xilófagos, se ha aceptado un rango de temperatura favorable que va de 25° a 30°C (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958). Así, se puede decir que estos hongos son *mesófilos*, y muy pocos son considerados como *termófilos* (ULLOA, 1991).

Los hongos son comúnmente considerados como organismos estrictamente aeróbicos, sin embargo, la cantidad de oxígeno que es requerida para el crecimiento de la colonia puede variar considerablemente de una especie a otra. En la madera colonizada, el contenido interno de aire óptimamente deberá no ser inferior al 50% (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958).

La presencia de agua también es vitalmente requerida para el desarrollo de los hongos xilófagos. La mayoría de las especies requieren contenidos de humedad del 35 al 50% para iniciar la colonización y degradación del sustrato madera, ya que a estos niveles hay suficiente agua líquida que permita la libre difusión de enzimas y de los productos de su acción (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958).

La luz solar tiende a retardar el crecimiento vegetativo de los hongos xilófagos. Sin embargo, se ha puntualizado que la luz tiene una influencia positiva en la formación y desarrollo de las esporas asexuales, muy pocas especies de hongos forman esporas asexuales en la oscuridad completa. Los requerimientos de luz en las especies de hongos xilófagos para la formación de fructificaciones, es variable de especie a especie (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958).

Esta bien fundamentado que el crecimiento para los hongos xilófagos se ve favorecido en un medio moderadamente ácido, en general, el rango óptimo para este crecimiento es de 4.5-5.5 (CARTWRIGHT y FINDLAY 1958).

2.2.2.3. El Conocimiento de los Hongos Lignícolas Tropicales.

A nivel mundial, el conocimiento de los macromicetos lignícolas de las regiones templadas a frías es bastante rico en prácticamente todos los aspectos, desde morfología y taxonomía hasta fisiología enzimática y genética. Obviamente, esto se debe a que la distribución de esas especies coincide con la ubicación de los países más desarrollados. En consecuencia, es evidente que el conocimiento de las especies tropicales (es decir, de zonas cálido-húmedas), que habitan en

países subdesarrollados, es todavía muy escaso, quizá a excepción de algunas especies con distribución cosmopolita.

Uno de los pocos trabajos que presentan una visión amplia o más completa de los hongos tropicales es el de BAKSHI (1971), sobre los poliporáceos de la India, aunque incluye también zonas templado-frías de los Himalayas. Sobre este extenso grupo de hongos, la gran mayoría lignícolas, incluye no sólo la descripción de las especies, sino también el tipo de substrato en el que ocurren (especies arbóreas, tipo de madera), su distribución geográfica, su importancia económica, y especialmente importante, el tipo de pudrición que causan con una descripción macroscópica de la misma, incluso con datos comparativos para las diferentes especies de hongos. En opinión de este autor, para la distribución de estas especies los factores más importantes son la temperatura, y luego, la precipitación.

En México, el estudio de los hongos tropicales, lignícolas o no, raramente ha pasado del nivel de listados fungísticos parciales, simples o comentados, abarcando zonas muy extensas, como en parte de los Estados de Veracruz y Oaxaca (WELDEN y GUZMAN, 1978; WELDEN, DAVALOS y GUZMAN, 1979), o la Península de Yucatán (CHIO y GUZMAN, 1982), por citar pocos ejemplos, pero que ilustran una tendencia preferencial hacia los muestreos extensivos en lugar de estudios intensivos en sitios o hábitats específicos. Por otro lado, se ha trabajado *in vitro* con algunas especies xilófagas sobre determinaciones del tipo de pudrición que causan, evaluaciones de su agresividad hacia la madera y de su tolerancia a preservadores comerciales para madera (PINZON-PICASEÑO *et al.*, 1982; VELIZ AVILA, 1982; MARTINEZ MARCIAL, 1983; HERNANDEZ JIMENEZ, 1984; PINZON PICASEÑO y VELIZ AVILA, 1984; PINZON-PICASEÑO y HERNANDEZ JIMENEZ, 1987; PINZON PICASEÑO y MARTINEZ MARCIAL, 1987; PINZON PICASEÑO *et al.* 1987).

El panorama anterior lleva a reflexionar que todavía hace falta estudiar a los hongos de las zonas cálido-húmedas en muchos otros aspectos e inclinar la tendencia hacia los trabajos intensivos y de su actividad *in situ*. Esto es particularmente urgente, tomando en cuenta la vertiginosa velocidad a la que están desapareciendo las selvas tropicales.

2.2.2.4. Importancia Biológica de los Hongos Degradadores de la Madera.

Los residuos de madera en el bosque (ramas, troncos, raíces, pedacería de la tala y el aserrfo), pueden acumularse en grandes volúmenes, convirtiéndose en almacenes de humedad, materia orgánica y hábitat disponibles para una infinidad de organismos.

Estos restos vegetales son incorporados nuevamente al suelo con relativa facilidad por los organismos reintegradores de la naturaleza, en este caso, los hongos lignícolas, que son considerados como los descomponedores primarios de la madera en la biósfera, cumpliendo así con funciones básicas para el sostenimiento de la estructura del ecosistema.

Desprovistas de clorofila, las hifas de estos hongos saprobios penetran a los tejidos de la madera, liberan sus enzimas y así digieren contenidos y componentes celulares. Funcionan como agentes que reciclan nutrientes y materia orgánica, estos organismos liberan o mineralizan nutrientes, crean muchos tipos de productos de degradación (intermedios y finales), capturan o retienen nutrientes que podrían de otra forma ser lixiviados por el intemperismo, forman complejos

físico-químicos (por ejemplo, suelo-humus y sitios de intercambio catiónico) responsables de la estructura y fertilidad de los suelos (BOYCE, 1961; TOOLE, 1965; WAGENER y OFFORD, 1972; HARVEY *et al.* 1987).

2.2.3. Biología de la Pudrición de la Madera.

2.2.3.1. Susceptibilidad y Resistencia Natural de la Madera a la Pudrición.

La madera es, entre los materiales de origen orgánico, uno de los más resistentes y durables que existen, quizá superada sólo por el tejido óseo y el marfil. Esto significa que es capaz de conservar su integridad estructural y propiedades mecánicas, resistiendo el efecto deletéreo de los agentes tanto bióticos (bacterias, hongos, insectos) como abióticos (intemperismo: radiación infrarroja, ultravioleta, cambios dimensionales por temperatura o contenido de humedad, erosión, etc.), durante más tiempo. A esta cualidad, particularmente aplicada ante el efecto de los hongos que causan la pudrición (y también otros agentes biodegradadores o biodeterioradores) se le aplica el denominativo de *resistencia natural* (como contraparte de la misma propiedad pero inducida artificialmente por algún *tratamiento preservador*).

El estudio de esta resistencia natural ha sido un campo importante por su directa aplicación al uso del material y es significativo resaltar aquí que la mayoría de las maderas resistentes proviene de las selvas tropicales, sin embargo, también se encuentran maderas muy susceptibles a estos agentes, como puede apreciarse en los datos recabados por ECHENIQUE-MANRIQUE (1970).

Aunque la susceptibilidad, o bien, la resistencia natural de la madera a la pudrición varía grandemente según la especie y el tipo de madera, hay dos factores básicos que contribuyen siempre a esta resistencia. Primero, la combinación de las dos sustancias extraordinarias que forman el *complejo lignocelulósico*, el cual constituye una barrera fisicoquímica contra el ataque enzimático, de modo que la actividad de los hongos celulolíticos se ve restringida, pues impide que las enzimas tengan acceso a suficientes enlaces glucosídicos de la celulosa para causar una alta hidrólisis; por su parte, la lignina es uno de las sustancias de más difícil descomposición enzimática (HUDSON, 1972).

El segundo factor básico es el *contenido de nitrógeno orgánico*, el cual incrementa la resistencia natural de la madera al ataque biológico, debido a que los tejidos de la madera contienen solamente de 0.03% a 0.1% de nitrógeno, que comparado con lo que existe en un tejido herbáceo (1.0-5.0%), es muy bajo, y ésto, para muchos hongos, es un factor que los limita en su crecimiento (HUDSON, 1972).

Finalmente, el factor más importante en la resistencia natural de la madera al ataque de agentes bióticos, es debido a la presencia de sustancias tóxicas en ella, particularmente en el duramen. Estas sustancias son los *extractivos* ya mencionados en un capítulo anterior, los cuales funcionan como fungicidas naturales, protegiendo a la madera del ataque de los hongos, de una forma mucho más significativa que los factores arriba mencionados; y como la presencia cualitativa y cuantitativa de estas sustancias varía fuertemente entre diferentes especies de madera, a esto se debe la variabilidad en la resistencia natural a la pudrición de cada una.

2.2.3.2. Biodegradación de la Madera en Bosques y Selvas.

En la biósfera, existe una compleja mezcla de compuestos de carbono en continuos cambios, mantenidos por la capacidad de los organismos fotosintéticos al emplear la energía solar para transformar el anhídrido carbónico y el agua en gran diversidad de moléculas orgánicas. La productividad neta o valor neto de fijación de anhídrido carbónico, varía enormemente de un tipo de vegetación a otro. En la tundra ártica y las cercanas regiones estériles del desierto, se pueden fijar tan sólo 10 a 20 g de carbono, en forma de anhídrido, por metro cuadrado de superficie, al año. Los bosques y los campos cultivados de las latitudes medias asimilan entre 200 y 400 gramos por metro cuadrado, mientras que los bosques tropicales lluviosos, de crecimiento acelerado, fijan anualmente de uno a dos kilogramos de carbono por metro cuadrado de superficie, en sus tejidos (BOLIN, 1970).

El carbón fijado por la fotosíntesis en las plantas regresa tarde o temprano a la atmósfera, por la descomposición de la materia orgánica muerta. Las hojas y los residuos caen al suelo y se oxidan por complicados procesos (*op. cit.*).

TOOLE (1965) midió las tasas de descomposición de las puntas de árboles dicotiledóneos desperdiciadas por la tala comercial en el sur de Estados Unidos, encontrando que los hongos cromógenos aparecen pocos meses después de la tala, según la estación en que ésta se realizó, a los 2 en primavera y a los 5 en otoño; los hongos causantes de pudrición aparecen a los 3 meses en primavera y a los 8 en otoño; a los 3 años, la madera de los álamos estaba muy degradada, y alrededor de los 6 años, registraban poca variación las otras 14 especies analizadas. En cultivo, aisló principalmente a las especies: *Schizophyllum commune*, *Polyporus versicolor*, *Stereum complicatum* y *Daedalea confragosa*; y los que más comúnmente fructificaron en los detritus fueron: *Stereum ostrea*, *S. complicatum*, *Polyporus gyttvus*, *P. versicolor*, *Schizophyllum commune* y *Daedalea ambigua*. Del avance de la degradación sólo describe las fases más conspicuas, como caída de hojas, ruptura de ramas por tamaños, desprendimiento de corteza y aspecto de la madera.

WAGENER y OFFORD (1972), publicaron los resultados de un estudio que duró 34 años, sobre la degradación de detritus leñosos originados por tala, en dos bosques mixtos de coníferas. Observaron que los cambios en cuanto a volumen, fragmentación y avance de la pudrición en los detritus, se deben a una complicada mezcla de factores físicos (climáticos) y biológicos, entre estos últimos, se encontró que el grado de descomposición fue diferente según la especie arbórea derribada, los detritus que más rápidamente se degradaron fueron los de abeto blanco, luego pino ponderosa, pino dulce y finalmente cedro del incienso; señalan también que estos procesos varían ampliamente para los diferentes tipos de bosque, dato interesante, porque parece ser que en las localidades estudiadas la velocidad de degradación de los detritus leñosos es de lo más lento, estimándose que a los 29 años, los restos despedazados y dispersos en el suelo todavía conservaban un 43% de su volumen original y ésta fue la condición estudiada de más rápida descomposición. Los hongos xilofágos más sobresalientes y activos en la pudrición de los restos, fueron *Polyporus abietinus*, *Fomes pinicola* y *Lenzites saepparia*.

HARVEY *et al.* (1981), en bosques con predominancia de abeto douglas, al norte de las Montañas Rocosas, investigaron el tiempo requerido para que la materia incorporada en las fibras del xilema, al momento de su formación, se vuelva a incorporar a la materia orgánica del suelo. Utilizando técnicas de datación por radiocarbono, encontraron que para completar el ciclo se

requieren de 100 a 300 años, dependiendo del tipo de hábitat. Los autores concluyen que esta información debe tomarse en cuenta para el manejo de un bosque si se quiere conservar su equilibrio.

HARVEY *et al.* (1987), hacen una recapitulación del papel que juegan los detritus orgánicos, especialmente los residuos leñosos, en el desarrollo y funcionalidad de los mantos orgánicos en los suelos forestales del noreste de las Montañas Rocosas. Consideran que en orden de importancia, los factores que más influyen en los procesos son el sitio (ecosistema-clima) y las especies de árboles. Citan también la importancia de los organismos simbióticos como en las micorrizas y el papel de las bacterias fijadoras de nitrógeno. Entre los hongos xilófagos que consideran de relevancia en estas zonas, mencionan a *Phellinus pini* y *Fomitopsis pinicola*.

Con respecto a selvas, la información es menos detallada. En general, se sabe que todo el material que cae al suelo en una selva, es descompuesto con rapidez por los animales y plantas de ese sector. Gran parte del desmenuzamiento inicial y de la incorporación de los detritus al suelo, es efectuado por termitas, aunque una diversidad de artrópodos y las lombrices de tierra también juegan un papel importante. Los micromicetes y macromicetes, presentes en gran número, y las bacterias, son los responsables de la descomposición final de la mayor parte de la materia orgánica (AYENSU, 1981).

En un extenso informe sobre ecosistemas de bosques tropicales del Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980), se incluye un capítulo sobre descomposición y ciclos biogeoquímicos, en el que se analizan los resultados de diversos estudios. Se dice que las velocidades de descomposición foliar en los bosques tropicales va de 2.5 a 11 meses, dependiendo del tipo de bosque; mientras que en fragmentos experimentales de madera se perdía el 50% de su peso seco en 7 meses, en una selva menos húmeda y en la mitad del tiempo en una más húmeda. Otros estudios mencionados revelaron que ramas de 1-2 cm de diámetro perdían 32% de su peso en 6.5 meses, ramas de 1.5-6.5 cm de diámetro perdían 19-39% de peso en unos 13 meses y que ramas de 3 a 6 cm de diámetro perdían 37-81% de su peso en unos 18 meses. Según otra forma de estimación, en Pasoh (África), alrededor de 330 g/m²/año de material seco volvía al suelo, a través de ramas mayores de 10 cm de grosor; y en El Verde (Puerto Rico), se encontraron valores para diferentes detritus como sigue: ramas finas, 400 g; troncos 55 g; y tocones, 145 g; haciendo un total de 600 g/m²/año. Aunque la mayoría de los investigadores han observado que las concentraciones de nutrientes en las hojas, flores y frutos son más altas que en los órganos leñosos, estos datos demuestran la importancia de los últimos. Según el informe, los hongos parecen ser más importantes en los bosques tropicales que en los templados, pero se sabe muy poco de los procesos microbianos que ocurren en los suelos tropicales. En otros datos globales, se dice que el tiempo medio de renovación de fósforo, potasio, calcio y magnesio, es de 11.7-15.2 años para fustes de árboles y de 0.4-0.9 años para raíces, de modo que los tiempos medios de renovación de los diversos elementos en los mismos órganos, en la mayoría de los bosques tropicales es de alrededor de 15 años para la vegetación y menor a un año para el mantillo. Según los colaboradores del informe, la fertilidad aparentemente alta de los bosques tropicales, se debe principalmente a sus rápidos ciclos y no a altos contenidos de minerales en el ecosistema o en el suelo, recomendando, entre otras cosas, que se estudie más sobre la velocidad de descomposición del material leñoso y la importancia de los troncos muertos.

Las citas anteriores reflejan que el estudio de los procesos de descomposición de los detritus leñosos, tanto en los bosques templados como en las selvas tropicales, ha estado enfatizado en sus aspectos cuantitativos, mientras que no se han estudiado los aspectos finos de cómo se lleva a cabo la degradación estructural de estos detritus, concretamente, estudios micromorfológicos de la pudrición en detritus leñosos.

2.2.3.3. Dispersión, Colonización y Sucesión Microecológica en Madera y Detritus Leñosos.

Los estudios que se han realizado sobre colonización y sucesión microecológica de organismos durante la degradación de la madera, han sido principalmente de laboratorio, o con ensayos de campo (en regiones de clima templado a frío) utilizando madera seleccionada y preparada para ese fin, como postes, estacas y bloques enterrados, por lo que prácticamente no existen observaciones de campo en condiciones completamente naturales, lo más aproximado ha sido el estudio de la degradación de trozas comerciales y los desperdicios de la tala, aunque a veces se les han aplicado productos químicos. De los trabajos revisados, se sintetiza a continuación una visión general en la que no son tomados en cuenta los organismos animales.

La dispersión de las esporas sexuales, producidas por las fructificaciones de los hongos xilófagos, es favorecida por las corrientes de aire, la lluvia y otros múltiples vectores bióticos (BOYCE, 1961; DICKINSON y LUCAS, 1987). Es un proceso tan eficiente que asegura el establecimiento eventual de la pudrición en todo sustrato leñoso que reúna las condiciones favorables ya dichas. También, pueden servir de dispersores de hongos xilófagos los fragmentos de madera podrida, ya que en el interior del tejido leñoso, existen diversos propágulos, como fragmentos de micelio, conidiosporas, y aún basidiosporas.

Ya en el sustrato, las esporas germinan o los propágulos se desarrollan, iniciando un proceso de colonización de las células del tejido, que al principio comprende una *fase pasiva*, caracterizada por el crecimiento micelial sostenido por el aprovechamiento de reservas celulares de fácil asimilación (azúcares simples, almidón) y el paso de célula a célula por accesos disponibles como platinas de perforación, punteaduras o espacios intersticiales (CORBETT, 1965; GREAVES y LEVY, 1965). Las vías de colonización preferenciales para las hifas son, en orden decreciente, los vasos, los radios y el parénquima axial (DWYER y LEVY, 1975). Gradualmente, la fase de colonización o penetración pasiva se torna en una *fase activa* de penetración y degradación que conduce al establecimiento de la pudrición (CORBETT, *op. cit.*; GREAVES y LEVY, *op. cit.*).

Previa o simultáneamente a esta etapa, diversos son los microorganismos que intervienen en el proceso biodegradador de la madera, ya que los hongos xilófagos no son los únicos organismos colonizadores.

En la madera expuesta en el campo, ocurre una verdadera sucesión ecológica (o microecológica) de organismos colonizadores. Aunque las especies de éstos varíen de lugar a lugar, los grupos dominantes, ya sea taxonómicos (géneros, familias) o por tipo de daño, son muy constantes, debido a que los nichos aportados por la madera, son los mismos. La sucesión y las interacciones microbianas son más complejas e intensas en las zonas de la madera en contacto con suelo, particularmente al nivel de la superficie, la llamada *línea de tierra* (CORBETT y LEVY, 1963a, 1963b; BUTCHER, 1968).

Los colonizadores primarios son mohos tuberculariáceos (Hyphomycetes), como *Epicoccum*, *Fusarium*, o mucoráceos (Zygomycetes), como *Absidia*, *Zygorhynchus*; siguen los hongos cromógenos o causantes de manchados, principalmente dematiáceos (Hyphomycetes), como *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aureobasidium*, *Hormiscium*, o ascomicetes como *Ceratocystis*; y luego aparecen mohos secundarios de los moniliáceos (Hyphomycetes), como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Verticillium*. En las zonas superficiales de la madera, aparecen hongos causantes de pudrición suave, como *Cephalosporium* (Moniliaceae), *Coniothyrium* (Sphaeropsidaceae, Coelomycetes), *Chaetomium* (Pyrenomycetidae) y *Streptomyces* (una bacteria de los Actinomycetales). Por esta fase, que se lleva a cabo en unos 4 a 6 meses, aparecen los primeros basidiomicetes causantes de pudrición blanca, *Schizophyllum*, *Stereum*, lo que hace creer que los causantes de pudrición morena sean más bien secundarios, aunque *Trechispora* es un colonizador temprano. Entre los hongos xilófagos, pueden estar presentes ascomicetes causantes de pudrición blanca, como *Hypoxylon*, *Xylaria*. Esta secuencia básica puede presentar ligeros cambios según la localidad (vegetación, clima), el suelo (tipo, drenaje), la especie de madera y la posición de la muestra con respecto a la línea del suelo (CORBETT y LEVY, 1963a, 1963b; UHEYAMA, 1966; KÄÄRIK, 1975; BUTCHER, 1968; BANERJEE y LEVY, 1971).

Para UHEYAMA (1966), la disminución de nutrientes fácilmente disponibles, la disminución del contenido de humedad de la madera y la interacción entre las especies de hongos en el mismo sustrato, son los tres principales factores que determinan la sucesión. Es importante aclarar que este autor usó trozas tratadas con pentaclorofenol y hexaclorobenceno. Por su parte, en una recapitulación de diversas experiencias, LEVY (1975) resume que los hongos microscópicos pioneros viven de azúcares y otros compuestos de carbono simples; en la siguiente etapa, aparecen los hongos que descomponen celulosa, asociados a los primeros organismos colonizadores; por último, dominan los hongos que degradan celulosa y lignina, asociados a los hongos que degradan sólo celulosa. A su vez, este autor enlista algunas de las interacciones que ocurren entre los organismos colonizadores (bacterias, micromicetes y macromicetes xilófagos): sinergismo y antagonismo, competencia por nutrientes, actividad de organismos fijadores de nitrógeno e intervención de organismos consumidores de nitrógeno orgánico de la biomasa de los colonizadores anteriores, a estos últimos se les llama "carroñeros" (*op. cit.*).

Al establecimiento de los macromicetes xilófagos bien podría considerársele la *fase climax* de la sucesión, la cual, de una manera práctica para este trabajo, se podría definir como "la fase que se mantiene durante la formación y longevidad de la fructificación de los macromicetes xilófagos, y mientras el sustrato conserve su integridad estructural", en términos simples, lo último significa que mientras el sustrato se pueda seguir reconociendo como madera. Con la declinación de los macromicetes xilófagos más activos, pueden aparecer basidiomicetes gelatinosos y hongos de copa (UHEYAMA, 1966). Al período siguiente, se le podría considerar *fase postclimax*, finalmente volviendo a dominar los micromicetes y bacterias hasta la eventual incorporación de los productos de la degradación al mantillo.

2.2.3.4. Micromorfología de la Pudrición de la Madera.

Sobre este campo particular, se han realizado diversos estudios, pero todos éstos bajo condiciones de laboratorio, o de campo usando madera especialmente preparada, nunca en condiciones totalmente naturales. Algunos de los trabajos pioneros o clásicos por sus contribuciones, se describen de una forma breve a continuación.

La relación entre los hongos y la pudrición de la madera, fue notada hace siglos, pero no fue, sino hasta 1874 y 1878, cuando Robert Hartig publicó los trabajos que establecieron definitivamente a los hongos como los agentes causales de esta descomposición (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958; BOYCE, 1961).

PROCTOR (1941), fue el primero en realizar estudios para entender el mecanismo por el cual las hifas de los hongos xilófagos penetran las paredes celulares. Inoculó bloques de madera de cuatro gimnospermas con tres especies de hongos de cada tipo de pudrición, e hizo cortes histológicos teñidos diferencialmente con verde malaquita y rosa de picropontamina. Aplicó novedosas técnicas de microscopía óptica con campo claro, luz polarizada y ultravioleta con fotomicrografía. Encontró que, al contacto con la pared celular, el ápice hifal se constriñe y aguza, formando una hifa o rama de penetración; por delante de su ápice, se estimula la secreción enzimática inicial que produce una mella de forma cónica en la pared; luego, la rama de penetración avanza formando una perforación cuyo diámetro es algo mayor que el suyo, excepto en la lámina media, donde parece haber mayor resistencia a las enzimas, porque la perforación es más angosta que luego se ensancha, por actividad enzimática lateral de la rama. Según el autor, esto apoya a la hipótesis de un mecanismo de penetración puramente químico y hace difícil aceptar la postulación de que las hifas ejerzan una fuerza mecánica como factor adicional al enzimático.

WATERMAN y HANSBROUGH (1957), describieron semicuantitativamente los efectos que causan cinco especies de hongos causantes de pudrición morena y tres de pudrición blanca en madera de abeto Sitka. Usaron una técnica de agar-bloque para exponer la madera al ataque de los hongos. Cada mes tomaban bloques, hacían cortes radiales de su parte media y los teñían con Plazene IIIb, para observar al microscopio. Encontraron diferencias entre el ataque de los dos grupos de hongos. En la *pudrición morena*, al principio las hifas observadas en las traqueidas eran hialinas, finas, solitarias y escasas, pasando a través de las paredes celulares principalmente por punteaduras y perforaciones pequeñas de raras a moderadas, en proporción. Más tarde, había mayor abundancia de hifas, aumentando la proporción de las gruesas, las irregulares y las hinchadas, así como la cantidad y el tamaño de las perforaciones. Luego, aunque disminuían las hifas, aumentaba la cantidad y el tamaño de las perforaciones, que llegaban a hacerse coalescentes, y apareciendo grietas en las paredes de las traqueidas. En la *pudrición blanca*, desde el inicio las hifas eran de aspecto diverso, hialinas finas y gruesas, teñéndose de rojo y verde; con paredes verrucosas irregulares; todas muy ramificadas, penetrando frecuentemente por las punteaduras o por perforaciones muy pequeñas y escasas. Tiempo después, las hifas eran más abundantes y ramificadas, hialinas finas teñéndose de rojo, y hialinas gruesas de verde; también había otras con paredes gruesas y sin contenidos; hifas y perforaciones ya se localizaban hasta en las traqueidas de madera tardía y en los radios, aunque todavía escasas; se observaban corroídos los bordes de las punteaduras, y en las traqueidas había productos de la descomposición teñidos de verde. Más tarde, las hifas aumentaban en abundancia sin variar en aspecto; los bordes de las punteaduras estaban más descompuestos; algunas punteaduras ya estaban totalmente erosionadas; los productos de la descomposición eran más abundantes; las paredes celulares parecían adelgazadas, y la lignina se teñía menos. Finalmente, las hifas seguían aumentando en abundancia, se incrementaba el número de perforaciones y de punteaduras erosionadas; había áreas grandes con traqueidas sin teñir por descomposición mayor o total de sus paredes.

Poco después, COWLING (1961) determinó y comparó cambios progresivos de algunas propiedades físicas y químicas en albura de liquidámbar atacada por *Polystictus versicolor*, hongo causante de pudrición blanca, y *Poria monticola*, de pudrición morena, en una técnica suelo-bloque. De los bloques degradados obtuvo cortes para microscopía óptica, preparó muestras para microscopio electrónico y para análisis bioquímicos. En la *pudrición blanca*, observó adelgazamiento general e incremento en porosidad de las paredes celulares, junto con disolución de punteaduras y formación de perforaciones; en el aspecto bioquímico, encontró que las enzimas degradan las regiones amorfas y cristalinas presentes en las paredes celulares. En la *pudrición morena*, sólo se registró la presencia de perforaciones, como evidencia inicial de la pudrición y que las enzimas de este hongo degradan principalmente la fracción de carbohidratos, eliminando una mínima parte de la lignina.

En madera de pino escocés, abeto noruego y haya, con pudriciones de todo tipo, LIESE y SCHMID (1962), descubrieron cavidades rómbicas en todos los casos, con microscopio electrónico de barrido, algo sorprendente ya que sólo eran conocidas en la pudrición suave. Como estas cavidades significan hidrólisis de la celulosa, los autores asumen que tales daños se deben a exudados enzimáticos celulolíticos que se difunden a través de la resistente capa S3 sin alterarla, llegan a la S2, rica en celulosa, y allí, debido a la orientación de las microfibrillas, forman éstas cavidades; porque cuando las hifas exudan un complejo enzimático capaz de degradar a todos los componentes de la pared celular, se observa erosión directa de la capa S3 (como en los canales de erosión). Así, concluyen que la "celulosa" también se difunde horizontal y axialmente, causando daño enzimático a distancia.

El estudio de la micromorfología de la pudrición de la madera con equipo no electrónico llegó a su fase culminante con los trabajos de WILCOX (1965, 1968, 1970), quien empleando técnicas muy sofisticadas de inclusión en celoidina y microscopía óptica, contribuyó más al avance del conocimiento en este campo. Realizó sus estudios inoculando bloques de madera representativa de angiospermas y gimnospermas, con especies de hongos xilófagos típicos de pudrición morena y blanca, haciendo sus observaciones a tiempos variables de incubación.

WILCOX (1965), encontró que las enzimas celulolíticas de un hongo de *pudrición blanca* actuaban en un rango restringido a las superficies expuestas de la pared, mientras que las enzimas lignolíticas se difundían ampliamente; por su parte, las enzimas celulolíticas de un hongo de *pudrición morena* eran capaces de penetrar y actuar dentro de las paredes celulares. Afirma también que el contenido de lignina en las capas de la pared celular está relacionado con su resistencia al ataque enzimático, especialmente en la pudrición morena.

En su trabajo más comprehensivo, WILCOX (1968) estudió el desarrollo cronológico, de la pudrición morena causada por *Poria monticola*, y la blanca, causada por *Polyporus versicolor*, en una madera angiosperma (liquidámbar) y una gimnosperma (pino). Observó que las hifas de ambos hongos se dispersaban ampliamente por los tejidos desde los primeros estadios de la pudrición, pero que las de *P. versicolor* eran mucho más numerosas. Inicialmente, el hongo de pudrición blanca producía abundantes *perforaciones* y el de morena ninguna, aunque ambos sí causaban *agrandamiento de las punteaduras*, por lo que ya no se podían distinguir fácilmente unas de otras. En madera de pino atacada por pudrición blanca, observó *cavidades* en la pared secundaria y la lámina media; con pudrición morena, éstas se restringieron a la pared secundaria. En la pudrición blanca, las capas de la pared celular eran *eliminadas* ordenadamente, de la S3 hacia la lámina media (S3→S2→S1→PP→LM) en ambas maderas; mientras que la pudrición

morena, en liquidámbar, degradaba primero la S2, luego la S1 y después la S3, y en pino, simultáneamente diluía la S3 y la S2. Así, en la pudrición blanca ocurría un característico *adelgazamiento gradual* de las paredes celulares de fibras y traqueidas; y en la pudrición morena, se producía típicamente contracción y colapso de las paredes.

Más tarde, haciendo un análisis comparativo entre el ataque de hongos y bacterias, aporta nuevos detalles y confirma datos (WILCOX, 1970). La *distribución de las hifas* no depende del tipo de pudrición, ya que tanto en la blanca como en la morena, puede ser regular, o irregular; sin embargo, los *daños micromorfológicos* sí son más uniformes en la primera que en la segunda. Los hongos de las dos pudriciones pueden producir *cavidades* en la pared secundaria, más o menos paralelas a las microfibrillas de celulosa; pero, aunque la mayor parte de los hongos son capaces de producir *perforaciones*, algunos sólo penetran por las punteaduras en los primeros estadios de la pudrición. La descomposición de lignina y celulosa en fibras de angiospermas y traqueidas de gimnospermas, atacadas por pudrición blanca, avanza progresivamente del lumen hacia la lámina media, causando *adelgazamiento gradual* de la pared celular, fenómeno que no ocurre en la pudrición morena. Con tales observaciones, se evidencia que la acción celulolítica de los hongos de pudrición morena se difunde a través de la pared celular, conservándose la estructura por la lignina remanente. Además, añade datos sobre diferencias en la susceptibilidad de los varios tipos de células y capas de la pared celular, debidas principalmente a su contenido en lignina.

Al parecer, el término de "*micromorfología de la pudrición*", fue aplicado por primera vez por CORBETT (1965) en un estudio del ataque de micromicetes en las paredes de células leñosas de pino y abedul.

GREAVES y LEVY (1965), estudiaron la pudrición en bloques de madera de pino, haya y abedul expuestos a cultivos de hongos de las pudriciones blanca, morena y suave. En muestreos semanales realizaron cortes histológicos y tinciones diferenciales con safranina-azul de picroanilina para observaciones a microscopía óptica en campo claro y luz polarizada. Confirmaron las dos etapas del desarrollo de la pudrición descritas por CORBETT (1965), añadiendo nuevos hallazgos y ajustes en terminología. La fase de "*penetración pasiva*" fue similar en los tres tipos de pudrición, siendo los radios en madera de pino y abedul las principales vías de paso, y los vasos en madera de haya, de ahí las hifas se dispersaban por las punteaduras hacia las diferentes células, aprovechando para su crecimiento los productos almacenados en éstas. En la "*penetración activa*", los patrones difirieron entre los tipos de pudrición. Con *Polystictus versicolor*, hongo de pudrición blanca, en pino y abedul se apreció la delaminación de varias capas de la pared celular, junto con pérdida de birrefringencia de la capa S2 y aumento en la tinción roja de la S3; luego, el ataque se extendió hasta la pared primaria y la lámina media, ocurriendo más rápidamente en abedul; en haya, los radios perdían cristalinidad irregularmente y la iridescencia disminuía en la mayoría de los tipos de células, luego vino la formación de cavidades internas en la pared, la producción de perforaciones y la erosión de la pared desde el lumen, daños que incrementaron con el tiempo. Con *Chaetomium globosum* y *Lenzites trabea*, hongos de pudrición blanda y morena respectivamente, el ataque ocurrió primero en los anillos de madera temprana poco lignificada, apreciándose pequeñas cavidades y perforaciones en las paredes; con el tiempo, apareció ataque en los bordes de punteaduras y disminuyó la cristalinidad; luego, las células del parénquima radial eran casi desintegradas, y más tarde, también otros tipos de células, particularmente las traqueidas de madera tardía de pared gruesa.

BRAVERY (1975), volvió a usar "micromorfología de la pudrición" intitulado un estudio microscópico, tanto con equipo óptico como electrónico de barrido y de transmisión, para el que usó madera de abedul, haya y pino, preservada y atacada por hongos de los tres tipos principales de pudrición, suave, morena y blanca. Durante seis semanas observó cómo la pudrición es alterada por los preservadores. En los *controles* de haya y abedul (angiospermas), se observó que los vasos eran las rutas iniciales de entrada para las hifas, teniendo hifas aglomeradas después de una a dos semanas; en la madera de haya, la presencia de taninos depositados en parénquima radial, redujeron la intensidad de colonización; en la madera de abedul, el parénquima radial fue rápidamente colonizado. En la madera de pino (gimnospermas), los canales resiníferos cumplieron similar función que los vasos, y el parénquima radial rápidamente fue invadido. En la madera de las tres especies, las punteaduras de las células leñosas fueron preferidas inicialmente para la dispersión de las hifas, desde los sitios iniciales de invasión; más tarde, fue observada la formación de perforaciones. En la *madera tratada*, las rutas preferentemente usadas para la invasión inicial (vasos y canales resiníferos), fueron bloqueadas por el preservador y los periodos de tiempo de las *fases de penetración* se alteraron para cada hongo. Casos más interesantes fueron observados en microscopio de barrido, como el ataque a las paredes de vasos y traqueidas: las hifas de *Polystictus versicolor*, aún con la presencia del preservador, se rodearon de viscosidades que al contacto con la superficie de la pared celular ocasionaron "marcas o huellas hifales", es decir, *canales de erosión*; otro daño fue la disolución de algunas capas de la pared celular, desde el lumen, en traqueidas de pino atacadas por *Coniophora cerebella*. En donde el preservativo no fue retenido, la degradación de las paredes celulares, continuó normalmente. Así, la micromorfología de la pudrición, resultó una valiosa herramienta para poder determinar qué efecto tienen los preservadores, y conocer más la biología de la pudrición.

Por su parte, DIROL (1976) trabajó con *Coriolus versicolor* en madera de haya, con una técnica malta agar-bloque, y observaciones periódicas a microscopía óptica y electrónica. Encontró que durante los primeros 5 días ocurrió la *colonización o penetración pasiva*, porque las hifas de este hongo de pudrición blanca sólo penetraban por las punteaduras para invadir fibras y radios a partir de los vasos; sin embargo, opina que no existe un límite definido entre ésta y la fase de *colonización activa*, sino que ambas pueden coexistir un tiempo y gradualmente una substituye a la otra, al aumentar la producción enzimática de las hifas, iniciando la erosión de punteaduras, producción de numerosas perforaciones, agrandamiento y fusión de las perforaciones entre sí o con punteaduras erosionadas, y adelgazamiento de las paredes celulares. Con el microscopio electrónico de barrido, descubrió unas complejas *perforaciones subdivididas o múltiples*, a las cuales están asociados unos derivados hifales en forma de telaraña, que llamó *micofibrillas*, y también unas *cavidades o alveolos* en el interior de la pared de vasos y fibras. Encontró también que, mientras las observaciones al microscopio óptico con luz polarizada muestran a *C. versicolor* degradando *uniformemente* lignina y celulosa en la pared secundaria del lumen hacia la lámina media, las observaciones con microscopio electrónico, revelan una degradación *topográficamente irregular* de la pared celular.

En una publicación más reciente de BLANCHETTE (1980), se presentan diferencias entre tres casos de pudrición con observaciones al microscopio electrónico de barrido. De la *pudrición blanca fibrosa* en pino blanco del oeste, se muestran los típicos canales de erosión y perforaciones con otras evidencias de degradación local simultánea de celulosa y lignina, y se

menciona que los radios están entre los últimos tejidos degradados. De la *putridión blanca alveolada* en el mismo pino, se incluyen vistas de: paredes con alta proporción de celulosa microfibrilar intacta (prueba de degradación primaria de la lignina); remoción de la lámina media entre traqueidas; merma de la lignina en paredes primaria y secundaria y una destrucción completa de los radios; se añade que el ataque inicial ocurre en traqueidas de madera tardía. Con *putridión morena* en abeto Douglas, las paredes de las traqueidas parecen casi intactas por el espesor de la lignina, pero la celulosa disminuye extensivamente, desmenuzándose el tejido al secarse y recibir presión. Con base en lo anterior, se interpreta que en este trabajo (*op. cit.*), en realidad sólo se redescriben de manera un tanto divulgativa, conocimientos ya bien establecidos, eso sí, con magníficas ilustraciones, por la ventaja del equipo moderno.

Por último, se deben tratar unos elementos morfológicos que aunque están entre lo microscópico y lo macroscópico, son esenciales para las descripciones del presente estudio. Lo constituyen las llamadas *líneas zonales*, estructuras que se observan sólo en madera de angiospermas atacada por pudrición blanca (SCHEFFER, 1973). LOPEZ REAL (1975) narra que fueron descritas e ilustradas primero por R. Hartig en 1878, pero que el esclarecimiento de su origen fungoso se logró hasta mediados de la década de 1930 por A. H. Campbell y R. G. Munson. Debido a que no son "líneas" ni es preciso el significado de "zonal", sino que se trata de capas o envolturas con volumen, este autor (*op. cit.*) acuñó el término de *placas pseudoesclerociales* (abreviado PSP) al estudiar la formación de estas estructuras incubando a *Armillaria mellea* y *Stereum hirsutum* en aserrín y bloques de madera, y luego, con un estímulo de corte y remoción, induciendo una etapa inicial de proliferación de las hifas, seguida de un hinchamiento de las células del hongo involucradas y, por último, su pigmentación. Por su etiología, estas formaciones parecen prevenir la pérdida de humedad en la madera colonizada.

2.2.4. Antecedentes en México.

Hasta el momento, los antecedentes más relacionados con éste trabajo en México son muy pocos. SALINAS QUINARD y MACIAS CAMPOS (1979), describen técnicas de tinción diferencial recomendadas para la observación de micromicetes del manchado azul de la madera asociados al ataque de descortezadores, en pinos. Este trabajo es meramente técnico, porque no incluyen el aspecto biológico de la relación entre hongos de manchado azul con el tejido leñoso.

El antecedente más directo al actual estudio, es la tesis realizada por VILCHIS ARGUETA (1983), teniendo como objetivo, un análisis semicuantitativo comparativo de la ocurrencia de hifas y algunos daños seleccionados en los elementos celulares de la madera deteriorada en condiciones naturales por 18 hongos. El material se recolectó en la Estación "Los Tuxtlas" Ver. Del substrato se realizaron cortes histológicos y tinciones diferenciales que luego se examinaron con microscopio óptico. Obtuvo resultados muy similares de cada caso, por lo que no encontró que existieran patrones particulares de ataque, siendo todos los hongos de pudrición blanca. Encontró que los daños fueron proporcionalmente más abundantes en fibras, después en parénquima y finalmente en vasos, parte de este trabajo fue después publicado VILCHIS ARGUETA y PINZÓN PICASEÑO (1984).

Otro antecedente vinculado con este tema, es la tesis realizada por HERRERA CAMPOS (1985), aunque no fue el aspecto principal del trabajo. Con *Fomes pinicola* y *Polyporus versicolor*

describió los caracteres culturales del micelio e inoculó madera de pino y liquidambar para evaluar capacidad de producir pudrición. Efectuó observaciones con microscopía fotónica y electrónica de barrido, detectando punteaduras erosionadas, perforaciones, cavidades, fisuras, adelgazamiento de paredes, destrucción de radios, y encontró las microfibrillas descritas por DIROL (1976).

2.3. Objetivos y Finalidad.

El presente trabajo, tiene por objeto el realizar un estudio micromorfológico de la pudrición, causada por hongos xilófagos en la madera de especies angiospermas, bajo condiciones naturales en una localidad de clima cálido-húmedo con selva alta perennifolia (aunque con diversos grados de alteración). El desarrollo del proyecto comprende las siguientes fases u objetivos particulares:

- Selección subjetiva de ejemplares herborizados, de la Colección de Hongos Xilófagos del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales, para su estudio. Estos ejemplares incluyen la fructificación del hongo y su sustrato leñoso.
- Identificación anatómica de la madera podrida asociada a la fructificación, hasta donde sea posible.
- Descripción macróscopica de la pudrición, incluyendo la posible intervención de otras causas bióticas así como abióticas, en la degradación del sustrato leñoso asociado a la fructificación.
- Aplicación de técnicas diferenciales de tinción, de microscopía óptica y de fotomicrografía, sencillas y accesibles.
- Realización de observaciones sobre la presencia y el efecto de las hifas de los hongos en los diferentes tipos celulares de la madera.

De esta manera, el presente trabajo tiene como finalidad contribuir al conocimiento de la biología de la pudrición de los residuos leñosos de especies tropicales.

2.4. Hipótesis de trabajo.

Aunque la relación causa-efecto de los hongos xilófagos con la pudrición de la madera fue comprobada por Robert Hartig en 1874 y 1878, se puede decir que desde entonces y hasta el presente, los trabajos que se han realizados en este campo con propósitos específicos diversos, están fundamentados en una hipótesis básica de trabajo que se expresaría como:

"Si las hifas de los hongos xilófagos causan la degradación de las células de la madera, entonces los efectos que causan deben evidenciarse en la micromorfología de estas células".

2.5. Justificación.

El estudio de la micromorfología de la pudrición de la madera no es reciente, sin embargo, el estudio de este fenómeno biológico, en condiciones naturales, es prácticamente un campo virgen,

particularmente en cuanto a ecosistemas de regiones tropicales, cuya biodiversidad y peligro de desaparición los hacen un objeto de estudio no sólo de sumo interés sino también de urgencia. Con este tipo de investigación, es posible contribuir al conocimiento de la biodegradación del material orgánico, proceso que contribuye al sostenimiento de los ecosistemas llamados selvas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Procedencia del Material Estudiado.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizaron ejemplares recolectados en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Ver., la cual se encuentra ubicada en la vertiente del Golfo de México, al sureste del Estado de Veracruz, aproximadamente entre los 95° 04' y 95° 09' de longitud y los 18° 34' y 18° 36' de latitud norte. Los terrenos, con una superficie aproximada de 700 ha, están a una altitud de 150 a 530 msnm. El clima del área de la estación es cálido-húmedo, con aproximadamente 23.7°C de temperatura media anual, temperaturas máximas y mínimas promedio de 29 y 17°C, respectivamente; y precipitación media anual de 4,560 mm. La vegetación natural de la Estación comprende principalmente la selva alta perennifolia, con diversos grados de alteración en algunas localidades (LOT-HELGUERAS, 1975).

3.2. Exámen Macroscópico de los Especímenes.

Los ejemplares de los hongos lignícolas herborizados constan de fructificaciones y de parte del sustrato del que emergen éstas. El sustrato (madera), primeramente fue sometido a observaciones macroscópicas para obtener información sobre presencia o ausencia de corteza, grado de deterioro, cambios de coloración, consistencia de la corteza y de la madera, así como la presencia o ausencia macroscópica de micelio.

3.3. Técnicas Histológicas.

De las zonas más representativas de la pudrición de la muestra, se llevaron a cabo cortes de la madera en diferentes planos, radial, tangencial y transversal, a mano con navajas de rasurar, y éstos fueron preparados de acuerdo a las siguientes técnicas.

3.3.1. Safranina-Azul de Picroanilina.

Se siguió aquí la técnica descrita por WILCOX (1964 a y b), que brevemente expuesta consiste en:

- 1.- Teñir los cortes o muestras con safranina (3 gotas de solución acuosa al 1% en 10ml de agua) durante 5 min.
- 2.- Escurrir o decantar la safranina y lavar con agua destilada dejando la muestra ligeramente sobreteñida.
- 3.- Teñir con el azul de picroanilina (mezcla de soluciones acuosas saturadas de azul de anilina y ácido pícrico 1:4) y calentar sobre la flama o plancha caliente hasta justo el inicio de la ebullición, dejándose reposar durante 5 minutos.
- 4.- Lavar con agua destilada.
- 5.- Lavar con alcohol de 70% y 96%, dos cambios por cada uno.

6.- Aclarar la muestra en aceite de clavo.

7.- Lavar en aceite de cedro.

8.- Montar en bálsamo de Canadá o resina sintética.

La madera se tiñe de rojo y el micelio de los basidiomicetes de azul.

3.3.2. Safranina-Verde Rápido.

Se optó por la variante descrita por el BUILDING RESEARCH ADVISORY SERVICE (1974), siguiendo los siguientes pasos:

1.- Teñir los cortes o muestras con safranina acuosa al 1% durante 5 minutos.

2.- escurrir o decantar la safranina y lavar con agua destilada tres veces.

3.- Lavar con alcohol de 96%.

4.- Teñir con verde rápido al 1% (preparado en aceite de clavo y alcohol de 96% en proporción 1:9) durante dos minutos.

5.- Lavar con alcohol de 96% tres veces.

6.- Aclarar las muestras con aceite de clavo durante cinco minutos y lavar las muestras con aceite de cedro durante un minuto.

7.- Montar en bálsamo de Canadá o resina sintética.

La madera se tiñe de rojo y el micelio de los basidiomicetes de verde.

3.3.3. Identificación del Substrato.

Con los cortes menos deteriorados, se procedió a identificar el substrato asociado al hongo, comparando su estructura anatómica de la madera con la de fotos y descripciones de la literatura pertinente. Las características determinables a bajo aumento, fueron observadas directamente sobre la muestra con un microscopio estereoscópico American Optical Stereoscan Zoom.

3.3.4. Técnicas de Microscopía y Fotomicrografía.

Para las observaciones se utilizaron un microscopio Carl Zeiss Standard con lente intermedia y filtro azul, y un Microscopio Industrial (S 1860) American Optical con óptica de gran campo y filtro con densidad neutra. En ambos casos sólo se recurrió al sistema de campo claro, utilizando siempre la técnica de iluminación de Köhler.

Las fotomicrográficas fueron obtenidas utilizando, para los dos microscopios, fototubos de la marca respectiva, un adaptador para microscopio tipo universal marca Panagor, un anillo adaptador T Pentax K y una cámara reflex Pentax MS Super. La lente de la cámara fue substituída por un oculares (10X, 12.5X, 15X) colocados entre el fototubo y el adaptador universal.

Se empleó principalmente película normal para diapositivas o impresiones a color con sensibilidad ISO 100 y en pocos casos negativo pancromático blanco y negro Plus X de ISO 100 o TMX de ISO 125. Las exposiciones fueron tomadas de acuerdo al exposímetro incorporado a la cámara en posición normal (1X) o con factores de exposición de 2X y 4X, con tiempos en automático.

Los aumentos asignados a las fotomicrográficas corresponden a los de la óptica del microscopio, ya que no fue controlado el aumento real de las impresiones finales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presentación de los resultados de este trabajo, se han integrado tanto las observaciones realizadas como información bibliográfica que se consideró de utilidad incluir.

Los resultados se exponen en orden alfabético de las especies de hongos, para cada una de ellas, se añaden los autores (descriptores) y una serie de secciones que comprenden: sinonimia, clasificación, hábitat y distribución geográfica.

Otras secciones son: material estudiado, incluyendo créditos por la determinación de los hongos, las maderas fueron identificadas por la autora; la descripción macroscópica de la muestra, la micromorfología de la pudrición del caso, y, finalmente, otras consideraciones y discusión.

Las figuras señaladas con números arábigos han sido agrupadas en láminas indicadas en números romanos correspondientes, una para cada ejemplar.

4.1. AURICULARIA DELICATA (Fr.) Henn.

In: Bresadola, Hennings y Magnus. Bot. Jahrb. 17: 492, 1893.

SINONIMIA (tomada de LOWY, 1971):

Laschia delicata Fr., Linnaea 5: 553, 1830. (Basiónimo).

Laschia tremellosa Fr., Summa Veg. Scand. 325, 1849.

Auricularia tremellosa (Fr.) Pat., Jour. Bot. I: 226, 1887.

Auricula delicata (Fr.) Kuntze, Rev. Gen. 3: 446, 1898.

Auricularia moelleri Lloyd, Mycol. Writ. 5: 784, 1918.

Auricularia hunteri Lloyd, *Ibid.*: 808, 1918.

Auricularia crassa Lloyd, Mycol. Writ. 7: 1275, 1924.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Phragmobasidiomycetidae, Auriculariales, Auriculariaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Especie lignícola de bosque tropical (LOWY, 1971).

También en bosque mesófilo de montaña (FRUTIS y GUZMAN, 1983).

DISTRIBUCION.- Argentina, Bolivia, Brasil, Honduras, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, Haití, Jamaica, Panamá, Perú, Puerto Rico, Trinidad, Venezuela (LOWY, 1971). En México se conoce de Chiapas, Oaxaca, Puebla y Veracruz (GUZMAN DAVALOS y GUZMAN, 1979; FRUTIS y GUZMAN, 1983; MARTINEZ ALFARO *et al.* 1983; CHACON y GUZMAN, 1984).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", orilla W de la Laguna de Zacatal, sitio muy húmedo y con fuerte pendiente, L. Pinzón y J. Martínez 623 (10-jul-82).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera anatómicamente identificada como *Catophyllum brasiliense* Camb. (Guttiferae), de acuerdo a la descripción de DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980). Nombres comunes: "Barí", "Leche María".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA (LAMINA I)

Muestra de una rama pequeña caída al suelo (fig. 1), con una fructificación solitaria, de forma semicircular, efuso-refleja, emergiendo directamente de la madera en posición horizontal, lo que indica que fue formada estando la rama ya en el suelo. Sin desarrollo superficial de masas de micelio.

Madera de la muestra pesada, semidura. Color amarillo crema, sin formación de duramen en rama tan pequeña. Sólo algunas partes de este fragmento tienen corteza, la mayor parte ha sido degradada.

La madera con un desarrollo ligero de pudrición blanca (fig. 1), extendido amplia y uniformemente en toda la muestra, de textura fibrosa y consistencia firme. Sin desarrollo de masas de micelio en el tejido xilemático. Se observan unas pocas líneas zonales negras de trazo fino y figura caprichosa, delimitando zonas de madera más oscura, y líneas zonales de trazo

más fino, formando figuras irregulares pero sin percibirse diferencias en la madera a ambos lados de las líneas.

MICROMORFOLOGÍA DE LA PUDRICIÓN.

Hifas en la madera teñidas de azul o de verde (con safranina-azul de picroanilina o con safranina-verde rápido, respectivamente), finas, fibuladas, poco ramificadas, típicas de basidiomicete (figs. 2, 9 11). Ampliamente dispersas en todos los tipos de células de la madera y orientadas en todas direcciones, pero más abundantes en radios (figs. 2 y 9 r) y poco menos abundantes en los elementos vasculares (fig. 3 flecha gruesa); las células menos colonizadas por hifas son las fibras de pared gruesa (figs. 3, 4, 5, 7). Se observan muy frecuentemente hifas que pasan de uno a otro tipo de células: de los vasos al parénquima axial (el cual es confluyente) y a los radios (figs. 2, 3); de los radios al parénquima axial (fig. 9 r, pa); entre las células del parénquima axial (figs. 2, 6); de parénquima axial a fibras (fig. 11 pa); de los radios a las fibras (figs. 4 f y r, 14, 15 f y r).

Hifas de micromicetes presentes sólo en vasos, de color ámbar, gruesas y simple septadas, escasas y poco ramificadas, mezclándose estrechamente con hifas del basidiomicete (fig. 2 v, flecha sesgada).

Entre las células más degradadas están los elementos vasculares (fig. 3, 12 v flecha vacía), que en general, presentan enormes agrandamientos de punteaduras y perforaciones (figs. 3 arriba centro flecha sesgada chica), platinas de perforación fragmentadas (fig. 2 pp) y adelgazamiento de paredes laterales tan fuerte que los vasos se desvanecen (fig. 12 v, flecha vacía).

El segundo lugar, lo ocupan los radios con numerosas y grandes perforaciones y/o punteaduras agrandadas (figs. 4, 5 y 7 r, 14 flechas angostas). En otros campos, se nota un desvanecimiento de las paredes celulares (fig. 9 y 13 r), es posible apreciar paredes celulares translúcidas, poco teñidas (figs. 10 y 11 r); en otros más, se observa desordenamiento de las células de radio (fig. 15 r).

En algunos cortes transversales, las paredes gruesas de las fibras muestran grados avanzados de degradación, con aumento de la porosidad por la formación de cavidades (o cavernosidades) y ruptura de las paredes entre fibras contiguas (figs. 4 f flechas gruesas, 5 f, 7 f flecha diagonal y 8 f flechas gruesas). En otras vistas, se aprecia un alto grado de adelgazamiento de las paredes celulares, lo que ocasiona una especie de desvanecimiento que se caracteriza en los cortes porque las fibras se ven tan tenues y desteñidas que apenas es posible percibir las y también se producen huecos en sitios localizados (figs. 11 f flecha vacía, 13 flecha gruesa).

El parénquima axial, presenta numerosos y grandes orificios en sus paredes celulares, debidos a la formación de perforaciones o al agrandamiento de punteaduras; más probablemente, a ambos procesos, muchas veces no es posible diferenciar uno del otro (fig. 7 pa, flecha gruesa). El adelgazamiento de las paredes (ya de por sí angostas) de las células de parénquima axial se observa en este caso, aunque esta lisis es rara (figs. 8 flechas rectas, 9 pa y 12 izquierda pa). Además, en corte transversal es posible apreciar deslignificación en la pared de algunas células, que se observan claras en la zona intermedia y sólo un poco más densas hacia los lúmenes (fig.

6 todo el campo). También se observa el paso de las hifas a través de los interticios (fig. 6 flecha curva).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

La importancia de las células parenquimáticas en la colonización y distribución de las hifas del basidiomicete, es evidente por la frecuencia con que se aprecia su paso de los radios o del parénquima axial a otro tipo de células. Ya que esta madera presenta parénquima axial confluyente en bandas, la distribución de las hifas a través de estas células, explica la colonización amplia y uniforme de la muestra.

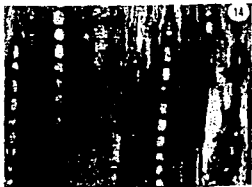
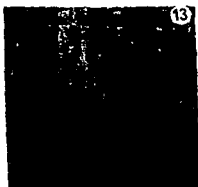
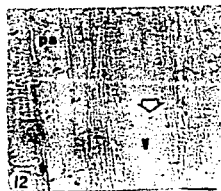
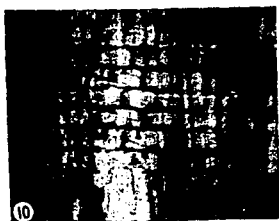
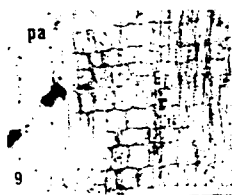
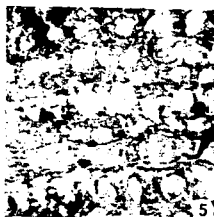
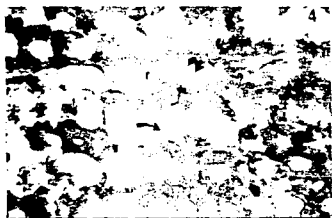
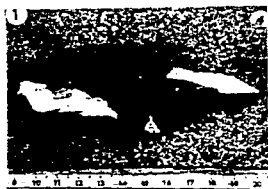
En cuanto al avance de la degradación, es sorprendente que aunque los daños micromorfológicos parecen muy severos; la consistencia de la madera podrida sea todavía firme.

Este puede ser un caso de pudrición tardía considerandolo sucesionalmente por el hongo asociado, ya que UYAMA (1966), considera que los hongos de este grupo (gelatinosos) aparecen después de los principales hongos de la pudrición. Pero no se cumplen tan exactamente las condiciones para considerarlo así, como se presentan en el caso siguiente de *A. polytricha*, con excepción de la coincidencia en el grupo de hongo.

LAMINA I. *Auricularia delicata* en substrato identificado como *Calophyllum brasiliense*.

Exemplar 623.

1. Muestra de una rama pequeña caída al suelo, con una fructificación solitaria.
2. Corte transversal, pp= plátina de perforación, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.
3. Corte transversal, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.
4. Corte transversal, f= fibras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
5. Corte transversal, f= fibras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
6. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
7. Corte transversal, f= fibras, pa= parénquima axial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
8. Corte transversal, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
9. Corte radial, pa= parénquima axial, r= radios, safranina-verde rápido, X 200, con filtro.
10. Corte radial, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 400.
11. Corte radial, f= fibras, pa= parénquima axial, r= radio, safranina-verde rápido, X 400, con filtro.
12. Corte radial, pa= parénquima axial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 400, con filtro.
13. Corte tangencial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.
14. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
15. Corte tangencial, f= fibras y r= radio, safranina-verde rápido, X 1000, con filtro.



4.2. **AURICULARIA POLYTRICHA** (Mont.) Sacc.
Atti. R. Inst. Veneto, VI. 3: 722, 1885.

SINONIMIA (según LOWY, 1971):

- Exidia polytricha Mont. in: Belanger, Voy. aux Indes p. 154, 1834.
Exidia purpureascens Jungh., Praem. 35, 1838.
Exidia hispidula Berk., Ann. Nat. Hist. II. 3: 396, 1839.
Exidia porphyrea Lév., Champ. Exot. III. 2: 218, 1844.
Hirneola nigra Fr., Fung. Nat. 27, 1848.
Hirneola porphyrea (Lév.) Fr., Fung. Nat. 27, 1848.
Hirneola polytricha (Mont.) Fr., K. Vet. Akad. Handl. 1848: 46, 1849.
Hirneola hispidula Berk., Jour. Linn. Soc. 14: 352, 1874.
Auricula nigra (Fr.) Kuntze, Rev. Gen. 2: 844, 1891.
Auricula polytricha (Mont.) Kuntze, Rev. Gen. 2: 844, 1891.
Auricula nigra (Sw.) Earle, Bull. Torrey Bot. Club 26: 633, 1899.
Auricularia hispidula (Berk.) Farl., Bibl. Index 1: 307, 1905.
Auricularia nigrescens (Sw.) Farl., Bibl. Index 1: 308, 1905.
Auricularia porphyrea (Lév.) Teixeira, Bragantia 5: 163, 1945.

CLASIFICACION.- Misma del caso anterior.

HABITAT.- Crece sobre la madera de árboles de zonas tropicales, subtropicales y templadas (LOWY, 1971; GUZMAN y GARCIA SAUCEDO, 1973).

DISTRIBUCION.- Argentina, Islas Bahamas, Bermudas, Bolivia, Brasil, Guyana Británica, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, El Salvador, Ecuador, Guyana Francesa, Trinidad, Nicaragua, Venezuela, Panamá, Perú, Puerto Rico (LOWY, 1971). En México se ha localizado en: Chiapas, Distrito Federal, Morelos, Orizaba, Tabasco, Tehuantepec y Jalapa (GUZMAN y GARCIA SAUCEDO, 1973).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtles", cerro "El Vigía", ladera E, sitio sombreado, alto y con pendiente pronunciada, *L. Pinzón e l. Frutis 684* (27-Mar-1985).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera identificada por su estructura anatómica como *Diphollis* sp. (Sapotaceae), según las descripciones que para dos especies aportan DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980), pero como en la localidad sólo está registrada la especie *D. minutiflora* Pittier (IBARRA MANRIQUE y SINACA COLIN, 1987), posiblemente se trate de este caso.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA II)

Muestra de una rama caída (fig. 1) con veinte fructificaciones semigregarias, en diferentes estados de desarrollo, de forma orbicular a flabeliforme (las maduras) y cupiformes las más jóvenes, algunas fácilmente desprendibles y otras firmemente adheridas y de consistencia coriácea a leñosa. Emergieron de sitios sin corteza, estando la muestra en posición horizontal, ya en el suelo.

La muestra sólo contiene albura, la madera es pesada y dura. Presenta numerosas cavidades y galerías causadas por insectos xilófagos, incluyendo termitas. Toda la superficie de la muestra y el interior de las galerías, están oscurecidas y con partículas de suelo adheridas, indicio de una prolongada exposición al contacto con el suelo y al intemperismo.

Desarrollo de pudrición blanca, en condición severa y fase tardía. Extensión de la pudrición amplia pero muy irregular, en su mayor parte de color amarillo anaranjado con tonos rosados, pero también hay zonas o núcleos de madera con tonalidades grises, negras y cafés, delimitadas por líneas zonales de trazo grueso y color negro; estas zonas están orientadas paralelamente al grano de la madera. No hay desarrollo de masas algodonosas de micelio en la superficie exterior ni en las oquedades del tejido leñoso.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Hifas del basidiomicete teñidas de azul o de verde (con safranina-azul de picroanilina o con safranina-verde rápido), fibuladas, delgadas, de aspecto zigzagueante (fig. 7, 11, 12). En algunos campos las hifas muy abundantes, llegando a estar aglomeradas algunas veces, se observan ramificadas en vasos (fig. 2 flechas oblicuas izquierda, 5 v y 7 v), de igual forma en las células de parénquima axial y radial (figs. 5 pa, 11 todo el campo, 12 pa), pero en otros cortes se observan menos hifas del basidiomicete (figs. 6, 8, 9, 10). La orientación de las hifas es predominantemente radial, probablemente debido a la disposición de los vasos, que se ven en corte transversal como hileras radiales de poros (figs. 2, 3, 4), también a la abundancia de radios (figs. 6) y a los frecuentes cruces entre radios y parénquima axial (figs. 7, 12).

Hifas de micromicetes, de color ámbar, gruesas, simple septadas y poco ramificadas, en algunos cortes son escasas en vasos (fig. 6 flecha chica), lo mismo en fibras y radios (fig. 7 flechas curvas y gruesa); pero existen campos donde son abundantes y esparcidas, predominando sobre las hifas del basidiomicete (fig. 9 flechas diagonales), en ambos casos siguen una orientación radial y tangencial.

La pudrición es tan avanzada que muchos cortes se obtienen desgarrados o fragmentados (figs. 7, 10 centro), alternando con otras porciones menos degradadas (figs. 3, 9), por lo que fue casi imposible realizar por separado la descripción de los elementos celulares. En las partes de pudrición avanzada, se observa desintegración indiscriminada en todos los elementos celulares, como los vasos, que tienen paredes laterales celulares desleídas (fig. 7 v, flecha curva), o con paredes celulares muy adelgazadas que ya casi ni se ven (fig. 10 flecha gruesa derecha y flecha curva centro) en radios, parénquima axial y fibras; algunas veces estos tres tipos de células se ven muy fragmentados o han desaparecido completamente (fig. 7, 10 flechas gruesas). Pero en las porciones menos degradadas y, en general, se aprecia que los elementos más deteriorados (aparentemente desde fases anteriores de la pudrición), son los elementos vasculares, cuyas paredes laterales son casi imperceptibles por su adelgazamiento (figs. 6 y 8 v) también presentan grietas (fig. 9 flecha gruesa derecha) y las platinas de perforación muy fragmentadas (figs. 2 flecha recta, centro). Después de los vasos, las células parenquimáticas axiales y de los radios son las más atacadas, apreciándose, una multitud de agrandamientos de punteaduras y también perforaciones de amplio diámetro (figs. 11 r, 12 pa), en otros campos se observa que el parénquima axial ésta en proceso de deslignificación (fig. 6 flecha vacía). En el caso de las fibras, que quedaron como las estructuras más resistentes a la degradación, existen campos donde las paredes celulares de las fibras se observan poco teñidas y angostas, resultado de un

adelgazamiento celular (fig. 9 todo el campo) pero también existen campos, donde las fibras están deslignificadas (fig. 8 flecha vacía derecha)

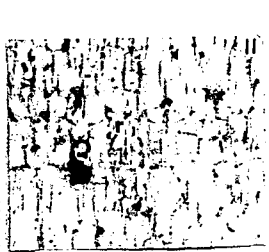
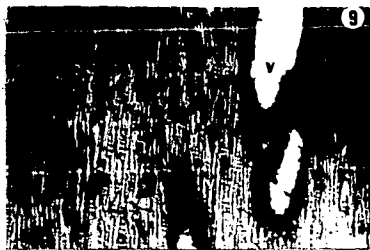
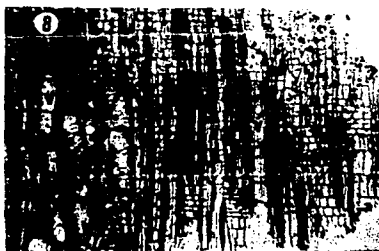
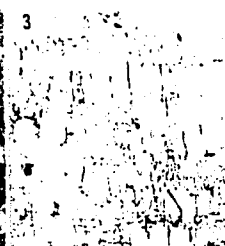
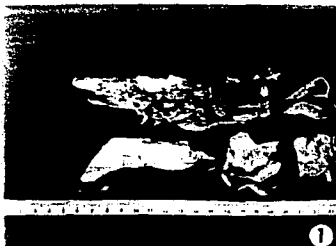
OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

Esta muestra es más seguro que se trate de un caso de pudrición tardía. Esto se apoya en tres líneas de evidencia: primero, el enfoque ecológico, si se toman en cuenta los resultados de UHEYAMA (1966), quien observó la aparición de "hongos de copas suaves y gelatinosos" (como *Pleurotus*, *Auricularia*) en las fases tardías de la sucesión; otro argumento se basa en el aspecto macroscópico, por el estado de fragmentación, el tamaño aparentemente "reducido" y la "pátina de antigüedad" del substrato; y micromorfológicamente, por el estado de degradación de las células de la madera y porque en las partes donde hay menos hifas de basidiomicete, hay más de micromicetes.

Es interesante señalar que, la madera residual de esta muestra sigue siendo pesada y firme, a pesar del desarrollo severo de la pudrición y los efectos del intemperismo. Esto puede deberse a cierto grado de conservación de las propiedades fisicomecánicas originales muy altas en la madera de esta especie, particularmente en las porciones con menor grado de descomposición que alternaban con otras más deterioradas.

LAMINA II *Auricularia politricha* en madera identificada como de *Dipholis minutiflora*.
Ejemplar 684.

1. Muestra de una rama caída, con veinte fructificaciones semigregarias.
2. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
4. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 200.
5. Corte transversal, pa= parénquima axial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 400.
6. Corte radial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 200. 7. Corte radial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
8. Corte radial, v= vasos, safranina-azul de picroanilina, X 100. 9. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
10. Corte tangencial, safranina, X 100.
11. Corte radial, r= radio, safranina-verde rápido X 200, con filtro.
12. Corte radial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.



4.3. **DALDINIA CONCENTRICA** (Bolt.) Ces. & De Not.
Comm. Critt. Ital. l. p. 198, 1863.

SINONIMIA (según MILLER, 1930):

Sphaeria concentrica Bolt., Fung. Halif. append. p. 180 t. 18, 1791.

Valsa tuberosa Scop. Flor. Carniol. 2ª ed. p. 399, 1772.

Sphaeria tunicata Tode, Fung. Meckl. Sel. II. p. 59, t. 17, fig. 130, 1791.

Sphaeria fraxinea With., Arrang. Brit. Pl. 3ª ed. t. 4. p. 393, 1796.

Hypoxyton concentricum Grev., Scot. Crypt. Flora VI, t. 324, 1828.

H. concentricum Fr., Summ. Veg. Scand. p. 384, 1849.

CLASIFICACION.- Ascomycotina, Pyrenomycetes, Sphaeriales, Xylariaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Sobre madera de una amplia variedad de árboles de hojas deciduas como: fresno, abedul, haya, encinos, olmo, castaño, sicomoro (HIGLEY, 1971; WHALLEY y WATLING, 1980).

DISTRIBUCION.- Especie cosmopolita. En México, está registrada para: Campeche, Colima, D.F., México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz y Zacatecas (PEREZ SILVA, 1973).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", cerca de la laguna "Zacatal", camino al ejido "Lázaro Cárdenas", sitio con leve pendiente y ligera exposición, *L. Pinzón* y *J. Martínez* 490 (7-Abr-82).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera identificada por su estructura anatómica como *Diospyros* sp. (Ebenaceae), de acuerdo con KRIBS (1968). Como en la Estación "Los Tuxtlas" sólo se ha registrado a la especie *D. difgyna* Jacq. (BARRA MANRIQUE y SINACA COLIN, 1987) y algunos datos de la descripción de PENNINGTON y SARUKHAN (1968) coinciden con este caso, como la forma del árbol y las ramas, es posible que se trate de esta última especie.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA III)

Porción tomada de una rama caída con varias fructificaciones subglobosas algo aplanadas, sésiles, de color y aspecto carbonoso y gregarias, mostrando diferentes estados de desarrollo (fig. 1). Emergen de la muestra a través de la corteza, en sentido perpendicular al grano de la madera. Como la morfología de la fructificación, en este caso, no muestra tan marcadamente el efecto de geotropismos, no se puede precisar la posición de la rama al momento de emerger las fructificaciones, pero por la evidente degradación de la madera, la muestra debió haber estado en el suelo antes de que fructificara el hongo.

La corteza de tipo liso, color café oscuro, agrietada en varias partes, fragmentable y fácilmente desprendible, debido a que está muy degradada. Entre las capas de la corteza, se observan masas de micelio blanco en forma de placas delgadas y compactas.

Madera dura y pesada, de color amarillo claro en algunas porciones; con orificios y galerías localizados cerca de las fructificaciones, por debajo de la corteza, originados por insectos

barrenadores. La madera más cercana a las fructificaciones está dividida en numerosos compartimientos pequeños, de color café claro y forma irregular o caprichosa algo ahusada, separados por líneas zonales negras de trazo grueso (figs. 1, 10).

Se trata de una pudrición blanca, con desarrollo severo y que está ampliamente extendida. En los sitios de color más claro, la madera podrida tiene una consistencia más fibrosa y deleznable que en las porciones de color obscuro.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Finas hifas del basidiomicete, fibuladas, teñidas de azul (con safranina-azul de picroanilina), abundantes y con distribución tangencial y radial sólo en radios y fibras (figs. 2, 3, 4, 5, 6); la orientación que predomina en el lumen de los elementos vasculares es tangencial (fig. 3 flecha curva) y axial (fig 9 v).

Numerosas hifas de micromicetes, ambarinas, de diámetro grueso, septadas y ramificadas invadiendo radios y fibras (figs. 5 flecha vacía superior derecha), o elementos vasculares y fibras (figs. 6, 11 todo el campo), la mayoría orientadas axialmente.

La placa pseudoesclerocial (PSP) de una línea zonal, de color negro y muy gruesa, se aprecia en un corte (fig. 10).

Algunos vasos contienen gomas rojizas (fig. 12), sin embargo, en general son las estructuras más degradadas, con diversos daños: eliminación de paredes laterales (fig. 9 flecha curva izquierda), y de platinas de perforación (figs. 2, y 3 flechas curvas), adelgazamiento de paredes celulares (figs. 4 y 9 v), paredes laterales con grietas (figs. 11, 12 flechas gruesas), o con grandes huecos (fig. 11 v centro).

En algunos sitios, los radios fueron totalmente degradados (fig. 9 flechas gruesas); en otros, sus células sólo muestran agrandamiento de punteaduras y/o perforaciones en la pared celular (fig. 8 r). Algunos radios tienen abundante contenido de goma rojiza (figs. 7, 8 izquierda).

Las fibras son los elementos estructurales más resistentes a la descomposición (figs. 4 zonas más rojizas), aunque se observa en otras partes adelgazamiento de paredes celulares (figs. 5-6 f, 9 y 12 l), o numerosas perforaciones por el paso continuo de hifas a través de la pared celular (figs. 13), también existen campos, donde es posible percibir paredes laterales disueltas, dejando pequeños espacios (fig. 8 flechas gruesas).

El parénquima axial, sin contenidos celulares, es del tipo llamado en bandas y confluyente, es apenas perceptible porque sus paredes laterales están muy desvanecidas (5, 6 pa).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

Llama la atención que en un corte donde se encuentra una línea zonal (fig. 10), se observa que el estado de la pudrición es muy similar a ambos lados de la placa pseudoesclerocial.

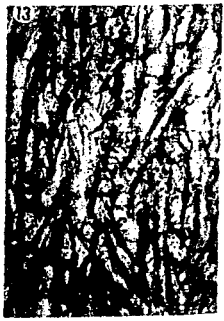
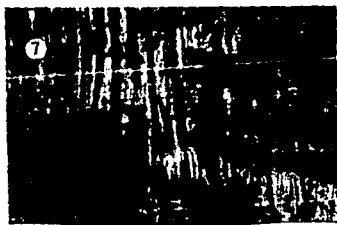
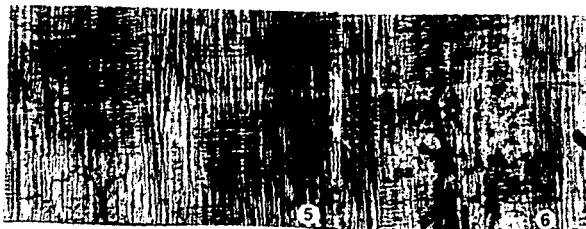
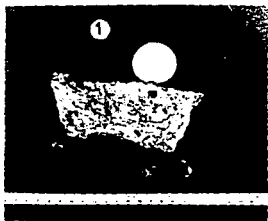
Aún cuando el ejemplar ya presenta grados muy avanzados de pudrición, la madera conserva algo de sus propiedades de dureza y peso.

El contenido de gomas en las células de los radios coincide con una menor degradación de estos elementos. En los vasos, aún cuando existan contenidos de gomas, la abundancia de hifas de micromicetes y del basidiomicete, así como los daños, fueron muy notables.

LAMINA III. *Daldinia concentrica* en madera de *Diospyros digyna*.

Ejemplar 490.

1. Porción tomada de una rama caída con varias fructificaciones. 2. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 200.
3. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 100.
4. Corte radial, v= vasos, safranina-azul de picroanilina, X 100.
5. Corte radial, f= fibras, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte radial, f= fibras, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
7. Corte radial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte tangencial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 200.
9. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
10. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
11. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 200.
12. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
13. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.



4.4. **FAVULUS BRASILIENSIS** (Fr.) Fr.
Elench. Fung. 44, 1828.

SINONIMIA (tomada de RYVARDEN y JOHANSEN, 1980):
Daedalea brasiliensis Fr., Syst. Mycol. 1: 332, 1821.
Favolus guadalupensis Lév., Ann. Sci. Nat. III; 5: 511, 1830.
Favolus friesii Berk. & Curt., Jour. Linn. Soc. 10: 321, 1868.
Favolus hispidus Berk. & Curt., *loc. cit.*
Hexagonia wilsonii Murr., Bull. Bot. Torrey Club 31: 329, 1904.
Favolus alutaceus Berk. & Mont., Ann. Sci. Nat. 2ª Ser. 11: 240, 1849.
Polyporus dermoporus Pers. *in*: Gaud., Voyage Aut. Monde, 1827.
Favolus hepaticus Kl., Linnaea 7: 197, 1832.
Favolus bifidensis Henn., Engl. Bot. Jahrb. 30: 43, 1902.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Holobasidiomycetidae, Aphyllophorales, Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Toda clase de madera de angiospermas, a menudo es abundante en bosques húmedos (RYVARDEN y JOHANSEN, 1980). En México se ha recolectado en bosques de pino-cencino y mesófilo de montaña (WELDEN y GUZMAN, 1978).

DISTRIBUCION.- África, y Norteamérica (RYVARDEN y JOHANSEN, 1980). En México se ha encontrado en: Campeche (GUZMAN y MADRIGAL, 1967), Chiapas, Morelos, Oaxaca y Puebla (GUZMAN, 1963), y Nuevo León (CASTILLO, *et al.*, 1969; CASTILLO y GUZMAN, 1970).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", sitio sombreado cerca de la laguna "Zacatal", L. Pinzón y J. Martínez 444 (4-Abr-82); camino al ejido "Lázaro Cárdenas", cerca de la laguna "Zacatal", L. Pinzón y J. Martínez 483 (7-Abr-82).

DESCRIPCION DE LA MUESTRA (EJEMPLAR No. 444)
(LAMINA IV)

Hongo determinado por I. Frutis. Substrato identificado en el campo como *Ficus* sp. (Moraceae). Nombres locales: amate, mata palo.

Ejemplar obtenido de un tronco caído. Fragmento con diez fructificaciones gregarias, semilmbriadas, flabeladas a casi infundibuliformes, que emergieron de la corteza en posición perpendicular a la madera y horizontal con respecto al suelo, indicando que surgieron después de la caída del tronco. La corteza se separó de la madera durante el secado (fig. 1). Cerca de las fructificaciones, en la madera y en la corteza, se observa desarrollo masivo de micelio amarillento y compacto, como ocluyendo minúsculos huecos en los tejidos.

Corteza de unos 10 mm de grosor, de textura escamosa al exterior y fibrosa en el interior; podrida, y además, se observan numerosos orificios pequeños, ocasionados por insectos barrenadores. La corteza interna, que estaba en contacto con la albura, presenta en toda su superficie desarrollo de masas de micelio, de las mismas características que el micelio superficial.

Madera muy ligera y blanda, de color amarillo claro, sólo comprende albura y no duramen. Con galerías y orificios poco numerosos, ocasionados por insectos barrenadores (aparentemente los mismos que penetraron por la corteza), los cuáles están rodeados por zonas de color café claro, y éstas, a su vez, limitadas por líneas zonales de trazo grueso y de color café más oscuro.

La pudrición de la muestra presenta un desarrollo avanzado y una extensión amplia. Su aspecto es fibroso y sin desarrollo masivo de micelio en el tejido más profundo. El aspecto y el color indican una pudrición de tipo blanco.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Las hifas del basidiomicete, teñidas de azul (según la técnica de safranina-azul de picroanilina) y de verde (según la técnica de safranina-verde rápido), son medianamente gruesas y fibuladas (fig. 13 flecha gruesa). Las hifas en algunos campos muy abundantes, y en otros de escasas a ausentes (figs. 2-5, 7 y 11-12), la orientación en todos los elementos celulares es irregular (figs. 6, 8, 13)

Hifas de micromicetes muy escasas, de color café, septadas, gruesas, presentes sólo en vasos, muy poco ramificadas (figs. 2, 3 flechas sesgadas).

Vasos mostrando tñides y conteniendo gomas rojizas, a lo que aparentemente se debe que algunos estén menos degradados (figs. 3, 8 v, 9, 10, 11), mostrando como daños principales los agrandamientos de punteaduras que llegan a ser coalescentes (figs. 8 izquierda, 9, 10 flechas curvas chicas, 11 v), en otros campos se aprecia desvanecimiento de paredes celulares, hasta llegar casi a su desaparición (figs. 5, 6 flechas vacías).

Los radios son las estructuras más dañadas, ya que en algunos campos sólo quedaron huecos en su lugar (figs. 6 todo el campo, 8 flechas gruesas derecha); otros, muestran radios todavía con restos de sus células exteriores (fig. 7 flecha recta); en algunos otros, los radios contienen restos de gomas rojizas similares a las de los vasos, en estos casos, se aprecian menos daños, como punteaduras agrandadas (fig. 7, 9, 10, 11 flechas curvas y huecas).

Otras estructuras poco resistentes a esta pudrición, son las fibras; con numerosos canales de erosión y perforaciones en sus paredes celulares, formando marañas, o con orientación S y Z (figs. 9, 10 flechas sesgadas, 11 flecha curva, 12 todo el campo); también se observan perforaciones algo numerosas, pero aquí como puntos oscuros (fig. 9 f centro). Los daños más graves se aprecian como desfibrado, es decir, fragmentación y disociación de conjuntos de fibras (figs. 7 flecha gruesa izquierda, 8 f centro), lo que lleva a la desaparición de estos conjuntos, formando grietas o cavidades en la madera residual (figs. 4 flecha sesgada, 6 flecha curva).

El parénquima axial, sin contenidos celulares, conserva mucho su estructura original, aún cuando se observan daños frecuentes, como canales de erosión, agrandamiento de punteaduras y algunas perforaciones (figs. 9, 10, 11 todos con flechas gruesas).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

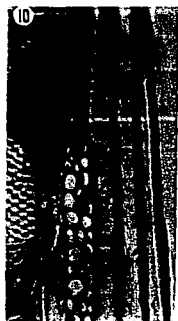
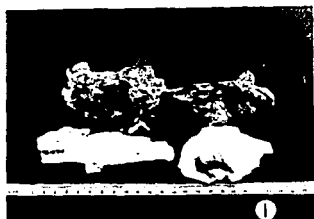
Ejemplar con escasas hifas de micromicetes, éstas sólo presentes en vasos donde la detección de hifas del basidiomicete también es nula o muy escasa, lo que podría indicar antagonismo entre ambos tipos de hifas.

Una observación interesante aquí es la de que durante la degradación avanzada de los radios, los cuales son de tipo poliseriado heterocelular, pero sin diferenciación de células envolventes, las células más internas son las que desaparecen primero, mientras que de las más externas todavía hay residuos. De esta observación no se han encontrado antecedentes bibliográficos.

LAMINA IV. *Favolus brasiliensis* en madera de *Ficus* sp.

Ejemplar 444.

1. Ejemplar obtenido de un tronco caído. Fragmento con diez fructificaciones gregarías.
2. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 400.
3. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 100.
4. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
5. Corte radial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
7. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte tangencial, f= fibras, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
9. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.
10. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
11. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
12. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
13. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.



4.5. FAVOLUS BRASILIENSIS (EJEMPLAR 483)

(Fr.) Fr.

Elench. Fung. 44, 1828.

Hongo determinado por I. Frutis. Madera identificada como *Belotia mexicana* (D.C.) K. Schum. (Tiliaceae) por su estructura anatómica, con base en las descripciones de DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980) y ANGELES ALVAREZ (1981). Nombre local, "Cuapetate".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA LAMINA V

Fragmento proveniente de una rama caída. Con diez fructificaciones de flabeladas a infundibuliformes, gregarias, casi imbricadas, en diferentes estadios de desarrollo. Emergen tanto de la corteza como directamente de la madera, en posición perpendicular a la madera y paralela al suelo (fig. 1). Se observa el desarrollo de masas de micelio de color blanco amarillento y aspecto entre algodonoso y costroso alrededor de las fructificaciones.

El espécimen conserva partes de corteza, de unos 5 mm de grosor, medianamente degradada, pero sin ser fácilmente desprendible, con algunos orificios y galerías de insectos barrenadores que alcanzan hasta la madera. En algunas porciones desprendidas, entre corteza y madera hay masas de micelio del tipo ya mencionado, pero aspecto más costroso.

Madera ligera y blanda. Color amarillo claro, no contiene duramen. Con orificios y galerías escasos y dispersos en la madera, originados por insectos barrenadores, rodeados por zonas café grisáceas limitadas, a su vez, por líneas zonales café de trazo fino.

Fragmento con un desarrollo muy avanzado de pudrición blanca, la madera de textura muy fibrosa y consistencia muy deleznable. La pudrición está uniformemente extendida en toda la muestra.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Las hifas del basidiomicete en la madera teñidas de azul o verde (según la técnica safranina-azul de picroanilina o la de safranina-verde rápido), muy finas y fibuladas (figs. 4, 9 flecha delgada centro). En algunas zonas, abundan en todos los tipos de células (figs. 2-5, 8-9), y en otras zonas han perdido su contenido observándose deformes, parecen estar en fases avanzadas de autólisis (figs. 10, 13, 15).

Las hifas de micromicetes, de color ámbar a rojas, septadas y muy ramificadas, se presentan sólo en vasos y en algunas ocasiones entre fibras y radios (figs. 7, 10) donde son localmente abundantes. Algunas veces se ven mezcladas con hifas del basidiomicete (fig. 10 v), en otras están solas (fig. 7).

Vasos fuertemente degradados en todos los campos (figs. 2 flechas vacías izquierda y derecha, 4 flechas curvas, 6 v, 8 flecha curva). Algunos vasos muestran las huellas de las hifas, formando los llamados canales de erosión, con dirección en S y Z entre las punteaduras de las paredes laterales, y causando la erosión de punteaduras (fig. 14 flechas diagonales), o la coalescencia de punteaduras erosionadas (fig. 12 flechas rectas). En otros vasos, se aprecia que la platina de

perforación ha desaparecido (fig. 2, 3 flechas curvas, 4 flechas vacías). Además, el adelgazamiento de las paredes celulares laterales está tan avanzado, que no se percibe su grosor en corte transversal (figs. 2, 3); en cortes longitudinales, las paredes laterales se observan desgarradas o están parcialmente desvanecidas, dejando huecos (figs. 4 y 5 flechas curvas, 6 v, 8, flecha curva y sesgada, 12 flecha gruesa). Una línea zonal que cruza exactamente por un vaso, parece ensancharse para rodearlo, además de rellenarlo (fig. 3).

Los radios, de tipo uniseriado a biseriado, presentan cristales rómbicos (figs. 6 arriba derecha, 8 flechas diagonales, 11 r). Están muy dañados en su gran mayoría (figs. 4-6 r, 9, 11-13), existen campos donde sólo quedan restos del contorno del radio (figs. 9 r), a veces, observándose deslignificadas las paredes exteriores de las células (fig. 13 flecha gruesa y corta lado izquierdo, 15 flecha recta derecha); también hay radios algo desvanecidos (fig. 6 flechas vacías derecha, 9 r, 11 r).

En numerosos campos se observan las fibras, con adelgazamiento en sus paredes laterales (figs. 4 flecha gruesa derecha, 5 y 6 f, 7 flecha gruesa derecha, 8 f). En casos extremos, se observan grietas atravesando conjuntos de fibras y otros tipos de células, así como zonas en las que las fibras han sido totalmente lisadas (fig. 5 flechas rectas a la derecha). Canales de erosión, acompañados de erosión de punteaduras se aprecian claramente en algunos campos (figs. 13 flechas curvas, 15 flechas rectas todo el campo).

El parénquima axial, sin contenidos celulares (fig. 6 pa), es escaso en esta madera, con paredes celulares transversales casi imperceptibles, como desvanecidas, y las laterales considerablemente adelgazadas (hacia la parte inferior en la figura); las punteaduras evidencian erosión, ya que están la mayoría agrandadas y muchas fusionadas, o bien, las células están acribilladas por perforaciones (fig. 12 flecha gruesa menor); además, se logran distinguir zonas de deslignificación, las cuales se caracterizan por tener líneas paralelas bordeando zonas translúcidas (fig. 15 flecha centro).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

En este ejemplar se observa que la pudrición es bastante severa. Los daños presentados en las células de la madera, así como las características de las hifas indican que el desarrollo de la pudrición está en un estadio muy avanzado.

El estudio micromorfológico de dos casos de pudrición causados por la misma especie de hongo (como en los ejemplares 444 y 483), es una oportunidad para comparar diferencias en la pudrición de la madera de dos especies distintas, o similitudes en la forma de ataque del hongo.

En los dos casos, el grado de pudrición es diferente, en el ejemplar 444, cuyo substrato es madera de *Ficus* sp., la pudrición está menos avanzada que en el ejemplar 483, con madera identificada como *Belotia mexicana*. En ambos casos hay hifas de micromicetes, siendo más abundantes en la pudrición más severa. Las hifas del basidiomicete están más deformadas en el segundo caso que en el primero, debido a mayor madurez.

La degradación de las células leñosas es muy similar en ambos casos. En los vasos, hay agrandamiento de punteaduras y/o perforaciones junto con desvanecimiento de las paredes

celulares, sólo se diferencia un ejemplar del otro por el grado de avance. El deterioro de los radios todavía es más parecido, pues aun cuando en la madera de *Ficus* sp., los radios son poliseriados y heterocelulares (Lám. IV, fig. 7), y en la de *Belotia mexicana* son de uni- a biseriados (Lám. V, figs. 6, 9), en ambos tipos la degradación fue mayor en el centro que en los contornos. En ambos ejemplares, las fibras también muestran daños semejantes, como las grietas, y especialmente, los canales de erosión, que se observan abundantemente (comparar la Lám. IV, figs. 10-12 con la Lám. V, figs. 13-15). Ya que se trata de maderas diferentes, estos daños deben ser característicos del tipo de ataque en esta especie de hongo. Solamente los daños en el parénquima axial parecen algo diferentes: en el ejemplar 444 se observan canales de erosión, perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras; en el ejemplar 483 además hay adelgazamiento y designificación de paredes, debido posiblemente al mayor desarrollo de la pudrición.

LAMINA V. *Favolus brasillensis* en madera de *Belotia mexicana*.

Ejemplar 483.

1. Fragmento proveniente de una rama caída. Con diez fructificaciones.
2. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
4. Corte radial, safranina-verde rápido, X 100.
5. Corte radial, f= fibras, r= radios, safranina-verde rápido, X 100.
6. Corte tangencial safranina-azul de picroanilina, f= fibras, pa= parénquima axial, v= vasos, X 100.
7. Corte tangencial, f= fi-bras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 100.
8. Corte tangencial, f= fibras, safranina-verde rápido, X 100.
9. Corte tangencial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 200.
10. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
11. Corte tangencial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.
12. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 200.
13. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
14. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
15. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.



4.6. **GANODERMA APPLANATUM** (Pers.: Wallr.) Pat.
Bull. Soc. Mycol. Fr. 5: 67, 1889.

SINONIMIA (DOMANSKI, ORTOS y SKIRGIETTO, 1973):
Polyporus applanatus Pers.: Wallr., Fl. Crypt. Germ. 2: 591, 1833.
Fomes applanatus (Pers.: Wallr.) Gill., Champ. Fr. p. 686. t. 466, 1878.
Placodes applanatus (Pers.: Wallr.) Quéf., Flore Mycol. p. 400, 1888.
Elfvigia applanata (Pers.: Wallr.) P. Karst., Krit. Fial. Basidsv. p. 334, 1889.
Ganoderma leucophaeum (Mont.) Pat., Bull. Soc. Mycol. Fr. 5: 73, 1889.
Polyporus australis Fr., in: Hym. Eur. p. 556, 1874.
Polyporus dryadeus Rostk., Sturm. Deutschl. Flora 3(27): 17, t. 9, 1838.
Ganoderma rubiginosum (Schrad.) Bres., Fungi Hung. Kmet. p. 74, 1897.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Holobasidiomycetidae, Aphylophorales, Ganodermataceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Común sobre árboles de hojas deciduas y poco frecuente sobre árboles de coníferas, especialmente en *Quercus* y *Populus*. Se localiza tanto en zonas templadas como tropicales (DOMANSKI, ORTOS y SKIRGIETTO, 1973).

DISTRIBUCION.- Es una especie cosmopolita (*Op. cit.*). Esta especie ha sido registrada en México en los siguientes estados: Chiapas (GUZMAN y JOHNSON, 1974), Hidalgo (VARELA y CIFUENTES, 1979; FRUTIS y GUZMAN, 1983), Morelos (GALVAN VILLANUEVA y GUZMAN, 1977), Puebla (MARTINEZ ALFARO; PEREZ-SILVA y AGUIRRE-ACOSTA, 1983), Nuevo León (CASTILLO y GUZMAN, 1970), Veracruz (WELDEN, DAVALOS y GUZMAN, 1979; VILLAREAL y GUZMAN, 1984).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtles", vereda "Darwin" del Jardín Botánico, L. Pinzón e l. *Frutis* 752 (2-Jul-1985).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera identificada comparándola con las descripciones de PENNINGTON y SARUKHAN (1968) y DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980) como *Guazuma ulmifolia* Lam. (Sterculiaceae), su nombre local es "Guácima" o "Guácimo".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.
(LAMINA VI)

Muestra tomada de la parte superior de un tronco caído. Con una fructificación solitaria (fig. 1). Forma semicircular, subestipitada. Emerge de la corteza de la muestra en posición vertical, debido a que una curvatura del troco lo mantenía erecto. Con desarrollo de masas de micelio, de aspecto farináceo y color blanco amarillento, localizado alrededor de la base de la fructificación.

Especímen con corteza en estado avanzado de pudrición, de 10 mm de grosor y aspecto liso, fracturada al exterior a fibroso hacia el interior, sin embargo, todavía está firme y más dura que la albura inmediata. La corteza interna en contacto con la albura presenta abundantes líneas zonales de color negro y trazo grueso, algunas orientadas paralelamente entre sí, otras forman

figuras irregulares, sin seguir un patrón definido. Cerca de la fructificación, todo el espesor de la corteza está densamente colonizado por el micelio con un patrón radial en abanico.

Madera medianamente pesada y dura. Color café claro en una zona y amarillento en otra, sin distinción entre albura y duramen. Con líneas zonales negras de trazo grueso a muy grueso, adoptando figuras irregulares sin un patrón definido. Con pocas galerías pequeñas de insectos xilófagos rodeadas de una zona negra.

Muestra con un desarrollo avanzado de pudrición blanca fibrosa, extendido a toda la muestra. En algunas porciones de la madera podrida la consistencia es más deleznable que en otras. Sin desarrollo de masas de micelio en el tejido maderable.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Hifas del basidiomicete teñidas de azul o verde (con técnicas de tinción safranina-azul picroanilina o safranina-verde rápido), fibuladas, finas y muy ramificadas (figs. 2, 9). En la mayor parte de la muestra, las hifas son escasas (figs. 2, 5, 14, 16), lo que es común en la pudrición muy avanzada, pero es curioso notar la presencia de una gran cantidad de hifas aglomeradas en radios y fibras hacia el extremo de un corte (fig. 9), probablemente en el proceso de agrupación para dar origen a una línea zonal. Una fase poco más avanzada de este proceso se observa en el lumen de un vaso (fig. 10).

Presencia muy escasa de hifas de micromicetes, de color rojizo, gruesas y bien pegadas a las paredes, observándose en vasos, y en campos donde no existen hifas del basidiomicete (fig. 8 flecha angosta y larga, izquierda).

Algunos vasos contienen muchas masas de goma (fig. 7 flecha gruesa, izquierda) pareciendo estar menos dañados que otros cuyas paredes laterales han sido adelgazadas o desleídas hasta casi desaparecer (figs. 8 flechas rectas, 12 v) o aquellos cuyas platinas de perforación han sido desgarradas (fig. 4 flecha recta corta) y fragmentadas (fig. 8 flecha recta derecha).

Los radios, en su mayoría, no están muy degradados, quizá debido a la presencia de las gomas (figs. 5, 6, 7, 10). En otros radios, la degradación va desde una condición translúcida con poca fijación de colorante, debido al adelgazamiento de las paredes celulares (fig. 11 flechas vacías), hasta casos en los que la mayoría de sus células centrales han sido consumidas, y de las del contorno, sólo quedan fragmentos o unas cuantas enteras (figs. 9 y 14 flechas gruesas), o todas las células están siendo degradadas simultáneamente (figs. 15 izquierda, 16 r).

En corte transversal se nota mucho el daño sobre las fibras, ya que se observan numerosos huecos en su lugar (figs. 2 flecha gruesa al centro y arriba, 3 flechas vacías, 4 flecha recta). En vistas radial y tangencial, se perciben paredes celulares adelgazadas (figs. 5 flecha vacía grande, 7, 10 derecha e izquierda), erosión de punteaduras (fig. 13) y producción de perforaciones en las fibras (figs. 5, 13 flecha curva); pero también existen campos donde las fibras están más conservadas (figs. 8, 11).

La degradación del parénquima axial, sin contenidos celulares, se caracteriza por el agrandamiento de punteaduras y las paredes celulares deslignificadas que casi desaparecen (figs.

14 izquierda, 15 pa), en otras vistas, se observa el adelgazamiento de las paredes laterales (figs. 12, 16 pa)

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

En esta muestra es evidente que la cantidad y la severidad de los daños es mayor en la madera que en la corteza, a pesar de que esta última tiene una zona densamente colonizada por hifas, pudiéndose trazar el trayecto, tanto de hifas como de líneas zonales, pasando de una a otra hacia la fructificación. Esto indica, o bien una actividad degradadora del hongo "selectiva" hacia la madera, o una susceptibilidad diferente de ambos tipos de tejidos. Sobre esta observación no se han localizado antecedentes bibliográficos, así que investigar más a fondo al respecto puede ser interesante.

La micromorfología de la pudrición causada por esta especie de hongo, fue estudiada por VILCHIS ARGUETA (1983), en madera identificada como *Brosimum allcastrum*, por lo cual es posible saber que se trata de una madera pesada, dura, no resistente al ataque de hongos e insectos (datos recopilados por ECHENIQUE-MANRIQUE, 1970); según otro autor, la madera es dura y pesada, con una g. esp.= 0.81 (KRIBS, 1968); con gomas blancas en los vasos, cristales rómbicos en el parénquima axial y radial (DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* 1980). Sus resultados, confrontados con los del presente trabajo en substrato identificado como *Guazuma ulmifolia*, cuya madera es algo ligera a moderadamente pesada y dura, con una g. esp.= 0.60-0.65 (KRIBS, 1968); con gomas en los vasos, cristales romboides en el parénquima axial y radial (DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* 1980); se presentan en seguida.

VILCHIS ARGUETA (*op. cit.*) observó abundantes hifas, especialmente en vasos; mientras que en el trabajo presente, las hifas fueron más bien escasas. Según el trabajo citado, en vasos existían abundantes punteaduras agrandadas y canales de erosión, sin detectarse grietas; en el estudio actual, se apreciaron paredes celulares laterales adelgazadas a desleídas prontas a desaparecer, las platinas de perforación se observaron desgarradas o fragmentadas, algunos vasos contenían abundantes gomas rojizas pareciendo tener menos daños que otros sin gomas. En el trabajo anterior (*op. cit.*), en los radios se detectaron perforaciones y canales de erosión muy abundantes, sin mencionar grietas ni agrandamiento de punteaduras; en el estudio actual, los radios presentaban paredes celulares adelgazadas, con las células centrales muy degradadas, y un poco menos las células del contorno, o todas las células con degradación similar, algunos radios tenían contenidos de gomas, observándose poco degradados en comparación a los que no las contenían. En el primer estudio (*op. cit.*), el parénquima axial mostraba abundantes perforaciones y canales de erosión; mientras que actualmente se nota el agrandamiento de punteaduras y paredes celulares adelgazadas o deslignificadas. En los resultados de VILCHIS ARGUETA (*op. cit.*) las fibras presentaron mayor proporción de daños, con abundancia de punteaduras agrandadas, canales de erosión y perforaciones, con ausencia de grietas; en la actualidad, las fibras también fueron las más degradadas, con paredes celulares adelgazadas hasta desaparecer, también se percibió erosión de punteaduras y perforaciones, aún así algunos campos conservaban fibras con degradación moderada.

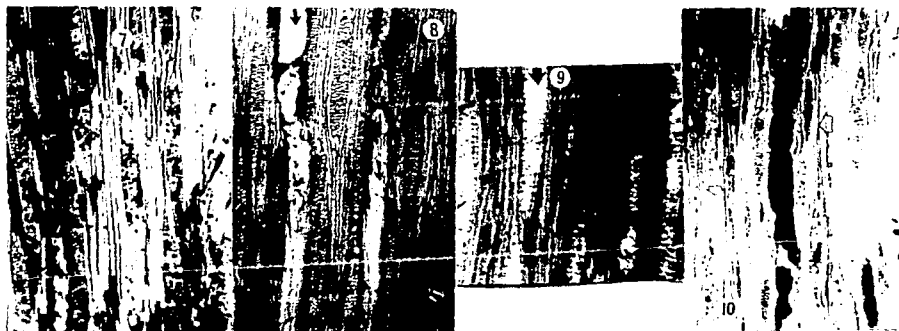
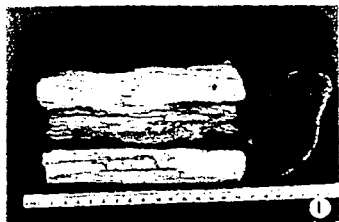
El fuerte contraste entre los resultados de los dos trabajos, se debe, por un lado, a enfoques diferentes, pues mientras que VILCHIS ARGUETA (1983) describió y analizó semicuantitativamente una serie fija de 4 daños (agrandamiento de punteaduras, producción de

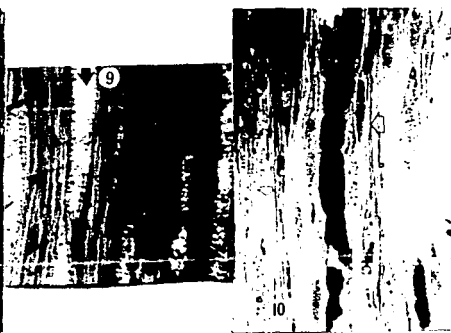
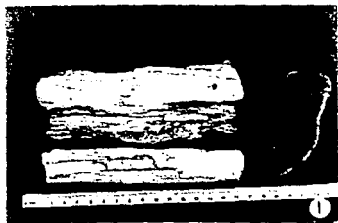
perforaciones y canales de erosión, formación de grietas), aquí se trató de obtener un cuadro más amplio y no tan encajonado de los daños. Por ello, en el trabajo anterior no se registraron daños tan importantes como la fragmentación de estructuras, o el adelgazamiento y la deslignificación de las paredes celulares; mientras que en la muestra aquí trabajada, los daños menores no son tan notorios porque la fragmentación, o el desleimiento de las paredes ya es manifiesto. Por lo tanto, aunque no es posible comparar equitativamente la severidad de los daños registrados ni establecer el tiempo de desarrollo de la pudrición, en ambos estudios, la madera del trabajo actual parece estar en un estado de pudrición más avanzado o antiguo. Sin embargo, hay observaciones que, a pesar de parecer contradictorias se deben mencionar: por un lado, la abundancia de hifas en el primer caso y su escasez en el segundo, puede servir para apoyar la hipótesis de pudrición más temprana y más tardía, respectivamente; pero, por otro lado, pueden indicar algo diferente, ya que, como se citó arriba, la madera de *B. alicastrum* se considera no resistente al ataque de hongos, pero de la madera de *G. ulmifolia* aunque no se sabe tal dato, en este trabajo hay indicios de cierta resistencia, porque además de la escasez de hifas, algunas zonas de la madera mostraban conjuntos de fibras bien teñidas, por lo tanto poco degradadas, lo mismo se observaba en radios y vasos que contenían gomas, no mostraban la misma severidad de pudrición que en otras zonas. De aquí se deriva que aun cuando la primer madera es más dura y densa que la segunda, esta última podría ser más resistente a la pudrición; y como ambas contienen gomas, éstas deben ser de composición diferente, lo que explicaría dicha propiedad. Por lo anterior, hay sospechas para recomendar ensayar la madera de *G. ulmifolia* en una prueba formal de resistencia natural a la pudrición.

LAMINA VI. *Ganoderma applanatum* en madera de *Guazuma ulmifolia*.

Ejemplar 752.

1. Muestra tomada de la parte superior de un tronco caído. Con una fructificación solitaria.
2. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
4. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
5. Corte radial, safranina-verde rápido, X 100.
6. Corte radial, safranina-verde rápido, X 200.
7. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
8. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
9. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
10. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
12. Corte tangencial, pa= parénquima axial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
13. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 200.
14. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 1000.
15. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-verde rápido, X 1000.
16. Corte tangencial, pa= parénquima axial, r= radio, v= vaso, safranina-verde rápido, X 1000.





4.7. **GANODERMA LUCIDUM** (W. Curt.: Fr.) P. Karst
Rev. Mycol. 3(9): 17, 1881.

SINONIMIA (según DOMANSKI, ORTOS y SKIRGIETTO, 1973):

Boletus lucidus W. Curt., Fl. London t. 224, 1781.

Polyporus lucidus W. Curt.: Fr., Syst. Mycol. 1: 353, 1821.

Fomes lucidus (W. Curt.: Fr.) Sacc., Syll. Fug. 6: 157, 1888.

Placodes lucidus (W. Curt.: Fr.) Quél., Flore Mycol. p. 399, 1888.

Ganoderma laccatum Pat. in: Bres., Icon. Mycol. 21 t. 1004, 1932.

CLASIFICACION.- Misma del caso anterior.

HABITAT.- Este hongo se desarrolla como saprófito sobre árboles caducifolios, comúnmente en *Quercus*, *Fagus*, *Castanea*, *Populus*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Acer*; raramente sobre árboles de coníferas y en pocas ocasiones ataca árboles vivos. Se encuentra tanto en zonas templadas como tropicales (DOMANSKI, *et al*, 1973)

DISTRIBUCION.- Europa, Asia, Filipinas y Norte de Africa (*Op. cit.*). En México se distribuye en Chiapas, Colima, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz (CASTILLO y GUZMAN, 1970).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", lecho de un arroyo cercano a la laguna "Zacatal", L. Pinzón y J. Martínez 509 (7-Jul-1982).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera no identificada

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA VII)

Ejemplar tomado de un tronco caído, con seis fructificaciones cercanas, de forma oval, pequeñas y con estípite largo (fig. 1). Presentan diferentes estados de desarrollo. Emergen a través de la corteza, perpendicularmente a la madera. Con desarrollo de micelio en la superficie, de color blanco, y aspecto farináceo.

Corteza delgada, de unos 2 mm de grosor, bien firme a la madera, sin evidencias claras de degradación, sólo en los sitios de donde se desprendieron algunas fructificaciones queda una huella en forma de cráter somero.

Madera medianamente pesada y dura, de color amarillento, sólo contiene albura, de grano ondulado. Se observa una zona más podrida café oscura, limitada por líneas zonales color café, tenues, de trazo grueso.

Ejemplar con un desarrollo ligero de pudrición blanca. Su extensión parece estar localizada, macroscópicamente la degradación no es muy evidente. Sin desarrollo masivo de micelio en el tejido maderable.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete teñidas de azul o de verde (con safranina-azul de picroanilina o con safranina-verde rápido), de finas a medianamente gruesas, muy ramificadas y fibuladas (figs. 10, 15 flecha gruesa parte media). En general, las hifas del basidiomicete son exuberantemente abundantes en los vasos (figs. 7 v, 13 izquierda), y comparativamente menos abundantes en fibras y radios, con orientación irregular a un poco longitudinal predominante (figs. 5, 7, 8, 10 y 15 f). Este ejemplar muestra contrastes por la existencia de zonas densamente colonizadas y otras que no lo están, lo que se comprobó en algunos cortes donde se ve el aglomeramiento de hifas del basidiomicete colonizando todas las estructuras de la madera en un extremo, y en el otro, se observan abundantes hifas de micromicetes junto con esporas (fig. 6 izquierda y derecha, respectivamente); en otros sitios, las hifas de ambos tipos han disminuído, sólo son hallados restos, o ya no se perciben hifas aunque los daños sean notorios (figs. 9, 11, 12, 14).

Hifas de micromicetes, de color ámbar a café, septadas, de diámetro grueso, son observadas; abundantes en radios, con dirección radial y longitudinal (fig. 4); en vasos, fibras y radios están aglomeradas junto con esporas de forma redonda a ovalada de color café (fig. 6 derecha).

Los vasos fueron las estructuras más degradadas, en diversos campos son vistos con sus paredes laterales sufriendo desvanecimiento o ya se encuentran reducidos a huecos (figs. 4 v, 6 v y 7 v, flechas gruesas, 13 flecha vacía); otros daños presentes fueron el agrandamiento de punteaduras (fig. 5 v flecha vacía) y las platinas de perforación fragmentadas (fig. 3 flecha recta derecha).

Los radios, que en su gran mayoría son uniseriados, aun cuando fueron muy colonizados por hifas del basidiomicete y de micromicetes, no en todas las células se observan estados avanzados de pudrición. Entre los daños mejor percibidos están: frecuente erosión de punteaduras, apreciándose muy agrandadas o hasta fusionadas (figs. 11 flechas gruesas, 14 flechas vacías, 15 r flecha gruesa chica), deslignificación de las paredes celulares externas de las células de los radios que se ven translúcidas en su parte media (figs. 14, 15); también se percibe adelgazamiento de las paredes celulares de los radios, que asimismo ocasiona que el colorante no se haya fijado intensamente (fig. 9 todo el campo), y radios muy degradados que apenas pueden ser reconocidos (figs. 10 r derecha, 8 r centro arriba).

En las fibras, son igualmente notados adelgazamiento y deslignificación de paredes celulares (figs. 5 lado izquierdo, 9 todo el campo; 10 mitad esquina inferior derecha), estos daños ocasionaron que algunas porciones se resintieran durante el corte y se desgarraran (figs. 2 f, flecha recta y 3 flechas gruesas). En las paredes celulares laterales es posible distinguir daños semejantes a una descamación (figs. 11 flechas curvas, 12 f lado izquierdo), en menor grado se aprecia cierto proceso de deslignificación en las paredes celulares de algunos conjuntos de fibras (fig. 14 f). A mayor aumento se distingue claramente la producción de perforaciones y/o el agrandamiento de las punteaduras (comparar figs. 12 y 14 flechas gruesas) que han llegado a fusionarse formando grandes agujeros, y también se observan canales de erosión (fig. 10 flechas gruesas). Estos últimos daños están asociados al paso de hifas, como se ha visto algunas veces (fig. 15 flechas gruesas).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

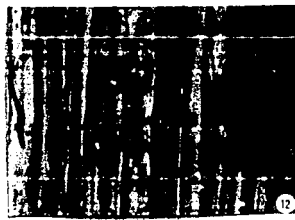
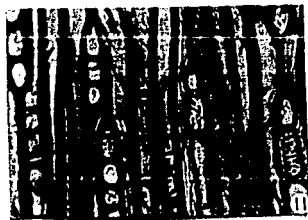
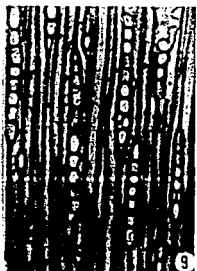
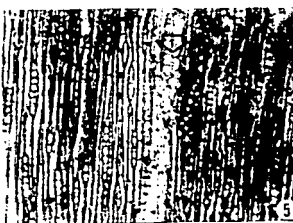
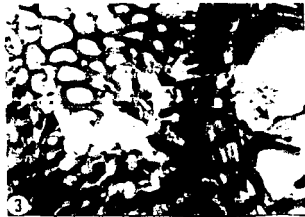
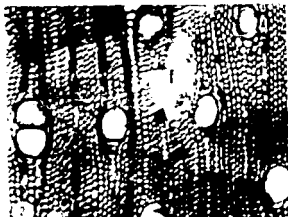
La consistencia firme y dura de la madera, junto con la evidencia micromorfológica de una pudrición ligera, induce a sospechar que el ataque principal de este hongo pueda estar en zonas más profundas del tejido, específicamente en el duramen, zonas que no fueron incluidas en esta pequeña muestra. Ver también la discusión del caso anterior.

Existe una buena evidencia acerca del antagonismo entre las hifas de micromicetes y del basidiomicete halladas en la muestra, ya que se observa una segregación entre las dos clases de hifas, estando ambas aglomeradas hacia cada extremo del corte (fig. 6), o también existen casos en los que la abundancia de un tipo de hifas colonizando en todos los elementos celulares impide la abundancia y distribución del otro tipo de hifas (figs. 4, 7). Es importante anotar la esporulación del micromicete como una posible estrategia de dispersión del hongo.

LAMINA VII. *Ganoderma lucidum* en madera no identificada.

Ejemplar 509.

1. Ejemplar, en trozos, tomado de un tronco caído, con seis fructificaciones cercanas.
2. Corte transversal, f= fibras, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 400.
4. Corte radial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
5. Corte tangencial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
6. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
7. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
8. Corte tangencial, f= fibras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.
9. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
10. Corte tangencial f= fibras y r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
11. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 400.
12. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.
13. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 400.
14. Corte tangencial, f= fibras, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
15. Corte tangencial, f= fibras, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 1000.



4.8. **HEXAGONIA TENUIS** Hook. ex Fr.
Epicr.Syst. Mycol. p. 498, 1838.

SINONIMIA (según RYVARDEN y JOHANSEN, 1980):

Boletus tenuis Hook. in: Kunth, Syn. Pl. 1: 10, 1822.

Boletus reticulatus Hook. *Ibid.*: 19, 1822.

Hexagonia polygramma Fr., Epicr. Syst. Mycol. p. 497, 1838.

Hexagonia brevis Berk. Hook., J. Bot. 6: 229, 1854.

Polyporus changensis E. Rostr., Bot. Tidsskr. 24: 360, 1902.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Holobasidiomycetidae, Aphyllophorales, Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Sobre madera de mango, sal, *Mallotus philippinensis*, padauk, siris, guava, casuarina, khair y *Eriobotrya japonica* (BAKSHI, 1971).

DISTRIBUCION.- En localidades cálidas de todo el mundo (*Op. cit.*). En México en los siguientes estados: Campeche (GUZMAN y MADRIGAL, 1967), Chiapas, Colima, Guanajuato, Jalisco, Oaxaca, San Luis Potosí, Tabasco, Morelos y Veracruz (GALVAN VILLANUEVA y GUZMAN, 1977).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtles", Jardín Botánico, cerca del depósito de agua, L. Pinzón y J. Martínez 204 (18-May-1980).

Hongo determinado por L. Pinzón. Madera identificada con base en su estructura anatómica y comparándola con las descripciones de HUERTA CRESPO y MARTINEZ BECERRA (1976) y DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980) como *Brosimum alicastrum* Sw. (Moraceae), nombre local, "Ramón".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA VIII)

Sección de una rama caída, con tres fructificaciones flaveliformes, dos de ellas gregarias imbricadas, la otra opuesta. Las dos primeras presentan similar estado de desarrollo, la opuesta es un poco más joven. Emergen de la madera a través de la corteza en posición horizontal (fig. 1). Sin desarrollo de micelio alrededor de las fructificaciones, ni por debajo de la corteza.

La corteza de 3 mm de grosor, lisa, algo agrietada, fácilmente desprendible. La zona interna bastante podrida, muy fibrosa y deleznable.

Madera de albura semidura, ligera, de color amarillo claro, con duramen incipiente (3-4 mm) de color café rojizo. En sitios donde no hay corteza, son observadas numerosas áreas pequeñas de forma muy irregular, limitadas por líneas zonales negras de trazo mediano. En cortes transversales y radiales estas áreas se aprecian como bolsas que adoptan formas muy diversas sin seguir un patrón definido. Una gran mayoría de estas bolsas parecen manchas café oscuras.

La muestra presenta desarrollo de pudrición blanca en todo su volumen, aunque a un nivel ligero. No se aprecia desarrollo de micelio masivo en el tejido maderable.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete, teñidas de azul (con la técnica de tinción safranina-azul de procionina) o de verde (con safranina-verde rápido), son muy finas, fibuladas y ramificadas; presentes en casi todos los tipos de células (figs. 6, 7, 13, 14), pero más abundantes en vasos, en muchos de los cuales se observan aglutinadas (figs. 3 y 4 v, 10, 11, 12 v); en las fibras también son abundantes aunque muy esparcidas (figs. 7 y 13 f). Tanto en vasos como en fibras, predomina una orientación marcadamente longitudinal con trazos diagonales como en zig-zag (figs. 9-11, 13)

En la muestra hay hifas de micromicetes amarillas, gruesas, septadas; abundantes en el interior de los radios, donde, según es posible apreciar, atraviesan paredes celulares constriñéndose en el punto de penetración (fig. 8 flecha sesgada centro); también se encuentran rodeando a los radios, en vista tangencial se observan las hifas de micromicetes repegadas a la pared exterior de las células del contorno (fig. 12 flecha vacía derecha, 13 flechas gruesas), en la última figura, la hifa atraviesa una célula marginal erecta y conecta con otro radio (fig. 13 flecha recta). En vasos, estas hifas de micromicetes están orientadas longitudinalmente, observándose con ramificaciones que se dirigen de fibras a radios, o sólo a radios (figs. 9 izquierda flecha curva).

En corte transversal, se observa una línea zonal (PSP), atravesando radios y fibras en dirección tangencial (fig. 5). De la línea zonal hacia abajo, se aprecia que las paredes celulares son más oscuras, más gruesas y los lúmenes celulares más angostos, una parte de las células parecen colonizadas y con contenidos rojizos, sobre todo las cercanas a los radios; las paredes celulares de la zona superior a la línea zonal se observan con sus lúmenes más amplios y vacíos.

Los vasos presentan daños severos a nivel de paredes celulares laterales. En vista tangencial, están muy adelgazadas o parcialmente eliminadas (figs. 10 centro abajo, 11 flecha recta, 12 v flecha curva al centro); en vista transversal, se puede observar con menor detalle cómo el grosor de algunas paredes celulares laterales se han adelgazado o desvanecido y las platinas de perforación se han fragmentado (figs. 2-5 flechas vacías). En un corte de vaso, es posible observar cómo restos de una hifa de micromicete está rodeada (o siendo atacada) por hifas del basidiomicete (fig. 11 flecha sesgada abajo izquierda).

La mayoría de los radios conservan su estructura completa, así que los daños más conspicuos son solamente punteaduras agrandadas individualmente o formando cavidades coalescentes (fig. 14 flechas gruesas derecha). Abundantes canales de erosión se presentan en las células centrales de algunos radios, éstos son perceptibles con mucha dificultad (fig. 8 en dirección a las flechas gruesas). El adelgazamiento de la pared celular, se puede inferir por la poca tinción de la madera en zonas densamente colonizadas (fig. 6, 7, 8 lado derecho). Los radios cercanos a vasos se observan más dañados, en estos casos, las células de los contornos (no diferenciadas como envoltentes) son las más afectadas por adelgazamiento y desvanecimiento (figs. 11 y 12).

Entre las fibras, son observadas fracturas diagonales, debido tal vez a un adelgazamiento local de paredes celulares en el tejido, que no resistieron los esfuerzos de los cambios dimensionales

resultado del intemperismo o del tratamiento de las muestras (fig. 4 flechas rectas centro). En otros campos, conjuntos de fibras cercanas a vasos están en proceso de desvanecimiento (fig. 9 flechas gruesas arriba derecha) quedando en su lugar huecos. Otro daño muy general, se debe al paso continuo de hifas a través de la pared celular que origina perforaciones y erosión en punteaduras, así como canales de erosión casi imperceptibles (figs. 13 derecha). A mayor aumento, se puede observar desorganización de las paredes celulares contiguas en forma de descamación (fig. 14 f).

En parénquima axial, aún cuando no se puede apreciar con claridad, las hileras de células adyacentes a vasos y radios están en proceso de desvanecimiento (figs. 9-11 pa flechas curvas).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

Aunque el substrato de esta especie sólo se ha descrito de manera vaga, como "madera" o "madera muerta" (GUZMAN, 1979; CHIO, 1981), se da a entender que el hábitat de esta especie está entre los detritus del suelo. Pero, en observaciones de campo realizadas por la autora con el grupo de trabajo, en sitios precisos y cuidadosamente inspeccionados de esta localidad, donde minutos antes no se habían encontrado ejemplares, éstos aparecieron inmediatamente después de chubascos o ventarrones, por lo que se supone que habita en las ramas todavía fijadas a los árboles, que al ser debilitadas por la pudrición, caen eventualmente por efecto de estos fenómenos meteorológicos. Esta aparición repentina en el suelo, como una curiosa particularidad de la especie, se debe a que generalmente crece en ramas delgadas (< 10 cm) que son más frágiles.

Por otro lado, sería interesante estudiar por qué esta especie normalmente produce fructificaciones alternas u opuestas a ambos lados de las ramas (como si fueran alas), pues la distribución de las hifas en la madera aparentemente no está relacionada con tal fenómeno.

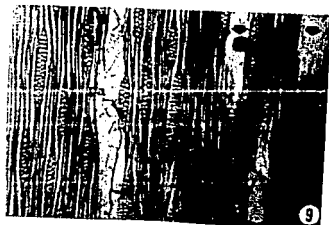
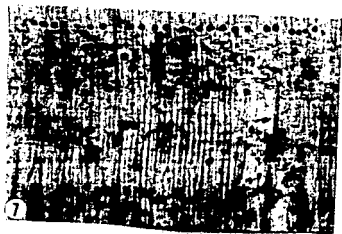
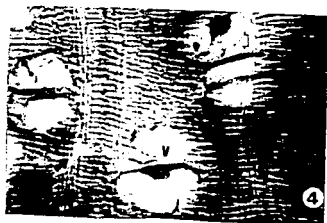
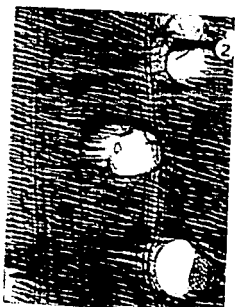
Las hifas de basidiomicete que rodean a una de micromicete en la figura 11 (abajo izquierda), podrían estar aprovechándose de sus restos y entonces ser "carroñeras", pues al proceso de utilizar material protoplásmico y otros residuos del micelio de previos colonizadores, se le ha llamado "carroñismo" (en inglés "scavenging") y ha sido reconocida su utilidad para contrarrestar la limitante del escaso contenido de nitrógeno orgánico en la madera (LEVY, 1975).

En este caso, parece ser que la degradación de los radios es inicialmente en las células del contorno, a diferencia de otros ejemplares, en los que las células internas son las más degradadas. Aunque el desarrollo de hifas de micromicetes en las células de radio hace pensar en la existencia de perforaciones originadas al atravesar las paredes celulares, estas pueden ser ignoradas en términos prácticos, ya que el paso de una rama hifal constreñida tan fina está más bien al nivel ultraestructural (figs. 8 flecha diagonal, 13 flecha gruesa chica).

LAMINA VIII. *Hexagonia tenuis* en madera de *Brosimum alicastrum*.

Ejemplar 204.

1. Sección de una rama caída, con tres fructificaciones.
2. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, r= radios, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
4. Corte transversal, r= radio, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
5. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte radial, verde rápido, X 100.
7. Corte radial, safranina-verde rápido, X 100.
8. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
10. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 150.
11. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 150.
12. Corte tangencial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 200.
13. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.
14. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 1000.



4.9. **HYPOXYLON RUBIGINOSUM** Pers.: Fr.
Summa Veg. Scand. p. 384, 1849.

SINONIMIA (resumida de MILLER, 1961):

Sphaeria rubiginosa Pers., Syn. Meth. F. p. 11, 1801.

S. granulosa Pers., *loc. cit.*

S. rubiginosa Pers.: Fr., Sys. Mycol. 2: 340, 1823.

Stromatosphaeria rubiginosa Grev., Scot. Crypt. Fl. II, tab. 110, 1824.

Hypoxylon vinosum Mont., Ann. Sci. Nat. 2ª Ser. 13: 356, 1840.

CLASIFICACION.- Ascomycotina, Pyrenomycetes, Sphaeriales, Xylariaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Se encuentra sobre la madera de casi todas las dicotiledóneas, especialmente arce y Fresno, también en bambúes y ocasionalmente en la madera de gimnospermas; esta especie no parece estar limitada por zonas termales (MILLER, 1961). Lignícola de bosques tropicales (GUZMAN y GARCIA SAUCEDO, 1973).

DISTRIBUCION.- Su distribución es mundial (MILLER, 1961). Se localiza en los siguientes estados de México: Morelos (BAUTISTA, CHACON y GUZMAN, 1986), Puebla (MARTINEZ ALFARO *et. al.* 1983), Jalisco y Veracruz (GUZMAN, 1972; GUZMAN y GARCIA SAUCEDO 1973; WELDEN y GUZMAN, 1978).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", acahual frente al laboratorio, L. Pinzón y J. Martínez 35 (16-Ene-1978).

Hongo determinado por J. Martínez. Substrato identificado en el campo por el Sr. Alberto Herrera Jura, de la Estación "Los Tuxtlas", y comprobado anatómicamente con las descripciones de DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et. al.* (1980) como *Robinsonella mirandae* Gómez P. (Malvaceae). Nombre común: "Algodoncillo".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA IX)

Muestra tomada del tronco de un árbol grande caído.

El ejemplar consta de tres estromas cercanos, de forma costrosa alargada y color rojo vino, desarrollados directamente sobre la madera siguiendo una orientación longitudinal (fig. 1). El estroma mayor es visible y de los otros dos se muestra la cara interna de la madera.

Muestra sin corteza. Madera medianamente pesada y dura. Color café claro. Aunque no se aprecia diferencia entre albura y duramen, parece ser que la muestra sólo contiene duramen. En la superficie expuesta, hay evidencias de exposición prolongada al intemperismo cerca del suelo; fuerte ataque de insectos xilófagos, por la multitud de orificios y galerías, muchos limitados por líneas zonales negras de trazo grueso; y, ataques primarios de pudrición evidenciados como manchas café grisáceas rodeadas por líneas zonales de trazo muy grueso.

El desarrollo de la pudrición blanca es moderado. Extensión de la pudrición amplia, con aspecto ligeramente fibroso en algunos sitios y en otros más fibroso y deleznable, sin un patrón definido.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete teñidas de azul con safranina-azul de picroanilina, muy finas, fibuladas (fig. 10 flecha centro); abundantes y orientadas transversalmente a las fibras (figs. 2, 3, 7, 10); escasas en vasos (figs. 4 y 11 v), muy abundantes en la mayoría de los radios, donde predomina la orientación radial (figs. 2, 3, 7, 8, 10).

No se observan hifas de micromicetes en los diferentes elementos celulares.

En general, los daños en la madera son avanzados. Los vasos aunque muy degradados aún conservan sus contornos (fig. 3 v), pero otros vasos tienen sus paredes celulares laterales parcialmente desvanecidas por adelgazamiento y en el resto de la pared celular abundan las punteaduras erosionadas hasta formar cavidades coalescentes (fig. 4 v, flecha curva), en otros vasos se observan las paredes celulares laterales poco adelgazadas y con menos erosión de punteaduras (fig. 11 v).

Los radios con daños muy avanzados; en algunos, la mayor parte de sus células están tan degradadas que sólo se observan restos de las paredes de las células externas (figs. 2, 3, 7 flechas gruesas chicas), o sólo unas cuantas células (figs. 2, 3, 7 flechas vacías, esquinas inferior derecha e izquierda). Pero también existen radios cubiertos en su mayor parte de gomas rojizas, que parecen estar menos dañados y colonizados en relación a los otros (figs. 5, 6).

Las fibras de esta madera son septadas, y las hifas pasan por los septos en dirección transversal, al parecer, siguiendo una trayectoria de radio a radio (figs. 7 flecha recta izquierda, 8 flechas sesgadas, 10 flecha recta centro), también hay evidencias de su paso en otras zonas de la pared celular ocasionando perforaciones, pero con menor frecuencia (fig. 8 flecha sesgada, arriba centro), esto puede compararse mejor en un campo de fibras con una hilera de punteaduras, la mayoría anormales y ocasionalmente alguna erosionada (figs. 7 flecha vacía derecha, 9 f flecha curva izquierda). El adelgazamiento de paredes se percibe en algunos grupos de fibras como áreas desteñidas (figs. 5, 6 y 7 f). La fragmentación de paredes se observa en los límites entre estratos (fig. 12 flecha gruesa derecha) ya que se trata de una madera estratificada (figs. 2, 3) en algunas porciones se observa el proceso de deslignificación (figs. 11 y 12 f).

El parénquima axial es escaso, sin contenidos celulares, en el que se logran apreciar paredes laterales con daños muy semejantes a una descamación (fig. 9 pa).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

Este ejemplar fue obtenido de la zona superficial de un tronco caído. En este caso particular, se cree que la muestra consiste de duramen, no de albura, por varias evidencias: 1, ausencia de toda traza de corteza; 2, grado de intemperización en la superficie expuesta de la muestra, como la adherencia de partículas y color oscuro, con cierta "pátina de antigüedad"; 3, parte del estroma está desarrollado sobre la cara interior de una galería de termitas, como estas galerías son cuidadosamente excavadas evitando la superficie de la madera, esta zona debió haber

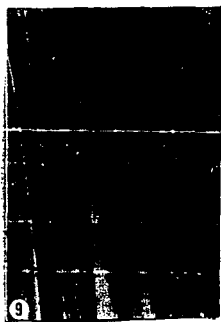
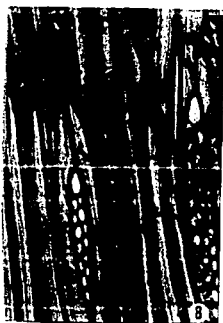
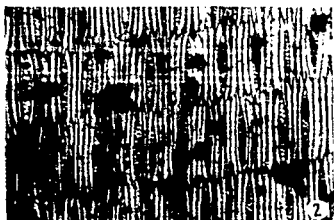
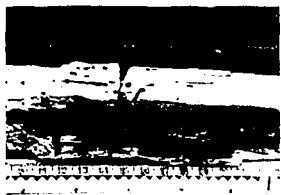
estado a cierto nivel de profundidad originalmente, pero con el efecto del intemperismo y del ataque biótico, las capas más superficiales de la madera se fueron erosionando, quedando expuestas zonas más internas; y, 4, los cortes histológicos revelaron abundancia de gomas en radios, tal acumulación de extractivos ocurre normalmente en el duramen.

La observación más interesante en esta muestra fue la del paso de hifas a través de los septos de las fibras, dato sin antecedentes bibliográficos.

Aunque no se ha evaluado de manera cuantitativa, el cuadro visual general de los hongos xilófagos de la selva de la localidad, da la impresión de que los hongos xilariáceos, como éste, comprenden el grupo dominante, según observaciones realizadas a través del año y durante varios años consecutivos, en los relativamente variados hábitats de la Estación "Los Tuxtlas" por L. M. Pinzón Pícaseño (comunicación personal).

LAMINA IX. *Hypoxylon rubiginosum* en madera identificada como de *Robinsonella mirandae*.
Ejemplar 35.

1. Muestra tomada del tronco de un árbol grande caído. Estroma solitario.
2. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
3. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
4. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
5. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.
7. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.
8. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
9. Corte tangencial, f= fibras, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
10. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
11. Corte tangencial, f= fibras, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
12. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.



4.10. **INONOTUS RADIATUS** (Sow. ex Fr.) P. Karst.
Krit. Finl. Basidsv. p. 331, 1889.

SINONIMIA (según DOMANSKI, ORTOS y SKIRGIETTO, 1973):

Polyporus radiatus Sow.: Fr., Syst. Mycol. 1: 369, 1821.

Polystictus radiatus (Sow.: Fr.) Fr., Nov. Symb. p. 80, 1851.

Inodermus radiatus (Sow.: Fr.) Quél., Flore Mycol. p. 392, 1888.

Ochroporus radiatus (Sow.: Fr.) Schroet., Pilze Schl. 1: 485, 1889.

Xanthochrous radiatus (Sow.: Fr.) Pat., Ess. Tax. Hym. p. 100, 1889.

Fomes radiatus (Sow.: Fr.) Konr. et Maubl., Icon. Sel. Fung. t. 454, 1935.

CLASIFICACION.-Basidiomycotina, Holobasidiomycetidae, Aphyllophorales, Hymenochaetaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Se encuentra más frecuentemente en la madera de gimnospermas, encontrado también sobre la madera muerta de *Alnus* y menos frecuente en *Betula*, *Corpinus*, *Salix*, *Populus* (DOMANSKI, ORTOS y SKIRGIETTO, 1973).

DISTRIBUCION.- Europa, este de Asia, Norte América, Nueva Zelanda y Australia (*Op. cit.*). En México, ha sido registrado para Guanajuato (OJEDA LOPEZ, *et al*, 1986) y el Estado de México (COLON TELLEZ, 1987).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", entre la "Laguna Azul" y el rancho "Rubén Sánchez", *L. Pinzón e I. Frutis 738* (28-Mar-1985).

Hongo identificado por I. Frutis. Madera identificada como *Brosimum alicastrum* Sw. (Moraceae), con base en las descripciones de HUERTA CRESPO Y BECERRA MARTINEZ (1976) y DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980). Nombre local, "Ramón".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA X)

Muestra proveniente de un tronco derribado, consta de un fragmento grande plano, extraído en corte tangencial cerca del corte de derribe, y varias piezas menores; contiene quince fructificaciones cercanas en diferentes estados de crecimiento, de forma subestipitada, concada. Emergen unas directamente de la madera y otras a través de la corteza en posición horizontal. Sin desarrollo de micelio masivo en la superficie (fig. 1).

La corteza del substrato lisa, de 5 mm de grosor, dura y pesada; compacta, oscura rojiza la externa, clara y fibrosa la interna, relativamente en buen estado.

Madera medianamente dura y ligera. Color café claro. Sólo comprende albura. Presenta manchas café oscuro hacia un extremo de la muestra (donde tiempo antes fue realizado un corte transversal para derribe o troceado), limitadas por líneas zonales negras de trazo mediano. Otras líneas zonales negras de trazo fino y grueso adoptan formas diversas sin patrón definido y sin delimitar manchas.

Hay desarrollo de masas compactas de micelio, con aspecto de costras fieltrosas, de color blanco amarillento, posiblemente desarrolladas en una fisura que permitió la separación de la muestra del resto del tronco (fig. 2).

En la mayor parte de la muestra, asociada a la fructificación más grande, el desarrollo de pudrición blanca es severo, con una extensión uniforme. El aspecto de esta madera podrida, es fibroso con consistencia de correosa a blanda deleznable, y en otras porciones, justo debajo de fructificaciones chicas, la madera se conserva dura aunque ligera.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete, teñidas de azul con safranina-azul de picroanilina o de verde con safranina-verde rápido (figs. 5, 8, 14), son fibuladas, medianamente finas (fig. 14 flechas); muy abundantes, ramificadas y repartidas por todo el tejido (figs. 3-5), parecen más abundantes en vasos (figs. 7-10) y en radios (figs. 10, 12, 13), luego en parénquima axial (fig. 14 pa), finalmente van de escasas (fig. 8) a ausentes (figs. 9, 11, 12) en fibras.

No hay presencia de hifas de micromicetes en los cuatro tipos celulares de la madera.

Los vasos son las estructuras más dañadas, sus paredes celulares laterales se han desvanecido en algunos sitios dejando huecos grandes y pequeños (señalados con flechas en figs. 6-10 v). Algunas platinas de perforación están muy dañadas, de fragmentadas (fig. 3 punta de flecha arriba, 4 flecha curva arriba derecha, 5 flecha gruesa esquinas superiores) a desvanecidas (figs. 8-10 v), existen campos donde en un mismo vaso se encuentran paredes laterales desvanecidas y el resto de la pared sólo con erosión de punteaduras o adelgazamiento de las paredes celulares (figs. 9 flecha recta y 10 flechas rectas izquierda).

En varios campos, se observan pocos daños en la estructura de los radios (figs. 6 y 7 derecha, 9, 11 zonas más teñidas). Pero en muchos otros, los radios están notoriamente degradados; en algunos casos, se han desvanecido la mayoría de sus células internas, quedando sólo restos de las células de los contornos, las que no están suficientemente diferenciadas como células envolventes (fig. 12 flechas gruesas y recta y 14 derecha); en otros, solamente algún grupo de células vecinas se han desintegrado (fig. 12 radio abajo derecha, 13 flecha curva); las células radiales anexas a los vasos se ven más drásticamente degradadas, por adelgazamiento y fragmentación de sus paredes, en algunos casos hasta desaparecer (figs. 6 flecha gruesa y flecha sesgada, 7 flecha gruesa).

A pesar del grado avanzado de pudrición, las fibras se conservan en buen estado, sin daños visibles y se tiñen fuertemente con el colorante en la mayoría de los campos examinados, (figs. 6, 10, 12, 13), sólo en algunos campos se logra apreciar un adelgazamiento de paredes celulares incipiente (fig. 9 f).

El parénquima axial presenta las paredes celulares laterales muy degradadas, lo que se puede apreciar por el poco grado de coloración de las células (fig. 9 pa). El parénquima axial en contacto con radios muy atacados aparenta una lisis o desvanecimiento tan fuerte como el de las células radiales (fig. 12 flecha izquierda); a mayor aumento, se nota la desorganización de paredes, acumulación de residuos y abundancia de perforaciones (fig. 14 pa).

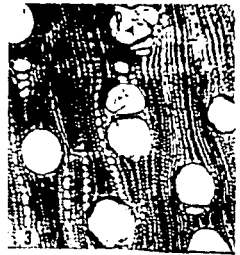
OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

La condición general, macro y microscópica de esta muestra, parece indicar que la pudrición no está tan avanzada en este caso, ya que durante las primeras fases de la pudrición activa, la logística de la colonización depende de los contenidos más fácilmente metabolizables de las células parenquimáticas axiales y de radio, mientras que los daños en las fibras no son tan aparentes.

Comparando las observaciones del ejemplar de *H. tenuis* (204) con el actual, ya que tienen el mismo sustrato identificado como *B. alicastrum*, se puede decir que en ambos casos las estructuras más degradadas fueron los vasos, y que los radios y parénquima axial más cercanos a vasos están más degradados. Una diferencia interesante consiste en que el ataque de *H. tenuis* en los radios es mayor en las células del contorno, mientras que *I. radiatus* ataca principalmente a las células internas. En ambos ejemplares la mayoría de las fibras resultaron ser las estructuras más resistentes. Finalmente, cabe notar que en ambos ejemplares se observaron zonas de mayor degradación similares, aunque en diferentes tipos de células, caracterizadas por desorganización de las paredes con aspecto de descamación. Aquí, se tiene la oportunidad de ver que aunque la micromorfología de la pudrición, causada por dos especies diferentes de hongos en un sustrato de la misma especie es muy similar, existen diferencias, como en el ataque a los radios, que más probablemente sean atribuibles a las especies de hongos.

LAMINA X. *Inonotus radiatus* en madera de *Brosimum alicastrum*. Ejemplar 738.

1. Muestra proveniente de un tronco derribado, con quince fructificaciones cercanas.
2. Madera con pudrición blanca.
3. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 200.
4. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 200.
5. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
6. Corte radial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 200.
7. Corte radial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 200.
8. Corte radial, v= vaso, safranina-verde rápido X 100.
9. Corte tangencial, f= fibras, pa= parénquima axial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 200.
10. Corte tangencial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
12. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 200.
13. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 200.
14. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.



4.11. **LENTINUS CRINITUS** (L. ex Fr.) Fr.
Syst. Orb. Veg.: 77, 1825.

SINONIMIA (tomada de PEGLER, 1977):

Agaricus crinitus L. ex Fr., Syst. Mycol. 1: 175, 1821.

Lentinus villosus Klotzsch, Linnaea 8: 479, 1833.

L. capronatus Fr. *Sensu* Berk. *in*: Hook, Lond. Journ. Bot. 2: 513, 1843.

L. schomburghii Berk., Trans. Linn. Soc. Bot. 20: 111, tab. 9, fig. 3, 1846.

L. levellii Berk., Trans. Linn. Soc. Bot. 20: 112, tab. 9, fig. 5, 1846.

L. wrightii Berk. & Curt., Journ. Linn. Soc. Bot. 10: 300, 1868.

L. rigidulus Berk. & Curt., Journ. Linn. Soc. Bot. 10: 301, 1868.

L. subcervinus Berk. & Curt., *loc. cit.*

L. zeyheri Berk. *in* Sacc., Syll. Fung. 5: 574, 1887.

Panus crinitus (L. ex Fr.) Sing., Lilloa 22: 275, 1951.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Holobasidiomycetidae, Agaricales, Tricholomataceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Lignícola, en madera vieja, raíces de árboles vivos, tronco de cocotero, especie pantropical (PEGLER, 1977).

DISTRIBUCION.- Hongo extremadamente común (*Op. cit.*). En México se localiza en los siguientes estados: Campeche (GUZMAN y MADRIGAL, 1967), Chiapas (PEREZ-SILVA, 1971), Oaxaca y Veracruz (WELDEN y GUZMAN, 1978).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtles", camino a Laguna Escondida, L. Pinzón y J. Martínez. 208 (19-May-1980).

Hongo determinado por L. Pinzón, sustrato no identificado.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA XI)

Muestra tomada de una rama o tronco pequeño caído, con siete fructificaciones gregarias, dos se han desprendido (fig. 1). Emergen de la madera en un sitio con restos de corteza. Cuerpos fructíferos infundibuliformes, con estípite central. Presentan estados de desarrollo casi similares, emergen en sentido perpendicular al sustrato, indicando su desarrollo *in situ*.

Muestra con la corteza muy degradada, especialmente la capa externa, los restos de ésta con un grosor de 2 mm, de tipo liso, con desarrollo de masas de micelio de aspecto algodonoso, color café claro, localizadas en la base de algunos estípites, y cordones miceliales del mismo color con organización reticulada alrededor de la base de las fructificaciones.

Madera semidura y pesada. La mayor parte es albura de color amarillo anaranjado claro, duramen incipiente (> 1 cm), color café claro. Muestra con desarrollo ligero de pudrición blanca. Extensión de la pudrición uniforme en toda la muestra. Con muy escasas líneas zonales de trazo fino y forma ovoide, cerca de la corteza. No se percibe desarrollo de masas miceliales entre el tejido maderable.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete teñidas de azul con safranina-azul de picroanilina, muy delgadas, fibuladas y sinuosas, algunas con gránulos (figs. 4 flecha curva, 16). Abundantes y ramificadas en vasos, muestran una orientación principalmente longitudinal y secundariamente tangencial (figs. 3, 10, 11, 13-17); abundan así mismo en fibras, donde están esparcidas y dirigidas marcadamente hacia los radios, es decir, tangencialmente (figs. 5-9, 17); en los radios multiseriados son abundantes (figs. 6, 9, 10, 17), mientras que en los radios uniseriados son escasas (fig. 5, 7, 8, 11, 12, 13, 14 extremos, 16 extremos); en el parénquima axial, las hifas son poco abundantes (figs. 11, 14, 15 pa) y en estas últimas estructuras también predomina su desarrollo en sentido tangencial.

La madera contiene hifas de micromicetes color café claro con paredes oscuras, septadas, de diámetro grueso; las localizadas en vasos muy ramificadas pero con una trayectoria longitudinal, entremezcladas con hifas del basidiomicete (fig. 17 centro). De los vasos, ocasionalmente se dirigen a otras células, por ejemplo, una hifa repegada a la pared lateral del vaso se dirige hacia fibras muy degradadas anexas al vaso (fig. 17 flecha inclinada, izquierda), o pasando de fibras a radios o viceversa (fig. 10 izquierda), a veces, atravesando las paredes celulares por medio de transpresorios (figs. 10 flechas curvas derecha, 17 flecha vacía derecha).

En los vasos se observan diversos daños de degradación, como paredes celulares laterales adelgazadas, tan translúcidas que casi no se notan (fig. 3 flechas rectas, derecha e izquierda), en otros casos existen vasos con las paredes celulares laterales ya disueltas parcialmente, quedando huecos (figs. 10 flecha recta abajo, 13 centro y abajo, 16 flechas curvas, 17 centro); en algunas paredes laterales la marcada erosión y agrandamiento de punteaduras es coalescente formando cavidades muy redondeadas (figs. 11 flecha recta, 14, 15 flechas gruesas chicas); y las platinas de perforación se observan fragmentadas (figs. 13, 16 flechas vacías).

Los radios presentan dos niveles de degradación, paralelamente a su grado de colonización. Los uniseriados muestran principalmente agrandamiento de punteaduras (figs. 5 r centro, 7, 8, 11), y ocasionalmente fragmentados (fig. 13 flechas gruesas); los radios poliseriados, más colonizados, contienen daños que van desde el agrandamiento de punteaduras (fig. 9 flechas gruesas izquierda), hasta el adelgazamiento de paredes (figs. 6 abajo izquierda, 7 arriba derecha) y la desintegración de grupos de células (figs. 6 flechas curvas esquinas derecha e izquierda, 7 arriba derecha, 13 r, flecha curva).

Las fibras tienen daños enzimáticos variables, en algunas zonas éstos no están muy avanzados (figs. 7, 8 y 12 f), pero en otras, se presentan huellas marcadas por el paso de las hifas en sus paredes celulares, como: punteaduras agrandadas o perforaciones, ambas diminutas (fig. 6 f arriba centro); numerosos canales de erosión, en su típica orientación helicoidal S y Z (figs. 6 f, 9, 17 derecha); y en los campos donde la erosión enzimática es muy avanzada, conjuntos de fibras se han fragmentado y en parte desvanecido (fig 13 f, flechas izquierda).

En el parénquima axial (sin contenidos celulares), el cual por ser paratraqueal está asociado a los vasos, se observan muchas punteaduras agrandadas o perforaciones y paredes celulares laterales deslignificadas que se ven como demarcadas por dos líneas paralelas con una porción intermedia más translúcida (figs. 11, 14 y 15 pa), ocasionalmente, esta translucidez deja entrever otras capas de células del mismo tipo (fig. 14 pa).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

Los hongos que, como en este caso, forman cordones miceliales, pueden colonizar nuevos sustratos dispersándose por el suelo (BOYCE, 1961). En cuanto a la microecología de la degradación de los detritus leñosos en el suelo de las selvas, éste sería un hongo adecuado para estudios comparativos de estrategias de colonización frente a hongos que se dispersan por medio de otro tipo de propágulos.

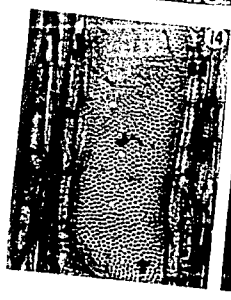
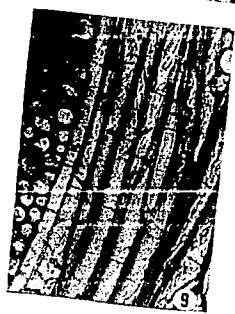
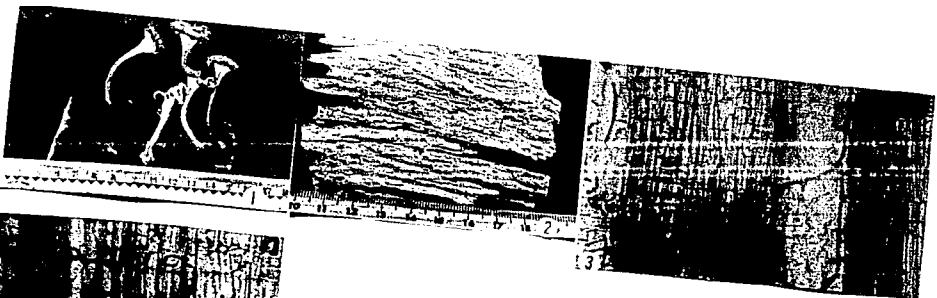
La orientación marcadamente tangencial de las hifas de este hongo entre las células de la madera, hace suponer que la colonización y el desarrollo de la pudrición tienden hacia las zonas de madera más superficiales que las profundas.

Los micromicetes observados, al ser de los formadores de transpresorios (figs. 10, 17), poco contribuyen a la producción de perforaciones y otros daños enzimáticos en las paredes celulares, pues como se ha visto anteriormente, atraviesan las paredes solamente por medio de finísimas hifas de penetración (LIESE y SCHMID, 1964).

LAMINA XI. *Lentinus crinitus*, substrato no identificado.

Ejemplar 208.

- 1. Muestra tomada de una rama o tronco pequeño caído, con siete fructificaciones gregarias, dos desprendidas.**
- 2. Madera con pudrición blanca.**
- 3. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 100.**
- 4. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 5. Corte tangencial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 6. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 7. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 8. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 9. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 10. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 11. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 12. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 13. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.**
- 14. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 15. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 16. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 17. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**



4.12. **PHYLACIA POCULIFORMIS** (Mont.) Mont.
in Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 4, 3, 135 (1855)

SINONIMIA (DENNIS, 1957):

Hyoxylon (Bacillaria) poculiforme Mont. in Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 2, 13, 354 (1840).

Xilaria poculiformis (Mont.) Berk. & Curt. in J. Acad. Nat. Sci. Philadelphia Ser. 2, 2, 285 (1853).

Camillea poculiformis (Mont.) Lloyd in Mycological Notes 5, Large Pyrenomyces 9 (1917).

CLASIFICACION.- Ascomycotina, Pyrenomycetes, Sphaeriales, Xylariaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Especie lignícola de selva alta perennifolia (PEREZ SILVA, 1972).

DISTRIBUCION.- Zonas Tropicales de América del Sur, en Colombia, Guayanas y Venezuela, también fue registrada en Guayana Inglesa (*Op. cit.*). En México se localiza en los siguientes estados: Chiapas, Puebla y Veracruz (*Op. cit.*), e Hidalgo (VARELA y CIFUENTES, 1979).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", sitio expuesto, claro debido a la caída de este árbol cerca de la laguna "Zacatal", L. Pinzón y J. Martínez 522 (7-Jul-1982).

Hongo determinado por I. Frutis, substrato no identificado.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA XII)

Ejemplar recolectado de un tronco caído. Porción con más de veinte fructificaciones gregarias (fig. 1) de forma globosa subestipitada con diferentes estados de desarrollo. Emergen de una zona con corteza, en posición vertical.

Corteza de 5-7 mm de grosor, dura y pesada; muy degradada, la parte interna color café oscuro a negro, cuarteada con aspecto de rompecabezas, presenta una capa delgada de micelio superficial color blanco en un extremo.

Madera moderadamente ligera pero dura. Sólo contiene albura, color amarillo pálido, de aspecto jaspeado oscuro por la colonización de los vasos por estructuras del tipo de las placas pseudoesclerociales de las líneas zonales. Las líneas zonales proliamente desarrolladas son muy escasas, negras, de trazo grueso, zigzagueante, orientadas de manera irregular. Presencia de pocas galerías y orificios causados por insectos xilófagos, algunos llenos de aserrín y lodo.

Presenta un desarrollo severo de pudrición blanca fibrosa, de extensión uniforme en todos los fragmentos de la muestra.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete teñidas de azul (con safranina-azul de picroanilina) y de verde (con safranina-verde rápido), muy finas (fig 12 centro). Abundantes y muy esparcidas en fibras (figs.

2-4, 6-8), lo mismo en parénquima axial (figs. 9, 10 pa), no menos abundantes para radios (figs. 8, 10 r).

Con hifas de micromicetes, gruesas de color rojizo, ramificadas y sin una orientación definida localizadas en vasos (figs. 8 flecha gruesa, 9 izquierda).

Muestra con grados avanzados de pudrición, obteniéndose cortes desgarrados. Los vasos fueron de las estructuras mas degradadas, en la mayoría de los campos sólo sus contornos prevalecieron (figs. 5, 7 flechas rectas). Se observan vasos con tílides asociadas a gomas rojizas en las cuales se aprecian grietas o fisuras (fig. 4 v flechas rectas), en vistas transversales hay vasos cubiertos de una masa negruzca (figs. 2, 3), en vista tangencial se observa cómo esta masa negruzca taponan tramos largos de los vasos, siendo aparentemente del mismo tipo de las líneas zonales (figs. 9, 10, 11). Algunos vasos con tílides y gomas rojizas, conservan sólo parte de sus paredes laterales y de las platinas de perforación (figs. 7 flechas rectas derecha, 8, 11 flechas gruesas, 12 v).

Radios muy teñidos y aparentemente poco degradados son vistos en la mayoría de los casos, cubiertos parcial o totalmente de gomas rojizas conservando sus estructuras en bastante buen estado (figs. 2-3 r, 6-9), sin embargo, en otros campos se notan radios con menos gomas, cercanos a parénquima axial muy colonizado y toda esta área parece más afectada ya que se nota adelgazamiento de paredes celulares en los radios poliseriados (fig. 10 r centro e izquierda).

Las fibras son de las estructuras más degradadas debido a que conjuntos de fibras han sido disueltas, quedando abundantes huecos alargados en dirección radial (figs. 2-4). En otros campos, se observan paredes celulares muy translúcidas (figs. 5, 14 y 15 f). En campos de mayor aumento, se aprecia la separación de fibras (fig. 12 flecha curva izquierda inferior), lo que también se puede ver de una manera incipiente (la separación de fibras) junto con punteaduras agrandadas y fusionadas (fig. 13 flechas gruesas).

El parénquima axial, de tipo aliforme a confluyente (figs. 2 y 3 pa), se encuentra muy colonizado y degradado, con sus paredes laterales muy desvanecidas que le dan en algunos casos el aspecto de poco teñido y en otros el de sutilmente grisáceo (figs. 2, 3, 9 pa); en otros campos, se observan paredes laterales deslignificadas (figs. 10 pa, 14 flechas rectas). En un caso especial que se encontró al seguir una línea zonal, el parénquima axial muy cercano a ésta, contiene hifas hinchadas y pigmentadas (fig. 15 flechas gruesa y curva), como parte de los bordes menos densos de la placa pseudoesclerocial (fig. 15 centro arriba).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

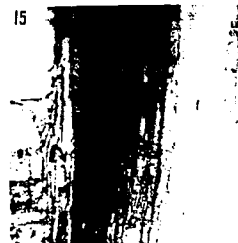
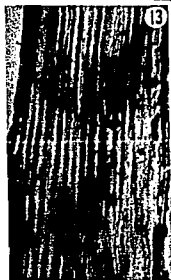
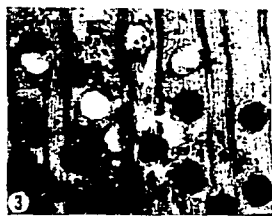
El aspecto más destacado de la pudrición, en esta muestra, se debe al hallazgo de las masas negruzcas que taponan los vasos (figs. 2, 3, 9), pues no parece que se trate de líneas zonales porque están dispersas en lugar de formar la estructura laminar típica de las líneas zonales y que no solamente se localizan en vasos, sino que cruzan células de diferentes tipos, como se observa en otro corte (fig. 15). Valdría la pena investigar a mayor detalle en futuros trabajos con ejemplares de la misma especie o grupo de hongo de qué estructura se trata.

El ejemplar muestra otro caso de madera fuertemente degradada por la pudrición blanca que causa un ascomicete xilariáceo, lo que aunado a la observación de que este grupo de hongos parece ser dominante en la selva de Los Tuxtlas, destaca más la importancia del mismo.

LAMINA XII. *Phylacia poculiformis* substrato no identificado.

Ejemplar 522.

1. Ejemplar recolectado de un tronco caído. Porción con más de veinte fructificaciones gregarias.
2. Corte transversal, r= radio, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, pa= parénquima axial, safranina-verde rápido, X 100.
4. Corte transversal, v= vaso con tálides, safranina-verde rápido, X 400.
5. Corte radial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
7. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 100.
8. Corte tangencial, safranina-verde rápido, X 200.
9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
10. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
12. Corte tangencial, v= vasos, safranina-verde rápido, X 200. 13. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
14. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.
15. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.



4.13. **POLYPORUS ARCULARIUS** Batsch: Fr.
Syst. Myc. 1: 342, 1821.

SINONIMIA (tomada de OVERHOLTS, 1953):
Boletus arcularius Batsch, Elench. Fung., p. 97, 1783.
Polyporus arculariformis Murr., Torrey 4: 151, 1904.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Holobasidiomicetidae, Aphyllophorales, Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- En madera muerta de árboles de hojas deciduas, a veces crecen de madera enterrada, notablemente de *Acer*, *Alnus*, *Carya*, *Castanea*, *Populus*, *Quercus*, *Ulmus*; registrado también en *Betula*, *Carpinus*, *Fagus*, *Tilia* (OVERHOLTS, 1953).

DISTRIBUCION.- Este y sureste de Norte América (OVERHOLTS, 1953; GILBERTSON y RIVARDEN, 1987). En México, esta especie ha sido localizada en los siguientes estados: Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Nuevo León y Veracruz (GALVAN VILLANUEVA, 1976).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", de sitio sombreado y húmedo, L. Pinzón y J. Martínez 457 (5-Abr-1982).

Hongo identificado por I. Frutis. Madera anatómicamente identificada como *Cecropia obtusifolia* Bertol. (Moraceae), de acuerdo con PENNINGTON y SARUKHAN (1968) y ANGELES ALVAREZ (1981). Nombres comunes: "Guarumo", "Guarumbo".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(LAMINA XIII)

Fragmento de una rama menor caída, con dos fructificaciones ya desprendidas (fig. 1), pero que emergían directamente de la madera en sentido perpendicular a la rama, de un sitio sin corteza. Alrededor del punto de emergencia de una fructificación, se pueden observar algunas motas de micelio, de color blanco y aspecto fieltroso.

Fragmento sin corteza. Con albura muy blanda y ligera, de color amarillo claro, sin duramen. Con cavidades ocasionadas por insectos xilófagos, conteniendo en su interior restos de madera digerida.

Ejemplar con desarrollo de pudrición blanca avanzada y extendida ampliamente, de aspecto fibroso y consistencia muy deleznable, casi pulverulenta. Presenta líneas zonales de trazo gris, fino y tenue, limitando zonas de pudrición de pequeño tamaño, de figura caprichosa aunque con ligera tendencia a ser fusiformes y orientadas longitudinalmente en la madera, como columnas.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Todas las células de la madera están tan degradadas que el reconocimiento de cada tipo es difícil en la mayoría de los campos. El efecto de la tinción diferencial en los cortes de esta muestra fue muy errático, debido al estado avanzado de la pudrición y posiblemente también al

contenido de extractivos (gomas y resinas), presentándose casos extremos de sobreteñido (fig. 3), de poca tinción (figs. 7, 12) o irregulares (figs. 5, 10).

Hifas del basidiomicete teñidas de azul (con safranina-azul de picroanilina) o de verde (con safranina-verde rápido), medianamente gruesas, fibuladas, de aspecto retorcido (figs. 5, 7 y 8 flechas gruesas cortas). Abundantes en radios (figs. 5 y 6 r arriba izquierda y abajo centro, 7 centro, 12 f); tanto o más abundantes en fibras (figs. 5 centro y orillas, 7 arriba y abajo, 8, 11 f); en ambos casos muy ramificadas; en parénquima axial poco menos abundantes (figs. 10-11 pa); y de escasas a ausentes en vasos (figs. 2-6, 10 v).

No fueron detectadas hifas de micromicetes en las células de la madera.

De los vasos, han desaparecido porciones de sus paredes celulares laterales, quedando grandes huecos, en la mayoría de los casos por adelgazamiento enzimático (figs. 4 flechas curvas, 5 flechas rectas) y erosión de punteaduras (fig. 6 v derecha), aunque también existen campos donde los vasos cubiertos de gomas rojizas conservan mejor sus estructuras (fig. 3 flechas vacías); las platinas de perforación frecuentemente están muy fragmentadas (fig. 9 pp).

En los radios, a pesar de presentarse también daños severos en general, hay una proporción de casos relativamente resistentes al ataque del hongo (fig. 11). En otros cortes, hileras de células radiales están deshechas (fig. 10 flechas gruesas cortas izquierda y derecha), también es frecuente observar punteaduras erosionadas en radios con el contorno designificado (fig. 12 r flechas gruesas); pero los radios mejor conservados son los que presentan alto contenido de gomas (figs. 6 izquierda, 10 mitad inferior).

Las fibras se observan más tenues en algunos campos, lo que se atribuye al adelgazamiento de sus paredes celulares (figs. 2 flechas rectas, 7 f, 11 f). El paso de hifas a través de las paredes celulares ocasiona la erosión de punteaduras y la formación de perforaciones (figs. 4 centro, 7 arriba y abajo, 8, 12 izquierda). Hay fibras con paredes laterales designificadas, por el aspecto de líneas dobles con una zona intermedia clara (fig. 8 todo el campo). En algunas ocasiones es posible observar, grietas o fisuras diagonales, atravesando fibras y radios (fig. 7).

El parénquima axial, al igual que los radios, está menos degradado en algunas zonas debido a su alto contenido de extractivos (figs. 10-11 pa); pero también existen otros campos donde no hay presencia de gomas o resina y el parénquima axial se observa muy degradado, sobre todo el que se halla asociado a radios o vasos muy colonizados, ya que presenta punteaduras muy agrandadas junto a la existencia de perforaciones y canales de erosión (fig. 12 centro) también el parénquima asociado a los vasos (parénquima paratraqueal), tiene las paredes celulares muy adelgazadas y perforadas (fig. 4 izquierda) o bien han sido totalmente desvanecidas dejando huecos (fig. 3 pa flechas llenas).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

La madera de *C. obtusifolia* es un caso algo raro, se trata de un árbol cuyo tronco y ramas son huecos por la actividad de hormigas simbioses que viven en su interior, no presenta diferenciación aparente entre albura y duramen, es de color claro a pesar de tener un alto contenido de gomas y resinas (PENINGTON y SARUKHN, 1968; ANGELES ALVAREZ, 1981) de cuya distribución no se encontraron datos. La madera de la muestra estaba muy erosionada,

la presencia de extractivos no fue una buena pista para afirmar si se trata de duramen, y la pudrición, macroscópicamente tan uniforme, en su micromorfología es más irregular, por lo que no es fácil decidir si se trata de madera con cierta resistencia a la pudrición pero que ha estado expuesta al ataque durante mucho tiempo, o si es susceptible y ha sido degradada rápidamente. También surge como gran interrogante si los extractivos que presenta tienen alguna relación con las hormigas simbiotas en el árbol.

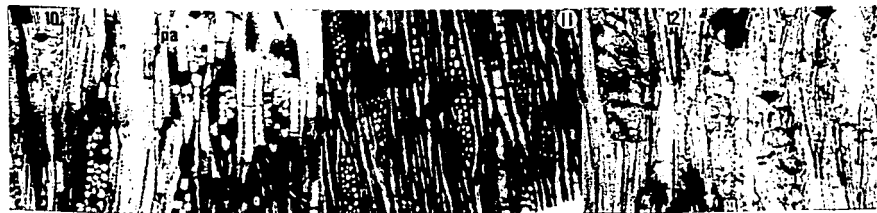
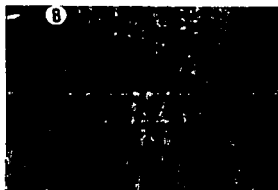
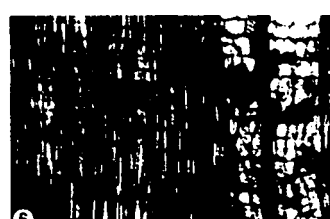
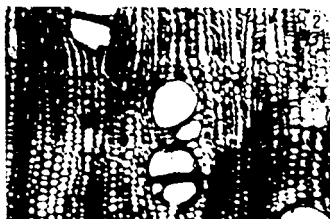
La condición de los vasos, junto con la escasez de hifas en ellos, indica que fueron tempranamente colonizados y degradados; de allí, las hifas se dispersaron a las otras células, desapareciendo las originales por autólisis y "carroñismo". Se le ha llamado "carroñismo" (en inglés "scavenging") al aprovechamiento de restos hifales por otras hifas, y ha sido reconocida su utilidad para contrarrestar la limitante del escaso contenido de nitrógeno orgánico en la madera (LEVY, 1975).

El aspecto de las paredes laterales como líneas dobles con una zona intermedia clara, que también fue detectado en este caso en algunas células (fig. 8, 12 flechas curvas), puede interpretarse como disminución de su densidad por deslignificación.

Esta especie causa en las fibras del sustrato más adelgazamiento y deslignificación de la pared celular, que producción de canales de erosión y perforaciones o agrandamiento de punteaduras.

LAMINA XIII. *Polyporus arcularius* en madera identificada como de *Cecropia obtusifolia*.
Ejemplar 457.

1. Fragmento de una rama caída, con dos fructificaciones ya desprendidas.
2. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 100.
3. Corte transversal, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
4. Corte radial, safranina, X 100.
5. Corte radial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte radial, v= vaso, safranina-verde rápido, X 100.
7. Corte radial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
9. Corte radial, pp= platina de perforación, safranina-azul de picroanilina, X 400.
10. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
11. Corte tangencial, f= fibras y pa= parénquima axial, safranina-verde rápido, X 100.
12. Corte tangencial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 100.



4.14 **POLYPORUS MAXIMUS** (Mont.) Overh.
Sci. Surv. Porto Rico & Virgin Isl. 8, 1: 164, 1926.

SINONIMIA (según OVERHOLTS, 1953):

Irpex maximus Mont., Ann. Sci. Nat. Bot. II, 8: 364, 1837.

Coriolus maximus (Mont.) Murr., Torrey Bot. Club Bul. 34: 467, 1907.

CLASIFICACION.- Misma del caso anterior.

HABITAT.- Sobre madera derribada de árboles de hojas deciduas, especialmente *Ulmus* (*op. cit.*).

DISTRIBUCION.- Sureste de Estados Unidos (*op. cit.*). Común en los trópicos de América y del Viejo Mundo (MURRILL, 1961). En México se localiza en los estados de Nuevo León y Veracruz (CASTILLO y GUZMAN, 1970).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", cerca de la laguna "Zacatal", L. Pinzón y J. Martínez 488 (7-Abr-1982).

Hongo identificado por I. Frutis. Substrato no identificado.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.
(LAMINA XIV)

Muestra tomada de una rama caída pero no en contacto con suelo. Con fructificaciones resupinadas ligeramente efuso reflejas, gregarias a coalescentes (fig. 1), desarrollándose sobre la corteza.

Corteza de 5 mm de grosor, de aspecto escamoso, no se desprende fácilmente. La zona interna de la corteza, la que limita con el xilema, presenta daños por insectos barrenadores (numerosos orificios que conducen a galerías en la albura), capas de micelio compacto de color amarillo claro y líneas zonales café claro y trazo grueso. La corteza se encuentra en grados diversos de pudrición, la consistencia de la corteza más degradada es fibrosa.

Madera amarillo claro, sin duramen, albura medianamente ligera y blanda.

En toda la muestra se presentan zonas de pudrición blanca en estado avanzado, pero con extensión y aspecto diferentes. En unas, la madera parece casi intacta, sin cambios de color, pero sí muy blanda. Otras zonas se observan de color café oscuro, localizadas en la porción de madera más cercana a la superficie y limitadas por líneas zonales de trazo muy grueso con tono más oscuro; pero la madera de estas zonas es un poco más dura que la de las otras. En todos los casos, la textura de la madera podrida es fibrosa y no son visibles masas de micelio entre el tejido leñoso.

Los fragmentos del ejemplar presentan daños ocasionados por insectos barrenadores, muchas galerías de barrenadores están llenas de partículas aglutinadas de madera digerida.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Madera con hifas del basidiomicete, teñidas de azul (empleando safranina-azul de picroanilina), de finas a medianamente gruesas, no es posible discriminar si presentan o no fíbulas. En algunos campos son abundantes y ramificadas, especialmente en vasos (fig. 2 y 6 v, 7), y lo mismo en radios, en los que siguen una orientación radial (fig. 2 flecha mayor); pero en otros campos, las hifas son escasas en radios y vasos (figs. 3-5 r, 8 v). En general, son abundantes y dispersas en parénquima axial (fig. 6 pa), así como en fibras, donde están muy ramificadas (figs. 3 y 6 f, 7 derecha).

Sólo hay rastros de hifas de micromicetes, gruesas, poco ramificadas, de color café claro (aunque se ven más bien en tonos morados por efecto fotográfico), repegadas a las paredes de fibras y dentro de células de radio (fig. 5 r, flecha curva derecha); en vasos sólo se ven fragmentos (figs. 2 v flecha menor, 8 flecha recta superior).

Todos los elementos celulares de la madera presentan un alto grado de descomposición generalizado a todos los fragmentos de la muestra.

En los vasos, las paredes celulares laterales están muy desvanecidas, lo que los hace poco distinguibles de las otras estructuras (fig. 2 v, 8 v flecha gruesa); las platinas de perforación también están muy desvanecidas y fragmentadas (figs. 6 v flecha sesgada), existen campos donde se observa la fractura de paredes celulares laterales (fig. 7 flechas sesgadas izquierda); también es fuerte la erosión de punteaduras formando cavidades coalescentes (figs. 7 flecha curva izquierda abajo, 8 flecha gruesa arriba).

Los radios apenas conservan su forma, se encuentran muy degradados; en varios campos tangenciales, sólo los contornos de los radios se observan (fig 6 r), o en cortes radiales se detecta desvanecimiento local de grupos de hileras radiales (fig. 2 r, arriba y abajo); aunque es algo aventurado, parece percibirse como un desvanecimiento de las capas de la pared celular, quedando tan sólo la lámina media compuesta entre célula y célula, bordeada por una especie de halo que señalaría el grosor original de la pared (figs 10 r centro, 11 r flecha gruesa), una fase aparentemente incipiente de este proceso, se percibe en otro campo (fig. 5 r), por lo que seguro se trata de la deslignificación de paredes celulares; en algunas vistas, las punteaduras muestran erosión o agrandamiento (figs. 4 r flechas vacías), que llega a hacerlas coalescentes (fig. 7 r y flechas largas vacías).

Grupos de células aglomeradas de difícil identificación, muestran sus paredes muy translúcidas (fig. 9), indicio de deslignificación.

En cuanto a las fibras, hay zonas de adelgazamiento de la pared celular que tienen un aspecto de menor densidad (figs. 5 f varias partes, 6 f centro izquierda); canales de erosión anexas a perforaciones irregulares, apenas perceptibles, se detectan con abundancia (fig. 7 siguiendo la dirección de las flechas curvas a la derecha); es posible ver punteaduras areoladas atravesadas por hifas (figs. 10 flechas anchas, 11 flecha curva arriba y abajo izquierda flecha recta) y erosionadas hasta fusionarse (fig 4 f, mitad derecha); en otros campos, agrandamiento de punteaduras abundante y algo disperso (fig. 5 centro); se logran observar en diversos campos paredes celulares deslignificadas y erosión de punteaduras (fig. 10 izquierda y derecha).

Por último, la degradación del parénquima axial se caracteriza principalmente por el aspecto vacío de sus células (debido a que sus contenidos han sido consumidos) y por presentar paredes celulares laterales parcialmente desvanecidas (fig. 6 pa flecha corta superior); además, con abundantes perforaciones y/o punteaduras agrandadas, por lo que se ven como líneas punteadas (fig. 6 pa flecha curva inferior).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

La avanzada degradación de los elementos celulares de este caso, particularmente las fibras, representa lo que se puede considerar como un estadio maduro de la fase clímax de la pudrición.

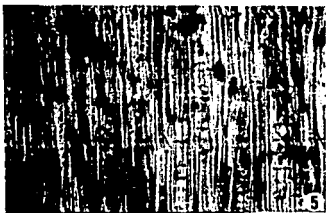
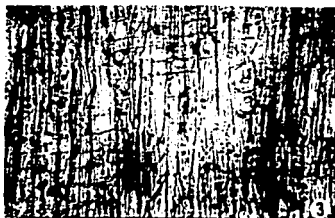
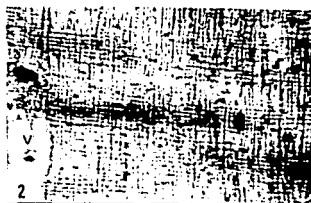
Es notorio que en las fibras, variadas formas de daño están siempre acompañadas de formación de perforaciones o de agrandamiento o erosión de punteaduras, estos últimos tipos de daño están relacionados con el paso de hifas a través de las paredes celulares. Pero otros daños que este ejemplar presenta, ya son más típicos de degradación avanzada, principalmente la deslignificación de paredes celulares de las fibras (y de radios también), y en un menor grado, el adelgazamiento de paredes celulares.

La fuerte degradación del tejido dificultó mucho el proceso de corte y tinción, por lo que la identificación del substrato no fue posible y la calidad de los campos fotografiados se demeritó mucho.

LAMINA XIV. *Polyporus maximus*. En madera no identificada.

Ejemplar 488.

1. Muestra tomada de una rama caída pero no en contacto con suelo.
2. Corte radial, r= radios, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
3. Corte radial, f= fibras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 200.
4. Corte radial, f= fibras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 400.
5. Corte tangencial, f= fibras, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte tangencial, f= fibras, pa= parénquima axial, r= radios, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
7. Corte tangencial, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
9. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
10. Corte tangencial, f= fibras, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
11. Corte tangencial, f= fibras, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 1000.



4.15. **POLYPORUS TRICHOLOMA** Mont.
Ann. Sci. Nat. Bot. II, 8: 365, 1837.

SINONIMIA (tomada de MURRILL, 1961):

Polyporus gracilis Klotzsch, Ann. Nat. Hist. 3: 384, 1839.

Polyporus stipitarius Berk. & Curt. Jour. Linn. Soc. 10: 304, 1868.

Polyporus humphreyi P. Henn. Hedwigia. 37: 280, 1898.

CLASIFICACION.- Misma de los casos anteriores del mismo género.

HABITAT.- Sobre ramas muertas, trozas y otros tipos de madera podrida en los bosques (MURRILL, 1973). Crece en madera muerta, sobre ramas caídas en bosques mesófilos de montaña y tropicales (GALVAN VILLANUEVA, 1976).

DISTRIBUCION.- Es una especie común en América tropical (MURRILL, 1961). En México, se localiza en Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Nuevo León, Quintana Roo y Veracruz (GALVAN VILLANUEVA, 1976).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", Jardín Botánico, Vereda "Darwin", L. Pinzón e I. Frutis 771 (2-jul-1985).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera anatómicamente identificada como *Dendropanax arboreus* (L.) Planch & Decne. (Araliaceae), de acuerdo a la descripción de PENNINGTON y SARUKHAN (1968) y la de DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980). Nombres comunes: "Carne de Pescado", "Chagane".

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.
(LAMINA XV)

Ejemplar cortado de un tronco caído, consta de fragmentos pequeños del substrato con diez fructificaciones diminutas, más o menos gregarias (fig. 1), con píleo deprimido y estípite central o algo excéntrico. Emergieron a través de la corteza en posición perpendicular. La mayoría de las fructificaciones están desprendidas, muchas se encuentran en estados de madurez casi similares, pocas son más pequeñas.

Corteza de 4 mm de grosor, de color café oscuro a negro, de apariencia lisa y muy finamente agrietada; algo desprendible en forma de escamas. La corteza más podrida, de aspecto fibroso y fácilmente desmoronable al tacto. La capa interior de la corteza, en contacto con la albura, presenta abundantes orificios angostos y galerías más anchas y largas, distribuidas irregularmente, daños originados por insectos descortezadores.

Madera ligera, medianamente dura, de color amarillo claro, sin duramen.

Pudrición de tipo blanco, la madera de apariencia fibrosa con zonas dispersas e irregulares de color café oscuro, limitadas por líneas zonales color café de trazo fino; también se observan otras líneas zonales negras de trazo mediano orientadas algo longitudinalmente en el ejemplar. Por debajo de la corteza hay desarrollo de masas de micelio con aspecto de una película fieltrosa de color blanco.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Hifas del Basidiomicete teñidas de azul (con safranina-azul de picroanilina), fibuladas, de finas a medianamente gruesas y algo retorcidas (fig. 9 flecha gruesa); en la mayoría de los campos hifas abundantes en los vasos, teniendo una orientación predominantemente longitudinal y después tangencial (figs. 6, 7, 9). Los radios, se observan poco o nada colonizados (figs. 6-13). En las fibras y el parénquima axial de algunos campos, hay mucho menos hifas y éstas sin orientación definida (figs. 8, 9 y 11 pa); en otros campos, sólo hay rastros de hifas esparcidas sin orientación definida o están ausentes (figs. 2, 7, 12, 13).

Ausencia de hifas de micromicetes en los diferentes elementos celulares de la madera.

Madera muy porosa por tener vasos amplios y muy abundantes, la degradación de estas estructuras es muy avanzada ya que se observa que sus paredes celulares laterales presentan frecuentemente punteaduras agrandadas debido al paso continuo de hifas del basidiomicete, formando la coalescencia de éstas (figs. 2, 7 y 9 flechas vacías, 4 flecha gruesa); las platinas de perforación están adelgazadas o desvanecidas (figs. 2 en todo el campo, y 7 flechas gruesas), con cavidades de erosión enzimática (fig. 5 flecha) y también fragmentadas (figs. 2 y 6 flechas curvas, 12 flecha gruesa); las paredes laterales de vasos contiguos han sido fragmentadas (figs. 2 flecha larga); otras casi han desaparecido debido al avanzado proceso de adelgazamiento celular, quedando apenas el contorno o silueta del vaso (figs. 2, 3, 6 varios sitios, 12 v).

De los radios, los que se encuentran adyacentes a los vasos fueron los más atacados, observándose fragmentados, con desorganización de sus hileras de células y erosión de su contorno (figs. 6 izquierda de la flecha superior derecha y flecha al centro, 9 flecha diagonal). Los radios más cercanos a fibras, aunque muy atacados, conservan mejor su estructura, notándose en ellos frecuente erosión de punteaduras combinada con la producción de perforaciones (figs. 8 r, 12 r centro, 13 r), o bien con adelgazamiento de paredes celulares que se ven muy aclaradas o angostas (figs. 9 r, 10 flecha gruesa, 11, 12 r).

Las fibras fueron frágiles al corte transversal, separándose fácilmente de las adyacentes en forma de desfibrilación (figs. 2 orilla superior, 3 centro, 4 f); en algunas zonas pequeñas parece que conjuntos de fibras han sido desintegradas (fig. 4 flecha vacía superior); las paredes laterales muestran perforaciones y canales de erosión irregulares (fig. 8 f), o con una orientación bien definida en S y Z (fig. 13 centro) y en sentido longitudinal (fig. 10 flecha gruesa al centro); también es posible apreciar como desgarrar o separación de las paredes (fig. 12 flechas curvas).

El parénquima axial, ya sin contenidos celulares, muestra múltiples agrandamientos de punteaduras (fig. 9 pa) o grandes perforaciones (fig. 8 flecha recta), también desvanecimiento de paredes celulares laterales y de los extremos (fig. 8 pa) y algunas otras veces canales de erosión asociados a punteaduras erosionadas (11 pa flecha recta).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

En este caso, con una madera tan porosa por la abundancia de vasos, *D. arboreus*, se ejemplifica patentemente la importancia de estas estructuras para la proliferación y dispersión de las hifas, por lo que los daños en todas las células son similarmente considerables.

Los daños en las fibras son predominantemente la formación de canales de erosión, el agrandamiento de punteaduras y la producción de perforaciones. Esto parece explicar por qué las fibras son tan frágiles que se agrietan y fracturan.

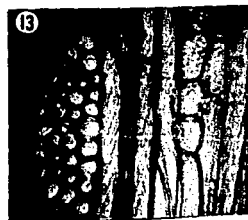
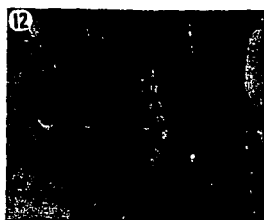
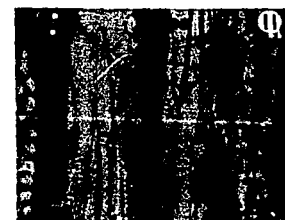
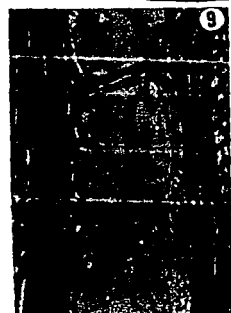
Es sorprendente que tratándose de una madera con abundantes y amplios vasos, así como abundantes radios, no esté colonizada por micromicetes. Si esto se debe a algún efecto del hongo xilófago, esta especie podría ser interesante para estudios de competencia o antagonismo.

La pudrición causada por este hongo fue estudiada por VILCHIS ARGUETA (1983), de donde se toma la siguiente descripción para compararla con los datos recientes. En los **vasos**, hubo perforaciones abundantes y agrandamiento de punteaduras, sin detectarse canales de erosión ni grietas; en el trabajo actual, se encontraron muy degradados, con las platinas de perforación adelgazadas, fragmentadas y con cavidades, las paredes laterales muy adelgazadas y hasta desaparecidas. En el estudio citado, las **fibras** presentaron perforaciones abundantes, agrandamiento de punteaduras, canales de erosión abundantes, pero grietas no detectadas; en el trabajo actual, se observó la formación de perforaciones y canales de erosión irregulares, desgarre y separación de paredes laterales anexas, separación de fibras y desintegración de las mismas. En **parénquima** (*op.cit.*), hubo agrandamiento de punteaduras y perforaciones poco abundantes, canales de erosión escasos, grietas no detectables; según las observaciones actuales, hubo agrandamiento múltiple de punteaduras, desvanecimiento de paredes y canales de erosión asociados a punteaduras. En el estudio anterior, los **radios** tenían perforaciones poco abundantes, agrandamiento de punteaduras, pero canales de erosión y grietas no detectadas; en el estudio actual, los radios cercanos a los vasos estaban muy atacados, unos fragmentados y con sus células del contorno erosionadas, otros con células desorganizadas o fragmentadas. Los daños observados en ambos trabajos son severos, aparentemente los descritos en el presente trabajo son mayores, particularmente el adelgazamiento de las paredes celulares, que no fue considerado en el estudio citado, pero como no se logró la identificación del substrato en el trabajo antecesor, lo que ayuda a encontrar otros datos, es aventurado intentar más interpretaciones, excepto mencionar que este hongo es un degradador importante por la diversidad de daños que causa.

LAMINA XV. *Polyporus tricholoma*. En madera determinada como de la especie *Dendropanax arboreus*.

Ejemplar 771.

1. Ejemplar cortado de un tronco caído, consta de fragmentos pequeños del substrato con diez fructificaciones diminutas, más o menos gregarias.
2. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 200.
3. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 400.
4. Corte transversal, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400.
5. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
6. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
7. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte tangencial, f= fibras, pa= parénquima axial, r= radio, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
10. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
11. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
12. Corte tangencial, r= radio, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 400.
13. Corte tangencial, pa= parénquima axial, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 400.



4.16. **PYCNOPORUS SANGUINEUS** (L. ex Fr.) Murr.
Bull. Torrey Bot. Club. 31: 421, 1904.

SINONIMIA (según GILBERTSON y RYVARDEN, 1987):
Boletus sanguineus L., Sp. Plant., 2nd ed. p. 1646, 1763.
Polyporus sanguineus L. Fr., Syst. Mycol. 1: 371, 1821.

CLASIFICACION.- Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Sobre madera muerta tanto de coníferas como de angiospermas (GILBERTSON y RYVARDEN, 1987).

DISTRIBUCION.- Sureste de Estados Unidos en la región central y norte de Nueva York y Arizona, amplia distribución a través de las regiones tropicales del mundo (GILBERTSON y RIVARDEN, 1987). Su distribución en México: Colima, Veracruz (GALVAN VILLANUEVA y GUZMAN, 1977; WELDEN, *et al*, 1979). Guanajuato (OJEDA LOPEZ, *et al*, 1986).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", sitio expuesto cerca laguna "Zacatal", L. Pinzón y J. Martínez 438 (4-Abr-1982).

Hongo identificado por L. Pinzón, substrato no identificado.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.
(LAMINA XVI)

Fragmentos de una rama caída, con seis fructificaciones semigregarias (fig.1). Forma variada, de dimidiada con estípote lateral a típica con estípote central corto. Con estados de desarrollo no muy diferentes. Emergen directamente de madera descortezada y quemada, extendiéndose horizontalmente.

Madera liviana y blanda. Formada de albura color amarillo paja.

Los fragmentos de madera con orificios y galerías de diversos tipos, ocasionados por insectos barrenadores, algunos típicamente causados por termitas (planos, anchos y muy pulidos) cerca de la superficie; otros, más cilíndricos, llenos de partículas aglomeradas de madera digerida, o con su interior casi negro, predominan en las zonas de pudrición más oscuras.

Fragmento con un desarrollo y extensión avanzados de pudrición blanca, de consistencia fibrosa muy deleznable. Con dos zonas de pudrición alargadas longitudinalmente, una de color claro y otra café grisácea, limitadas por líneas zonales, de color café a gris tenue y trazo ancho, localizadas muy cerca de la superficie. La zona de pudrición de color claro, presenta desarrollo denso de micelio de color anaranjado a rojizo, entre el tejido leñoso, que le dan un aspecto teñido a la madera. Otras líneas zonales negras de trazo grueso, son muy curiosas, por estar distribuidas en las caras interiores de rajaduras de la madera, formando como una capa limitante de figura ondulante.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Hifas del Basidiomicete teñidas de azul (con safranina-azul de picroanilina), fibuladas, muy finas, con tendencia a ser sinuosas (figs. 13-15); en diferentes campos se observan abundantes y aglomeradas en los vasos (figs. 2-4, 10, 11); en otros campos, están muy esparcidas (fig. 15). Los radios más cercanos a los vasos están más colonizados, también con aglomeramiento de hifas (figs. 2 flecha derecha, 3 izquierda, 4 abajo derecha, 10-11 flechas oblicuas); los radios más alejados de los vasos con menos abundancia de hifas (figs. 10-11 derecha). Fibras con abundantes hifas en la mayoría de los campos examinados, ampliamente dispersas en dirección tangencial pero también longitudinal (figs. 12-14). El parénquima axial con menos abundancia de hifas (figs. 10 pa, 16 pa).

Hifas de micromicetes sólo observadas en cortes transversales, gruesas, septadas y de color ámbar, localizadas en fibras donde se observan repegadas a las paredes, ramificándose y atravesando la pared celular en dirección a radios (fig. 5 flechas oblicuas); en vasos, las hifas de micromicetes se encuentran rodeadas de hifas del basidiomicete (fig. 3 flecha centro), o son vistas hifas de micromicetes dirigiéndose hacia fibras y radios (fig. 4 flechas diagonales arriba).

Los vasos son de las estructuras que se encuentran en proceso de degradación mayor, con las paredes celulares laterales adelgazadas, casi no se les percibe grosor, y están muy translúcidas (figs. 7 flecha gruesa, 10, 11, 15); las platinas de perforación también están muy adelgazadas pero conservan su posición y forma (figs. 7 pp, 10 pp, 11); las punteaduras de las paredes laterales erosionadas y agrandadas por el paso frecuente de hifas (figs. 7, 10).

Los radios también están entre las estructuras más fuertemente degradadas, en general, como puede apreciarse panorámicamente en cortes tangenciales (figs. 10-11). A mayor aumento, se observa muy claramente que los radios están más degradados en la parte del centro que hacia el contorno o los extremos (figs. 12 flecha curva), mientras que en otros campos con degradación más avanzada, se observa que las paredes interiores de las células se han lisado completamente, quedando sólo las paredes del contorno de los radios, como residuo final (figs. 10 flechas vacías, 13 flecha curva, 14 flechas arriba y abajo). Entre otros daños, se puede apreciar el agrandamiento de punteaduras, algunas ya coalescentes, combinadas posiblemente con perforaciones (figs. 8 izquierda y 9 derecha, flechas vacías); algunas paredes de las células cuadradas marginales del radio están fragmentadas (figs. 8 y 9, flechas chicas abajo) o como desleídas (fig. 8 lado derecho), se puede apreciar en campos como este, que las paredes laterales están muy deslignificadas.

En el caso de las fibras, una fuerte colonización por hifas coincide con un grado severo de descomposición (figs. 2-4, 10-14). El paso frecuente de hifas a través de las paredes celulares origina daños que con mayor abundancia son perforaciones o agrandamiento de punteaduras (figs. 12 flechas diagonales, 13 flechas largas y flechas vacías, 16 flecha recta izquierda), y canales de erosión apenas perceptibles (fig. 14 mitad inferior); también es posible notar el adelgazamiento de las paredes celulares en algunos conjuntos de fibras, ya que se ven poco teñidas o translúcidas (figs. 12 izquierda, 14 centro flecha horizontal y 15 derecha).

Por último, en las células del parénquima axial, que son muy escasas en esta madera, no hay contenidos celulares visibles, y sus paredes longitudinales y transversales se observan como

líneas discontinuas o punteadas, por las punteaduras agrandadas y perforaciones ocasionadas por las hifas (fig. 10 y 16 pa).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

En el presente ejemplar, el hongo produce un micelio de color anaranjado a rojizo, muy fuerte, que caracteriza macroscópicamente a la pudrición causada por esta especie, pues se detecta a la perfección entre el tejido leñoso.

Micromorfológicamente, la pudrición causada por este hongo se caracteriza por la degradación centrípeta de los radios, y la abundancia de perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras, mientras que muy poco detectable es la producción de canales de erosión.

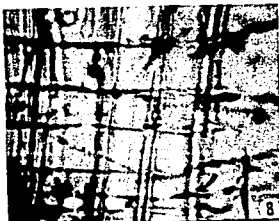
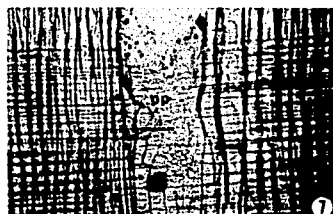
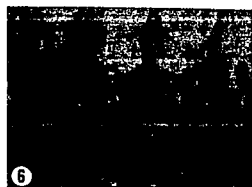
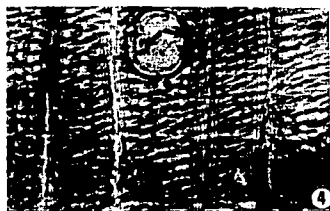
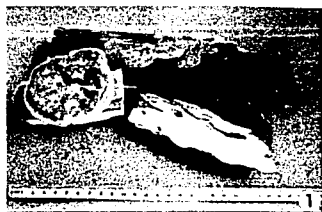
Este hongo es típico de sitios perturbados en la zona de estudio, siendo una de las pocas especies que fructifican en la madera abandonada en terrenos totalmente expuestos a la insolación por haber sido drásticamente talados, y además, quemados, no encontrándose en sitios sombreados con poca alteración. Esta afinidad hacia la madera quemada, muy expuesta al sol y por lo tanto a mayor temperatura ambiental (al menos en la zona superficial del sustrato) indica que esta especie es capaz de resistir contenidos extremadamente bajos de humedad en la madera, que suelen ser limitantes para la mayoría de las especies lignícolas.

VILCHIS ARGUETA (1983) describió una muestra de pudrición causada por esta especie fúngica, por lo que a continuación se comparan los resultados de su trabajo con el actual. En el citado estudio, los vasos estaban más dañados que las fibras, las cuales, a su vez, presentaban similar magnitud de daños que el parénquima axial y los radios. Los vasos son descritos (*op. cit.*) con perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras (no diferenciables) escasos, canales de erosión y grietas no detectables; en el trabajo actual, las paredes laterales están adelgazadas, muy translúcidas, las plátinas de perforación también adelgazadas y las punteaduras laterales erosionadas y agrandadas. En las fibras hubo perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras (no diferenciables), canales de erosión muy ensanchados y no se detectaron grietas (*op. cit.*); ahora, también se observaron perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras (abundantes) y canales de erosión (apenas perceptibles), pero además, adelgazamiento de paredes celulares. En el trabajo anterior (*op. cit.*), el parénquima axial presentó perforaciones o punteaduras agrandadas (no diferenciables) abundantes, canales de erosión poco abundantes, grietas no detectables; en la presente contribución, las paredes longitudinales y transversales se veían como líneas discontinuas o punteadas con punteaduras agrandadas y/o perforaciones. En los radios, según el trabajo citado, las perforaciones y/o punteaduras agrandadas (no diferenciables) eran escasas, no se observaron canales de erosión ni grietas, así que estaban poco dañados; en la madera estudiada aquí, los radios están más dañados, con punteaduras agrandadas coalescentes entre sí o combinadas con perforaciones, y curiosamente con las células del centro más degradadas, algunos con las paredes del contorno intactas, otros con las paredes de las células cuadradas marginales fragmentadas. De las comparaciones realizadas entre las descripciones del trabajo de VILCHIS ARGUETA (1983) y las del presente trabajo, ésta es la más parecida de todas, ya que sólo hay diferencias en el ataque al parénquima axial y a los radios, lo que puede deberse a diferente especie de madera; y sobre el adelgazamiento de paredes, como ya se explicó, no fue considerado por la autora citada.

LAMINA XVI. *Pycnoporus sanguineus* en madera no identificada.

Ejemplar 438.

1. Fragmento de una rama caída y quemada, con seis fructificaciones gregarias.
2. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 100.
3. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 100.
4. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 100.
5. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
6. Corte transversal, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
7. Corte radial, pp= plátina de perforación, safranina, X 200.
8. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
9. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.
10. Corte tangencial, pa= parénquima axial, pp= plátina de perforación, safranina-azul de picroanilina, X 100.
11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
12. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
13. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
14. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
15. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
16. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina, X 400.



4.17. **TRAMETES CORRUGATA** (Pers.) Bres.
Hedwigia 51: 316, 1912.

SINONIMIA (tomada de BAKSHI, 1971):

Polyporus corrugata Pers. in: Gaud., Bot. Freyc. Voyage Uranie, p. 172, 1826.

Polystictus persoonii Cooke, Grevillea 14: 85, 1885.

Daedalea sanguinea Klotzsch, Linnaea, 8: 481, 1883. .

CLASIFICACION.- Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Sobre madera de angiospermas en el bosque y madera en servicio (BAKSHI, 1971).

DISTRIBUCION.- Java, Norte de Borneo, Malasia, Ceylán e India (*Op. cit.*). En México, es conocido de Campeche, Hidalgo, Oaxaca y Veracruz (GUZMAN y MADRIGAL, 1967; GUZMAN DAVALOS y GUZMAN, 1979; FRUTIS y GUZMAN, 1983).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", cerca del depósito de agua, Jardín Botánico, L. Pinzón y J. Martínez 205 (18-May-1980).

Hongo identificado por L. Pinzón. Madera identificada según sus características anatómicas como *Rollinia rensoniana* Standl. (Annonaceae), nombres comunes "Anonilla" e "Hilama", comparándolas con las descripciones de PENNINGTON y SARUKHAN (1968) y ANGELES ALVAREZ (1981).

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.
(LAMINA XVII)

Dos fragmentos de una rama delgada caída (fig. 1) con varias fructificaciones efuso reflejadas, sésiles, gregarias, en diferentes estados de desarrollo, principalmente muy juveniles. Las fructificaciones emergen tanto de zonas con corteza como directamente de la madera. En el plano transversal de un extremo quebrado de la rama, donde están dos fructificaciones, hay masas de micelio grisáceo con textura de fieltrosa a algodonosa.

En la mayor parte de los fragmentos hay corteza, de 2 mm de grosor, lisa, de color café oscuro, cubierta con restos de líquenes y manchada por el suelo, no es tan fácilmente desprendible ni desmoronable. En porciones donde no hay corteza, la madera tiene un color café oscuro a casi negro, ocasionado por el intemperismo. La corteza presenta orificios pequeños y la madera galerías angostas, a causa de insectos xilófagos.

Madera ligera y blanda, color amarillo crema. Con pudrición blanca moderada, extendida a toda la muestra, sin cambios drásticos de color; pero en corte transversal se observan algunas zonas ovaladas en dirección radial, o cuneiformes con su parte ancha hacia la superficie, son de color café chocolate y están limitadas por líneas zonales negras de trazo mediano. La consistencia de la madera es más fibrosa y deleznable en las zonas de pudrición claras que en las oscuras.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Hifas del basidiomicete, teñidas de azul (con safranina-azul de picroanilina), gruesas, fibuladas, de aspecto retorcido y a veces granuloso (figs. 3, 5, 7 flechas). Orientadas hacia todas direcciones sin ninguna tendencia especial en vasos (figs. 2, 3, 7), radios (figs. 2, 3, 5) y fibras (figs. 2, 3, 6 f). Muy abundantes y hacinadas en vasos (figs. 2, 3), poco menos abundantes en radios (figs. 2, 3, 4,); en fibras, abundantes pero más uniformemente distribuidas (figs. 2, 3, 6 f, 10, 11); en parénquima axial, escasas (fig. 9).

No se detectaron hifas de micromicetes.

Los elementos vasculares, aunque todos bastante colonizados, sólo en algunos casos están muy atacados, con sus paredes laterales muy adelgazadas que apenas sí se notan (fig. 2, 7 flechas) y sus platinas de perforación fragmentadas (figs. 2 flechas rectas derecha e izquierda); mientras que otros están menos degradados (fig. 3). Las hifas rodean porciones de las tálides, causando aparentemente su reducción (figs. 3, 4, 7 flechas rectas).

Los radios con daños muy severos en algunos sitios, como en el cruce de radios con vasos, dónde se observan paredes celulares translúcidas, debido a que están deslignificadas (figs. 8 flecha vacía) lo que provoca su desaparición (figs. 7 flechas gruesas izquierda); en otros campos, las células interiores de los radios se aprecian muy degradadas (figs. 10, 11 flechas rectas) en comparación con las de las células exteriores; además, se observa erosión de punteaduras y producción de perforaciones, debido al paso de las hifas a través de las paredes de los radios y entre los extremos donde se unen los radios vecinos (figs. 5 flechas vacías, 10, 11).

Las fibras se ven en algunos sitios muy teñidas aún cuando estén muy colonizadas (fig. 2, 3); sin embargo, en otros campos se aprecia en las fibras adelgazamiento de las paredes celulares y punteaduras erosionadas, agrandadas y hasta fusionadas (figs. 6, 10 f flechas vacías, 11 flechas vacías); una inminente desfibración o disociación de fibras es observada (fig. 6 flecha curva superior derecha).

El parénquima axial, muy escaso, con paredes celulares de los extremos y laterales en proceso de deslignificación, también es posible observar canales de erosión asociados con punteaduras (fig. 9 flechas vacías) y alguna que otra punteadura agrandada o fusionada (fig. 9 pa).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION

En la figura 4 (flecha curva), se aprecia en corte radial unos trazos y puntos café oscuros, muy finos y en zig-zag, debidos a la diferenciación de las células fúngicas en elementos isodiamétricos, de pared gruesa, muy pigmentados y apretados, que están en proceso de desarrollar una estructura en forma de capa o envoltura, una línea zonal o placa pseudoesclerocial (PSP).

Las características micromorfológicas de la pudrición causada por esta especie sobre madera no identificada fueron estudiadas por VILCHIS ARGÜETA (1983), encontrando que los radios y el parénquima axial resultaron ser las estructuras más atacadas con

abundantes perforaciones o agrandamiento de punteaduras y canales de erosión; en el presente trabajo, se observaron **radios** en cruce con vasos muy atacados, con paredes translúcidas y desvanecidas, células interiores más degradadas, erosión de punteaduras y perforaciones; el **parénquima axial** con paredes deslignificadas, canales de erosión asociados a punteaduras, muchas de éstas agrandadas y fusionadas. Los **vasos** (*op. cit.*) fueron poco atacados, con perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras poco abundantes, presencia de canales de erosión, y sólo las grietas fueron abundantes; actualmente se observaron platinas de perforación fragmentadas, paredes laterales adelgazadas e hifas alrededor de las tálides. En el trabajo citado, el ataque en las **fibras** fue similarmente intenso al de los vasos, se apreciaron canales de erosión abundantes y pocos agrandamientos de punteaduras y/o perforaciones; aquí, hubo adelgazamiento de paredes, punteaduras agrandadas hasta fusionadas y disociación de fibras. Según lo anterior, las descripciones del trabajo de VILCHIS ARGUETA (1983) y las del presente estudio contrastan entre sí, hay dos factores a lo que esto debe atribuirse: sustrato diferente y divergente enfoque descriptivo. En todo caso, a falta de más información, en lugar de confrontar los datos aportados hasta el momento, habría que tomarlos de manera complementaria.

LAMINA XVII. *Trametes corrugata* en *Rollinia rensoniana*.

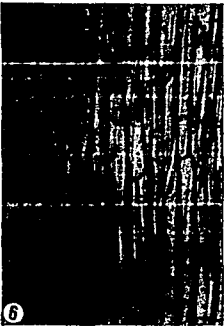
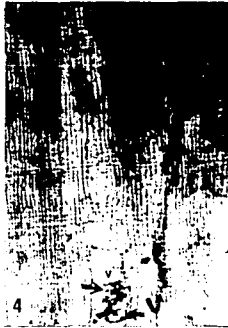
Ejemplar 205.

1. Dos fragmentos de una delgada rama caída, con varias fructificaciones.
2. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
3. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
4. Corte radial, lz= línea zonal, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
5. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
6. Corte radial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 100.
7. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, f= fibras, X 400.
9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
10. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.
11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.

LAMINA XVII. *Trametes corrugata* en *Rollinia rensoniana*.

Ejemplar 205.

1. Dos fragmentos de una delgada rama caída, con varias fructificaciones.
2. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
3. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
4. Corte radial, lz= línea zonal, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
5. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
6. Corte radial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 100.
7. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte radial, safranina-azul de picroanilina, f= fibras, X 400.
9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 400.
10. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 200.
11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.



4.18. **TRAMETES ELEGANS** (Spreng.: Fr.) Fr.
Epicr. Syst. Mycol. p. 492, 1838.

SINONIMIA (resumida de GILBERTSON y RIVARDEN, 1987):

Daedalea elegans Spreng., Sv. Vetensk. Akad. Handl. 1820: 51, 1820. (Homónimo).

Daedalea elegans Spreng.: Fr. Syst. Mycol. 1: 335, 1821. (Basiónimo).

Daedalea palisoti Fr., Syst. Mycol. 1: 335, 1821.

CLASIFICACION.- Basidiomycotina, Holobasidiomycetes, Aphyllophorales, Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990)

HABITAT.- Sobre madera de muchas angiospermas (GILBERTSON y RYVARDEN, 1987). Se encuentra en todos los trópicos (FIDALGO y FIDALGO, 1966). En bosque mesófilo de montaña y en selvas tropicales húmedas (CASTILLO y GUZMAN, 1970).

DISTRIBUCION.- Es una de las especies más comunes en Sudamérica, Centroamérica, Indias Occidentales, México, sureste de Estados Unidos, Africa y sur de Asia (FIDALGO y FIDALGO, 1966). Ha sido citada en México en los siguientes estados: Campeche, Guerrero, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luis Potosí y Veracruz y Yucatán (CASTILLO y GUZMAN, 1970; GALVAN VILLANUEVA, 1976).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", cerro "El Vigía", camino a "Lázaro Cardenas". L. Pinzón e I. Frutis. 886 (8-Jul-1985).

Hongo determinado por I. Frutis. Madera identificada por su estructura anatómica como afín a *Vitex gaumeri* Greenm. (Verbenaceae), según las descripciones aportadas por DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* (1980) y algunos datos de la descripción de PENNINGTON y SARUKHAN (1968), aunque se tiene en duda que esta especie exista en la Estación "Los Tuxtlas" (IBARRA MANRIQUEZ y SINACA COLIN, 1987).

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.

(LAMINA XVIII)

Porción pequeña tomada de un tronco caído, con fructificación solitaria (fig. 1). Forma semicircular, lateralmente subestiptada. Emerge a través de la corteza en posición perpendicular. Sin desarrollo de micelio masivo en la superficie.

Madera liviana y medianamente blanda. Color amarillo claro.

En la porción de madera inmediata a la fructificación, el desarrollo de pudrición blanca es severo en una capa superficial de unos 6-10 mm de grosor y extensión desconocida; aquí, es de color algo más oscuro (café grisáceo) que la madera menos podrida y sin desarrollo de micelio masivo entre el tejido leñoso. Esta capa tiene un borde grueso hacia la madera más clara, formado por líneas zonales. Entre la madera más podrida de la capa superficial, hay múltiples zonas pequeñas alargadas o cilíndricas, orientadas longitudinalmente, todavía más oscuras (café grisáceas a café oscuro), rodeadas por líneas zonales negras de trazo muy fino.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION

Las hifas del basidiomicete, teñidas de azul o de verde (con safranina-verde rápido o con safranina-azul de picroanilina), fibuladas, de diámetro mediano o muy delgadas (figs. 3, 7, 12, 15), muy ramificadas y extendidas en parénquima axial (figs. 4, 6, 7), y fibras (figs. 10, 13 f, 15), más aglomeradas en radios (figs. 4 flecha llena, 5, 14) y elementos vasculares (figs. 2, 3 flechas); con orientación irregular (fig. 4), pero cierta tendencia a longitudinal (figs. 6, 7) y tangencial (figs. 10-15) en su distribución entre todas las células.

No se detectan hifas de micromicetes en el tejido de la madera.

El corte de una placa pseudoesclerocial (PSP) o línea zonal de trazo muy fino, se observa cruzando diagonalmente a través de varios tipos de células (fig. 6), se observa además que ambos lados de la línea zonal las zonas son muy diferentes, del lado izquierdo las paredes celulares están muy adelgazadas apenas es posible percibir las.

Los vasos son las estructuras más dañadas, apenas perceptibles por los huecos remanentes, sus paredes celulares laterales prácticamente se han desvanecido (figs. 2, 3 flechas curvas; 4 flecha vacía, 6 flecha gruesa), o están muy adelgazadas (fig. 5 v flecha recta).

Los radios, en la mayoría de los campos, resultaron ser estructuras muy resistentes al ataque de la pudrición, en este ejemplar. Pueden ser observados algunos radios, conteniendo gomas rojizas, que están menos colonizados y dañados (figs. 4 izquierda, 10 y 11 r, 14). En otros campos, hay radios en los que hileras de sus células han desaparecido, quedando las estructuras casi eliminadas (figs. 7 r flecha vacía, 15 r); otros radios muestran a las paredes de sus células en estado muy poroso o cavernoso (fig. 8 flecha gruesa), condición que se debe a que el paso de hifas ocasiona perforaciones en la pared de estas células de radios (fig. 14).

En la mayoría de los campos, las fibras se observan muy degradadas. Se nota fuerte adelgazamiento de las paredes celulares laterales que en muchos cortes, conducen al desvanecimiento gradual de las fibras y su fácil fragmentación (fig. 4 flechas gruesa izquierda y derecha, 8 todo el campo), también son vistas grandes perforaciones (figs. 11 f flechas vacías, 14 flecha recta), así como otras perforaciones de menor tamaño causadas al cruzar las hifas transversalmente las paredes (figs. 9 flechas gruesas izquierda, 10 flecha gruesa, 13 f flechas gruesas, 14 flecha gruesa, 15 flechas gruesas).

En el parénquima axial, los daños que se pueden apreciar también son considerables, desde la producción de perforaciones y erosión de punteaduras (figs. 9 pa flechas vacías, 12 pa flecha inclinada), hasta el desvanecimiento de grupos de células laterales y del extremo (fig. 7 centro flecha gruesa) debido al adelgazamiento de sus paredes celulares. En el parénquima vasicéntrico, se puede ver este tipo de degradación en corte transversal (fig. 2 pa). También es posible apreciar etapas avanzadas de designificación (figs. 6, 9, 12 pa).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

Quizá este ejemplar representa el caso de pudrición más superficial y estrechamente asociada a la fructificación. A pesar de lo avanzado de la degradación, puede notarse que el contenido de extractivos en algunas células, en este caso las de los radios, está relacionado con menos daños.

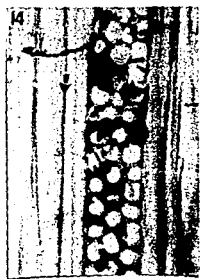
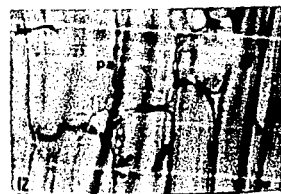
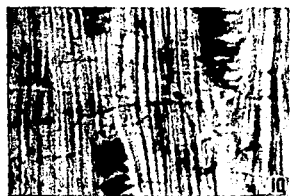
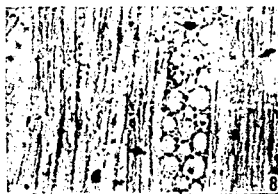
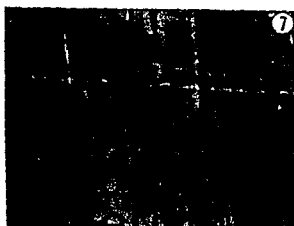
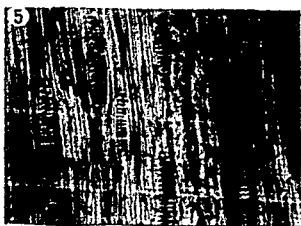
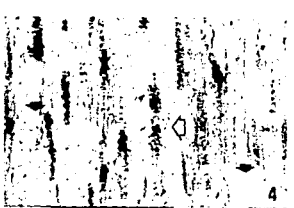
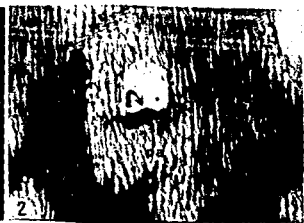
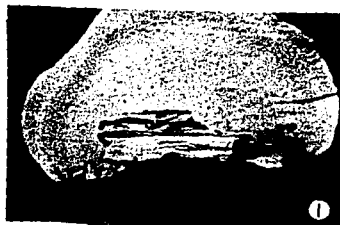
La degradación del parénquima axial está muy relacionada con la colonización y degradación de los vasos, debido a su patrón de distribución que es paratraqueal vasicéntrico (rodeando a los vasos),

El menor grado de tinción con safranina del parénquima axial que el de las fibras de las zonas aledañas, evidencia también al adelgazamiento y/o deslignificación de las paredes celulares, ya que la safranina es el colorante afín a la lignina, (fig. 2).

LAMINA XVIII. *Trametes elegans* en madera de *Vitex gaumeri*.

Ejemplar 886.

1. Porción tomada de un tronco caído, con fructificación solitaria.
2. Corte transversal, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina X 100.
3. Corte transversal, safranina-verde rápido, X 1000.
4. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
5. Corte tangencial, v= vaso, safranina-azul de picroanilina, X 100.
6. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 100.
7. Corte tangencial, pa= parénquima axial, r= radios, safranina-azul de picroanilina, X 200.
8. Corte tangencial, safranina-verde, rápido X 400.
9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 1000, con filtro.
10. Corte tangencial, r= radios, safranina-verde rápido, X 400. 11. Corte tangencial, f= fibras, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 400.
12. Corte tangencial, pa= parénquima axial, safranina-azul de picroanilina, X 1000, con filtro.
13. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 400, con filtro.
14. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400, con filtro.
15. Corte tangencial, r= radio, safranina-azul de picroanilina, X 400, con filtro.



4.19. **TRAMETES SCABROSA** (Pers.) Cunn.
Bull. N. Z. Dept.Sc. Industr. Res. 164: 162-63, 1965.

SINONIMIA (Según RYVARDEN y JOHANSEN, 1980):

- Polyporus scabrosa Pers., in: Gaud., Voyage Aut Monde p. 172, 1827.
Polyporus corrugata Pers., *ibid.* p. 172, 1827.
Polyporus fusco-baduis Pers., *ibid.* p. 172, 1827.
Daedalea sanguinea Kl., Linnaea 8: 481, 1833.
Daedalea microsinulosa Kl. & Berk., Ann. Nat. Hist. 3: 382, 1839.
Daedalea emodensis Berk. Hook. J. Bot. 6: 166, 1854.
Polyporus tostus Berk. Lond. J. Bot. 3: 189, 1844.
Trametes hookeri Berk. Hook. J. Bot. 6: 164, 1854.
Polyporus indecorus Jungh. Verh. Batav. Genootsch 17: 51, 1838.
Polyporus persooni Mont. in: Belag. & St. Vicent Voy. Ind. Orient. Crypt. Bot. 2: 147, 1846.
Hexagonia cruenta Mont. in: Hombroen & Jacquinot, Voy. Pole Sud. Bot. 1: 208, 1845.
Polyporus tegularis Lév., Ann. Sci. Nat. Bot. Ser. 3, 5: 131, 1846.
Polyporus arvensis Berk. Linn. Soc. Bot. 16: 83, 1877.
Hexagonia picta Berk. *ibid.* 50, 1877.
Trametes cornea Pat. J. Bot. 4: 16, 1898.
Trametes nitida Pat. *ibid.* 17, 1898.
Polystictus rufocinereus Henn. Bot. Jahrb. 25: 501, 1898.
Earliella cubensis Murr. Bull. Torr. Bot. Cl. 32: 479, 1905.
Favolus subrigidus Murr. Bull. Torr. Bot. Cl. 35: 398, 1908.

CLASIFICACION.- Polyporaceae (HERRERA y ULLOA, 1990).

HABITAT.- Sobre madera muerta de árboles de hojas deciduas (RYVARDEN y JOHANSEN, 1980).

DISTRIBUCION.- Este de Africa (*Op. cit.*). En México: Hidalgo, Oaxaca y Veracruz (WELDEN, DAVALOS y GUZMAN, 1979; FRUTIS y GUZMAN, 1983).

MATERIAL ESTUDIADO.- VERACRUZ: Estación "Los Tuxtlas", L. Pinzón e I. Frutis 726 (28-Mar-1985).

Hongo identificado por G. Rodríguez Scherzer. Substrato no identificado.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA.
(LAMINA XIX)

Ejemplar con fructificaciones sésiles, dimidiadas, gregarias, imbricadas, de juveniles a incipientes, formándose sobre la corteza, de color blanco crema en la zona porosa y partes color café rojizo a vino en la superficie superior del píleo (fig. 1). No hay masas de micelio visibles cerca de las fructificaciones.

Corteza de 3-4 mm de grosor, de tipo rugoso, café oscura, flexible, blanda y muy fibrosa en la parte interna. Con una extensión y desarrollo avanzados de degradación, siendo fácilmente desmorable y desmoronable, junto con la madera más externa, de la cual es difícil diferenciar.

En esta zona, se observan masas de micelio blanco, de textura farinácea, entre fibras separadas de los tejidos. Se aprecian una especie de moteado y trazos negros, como si fueran líneas zonales apenas distinguibles o en formación.

Madera amarillo claro, ligera y blanda. La madera limítrofe con la corteza presenta desarrollo y avance de la pudrición avanzados. Hacia el centro del tronco, en la superficie interior del ejemplar, la madera no es tan fibrosa, se vé menos degradada y sin líneas zonales, en cambio, hay unas franjas longitudinales de color verdoso, como de manchado causado por micromicetes.

MICROMORFOLOGIA DE LA PUDRICION.

Hifas del basidiomicete, teñidas de azul, con safranina-azul de picroanilina, medianamente gruesas y fibuladas, de aspecto contorsionado (fig. 8 flechas vacías). Abundantes ocasionalmente en radios, donde se observan aglomeradas (figs. 3, 4), en otros campos escasas o ausentes en los elementos celulares (figs. 5, 6, 9, 10). En fibras también son abundantes pero más dispersas, y están predominantemente orientadas en sentido transversal hacia los radios (figs. 3, 4, 11). En cambio, en parénquima axial y vasos son menos abundantes (figs. 3 y 4, 5 y 7 flecha recta, 8 y 9 v).

Hifas de micromicetes, rojizas por efecto de la safranina, de diámetro ancho y paredes gruesas, muy septadas, poco ramificadas, se observan con dificultad por estar muy adheridas a las paredes longitudinales de las células de la madera, por lo que su orientación es principalmente longitudinal (figs. 6 flechas curvas centro superior, 7 flecha sesgada izquierda, 9 flechas sesgada izquierda y derecha, 12 flecha gruesa curva). Ocasionalmente estos hongos atraviezan las paredes celulares produciendo pequeñas perforaciones (fig. 12 flecha gruesa).

Los vasos están fuertemente atacados, con sus paredes celulares laterales parcialmente degradadas (fig. 4, 5 flechas rectas), o con adelgazamiento incipiente de la pared (fig. 7 flecha recta, parte inferior del elemento vascular); existen campos con daños menores, como bordes erosionados de punteaduras o agrandamiento en éstas, ocasionados por el paso de hifas a través de ellas (figs. 8 centro, 9 v derecha en ambos flechas vacías).

Los radios parecen ser las estructuras más degradadas en este ejemplar. A veces, se observa que la hilera de células externas (envolventes) ha sido más degradada (figs. 3, 4 flechas diagonales, 9 flecha gruesa derecha abajo). En otros casos, están más degradadas las células internas (figs. 7 flecha recta derecha abajo). En radios menos degradados, los daños más visibles son erosión y agrandamiento de punteaduras (figs. 6 flechas gruesas derecha arriba, 7, 10 flechas gruesas izquierda y derecha).

En las fibras, los daños fueron ocasionados principalmente por el paso transversal de hifas (fig. 11 flecha sesgadas y flecha gruesa) produciendo perforaciones y agrandamiento de punteaduras; también destaca la presencia de canales de erosión asociados a perforaciones, con orientación diagonal en las dos orientaciones S y Z (fig. 10 f centro).

En último caso, los daños observados en el parénquima axial, el cuál se observa sin contenidos celulares (figs. 9, 12 13 pa), son drásticos pero en zonas muy localizadas, como la separación

y dislocación de paredes celulares laterales (fig. 13), o algo más leves y generalizados, como la erosión múltiple de punteaduras (fig 12, 13).

OTRAS CONSIDERACIONES Y DISCUSION.

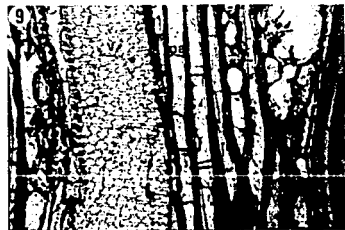
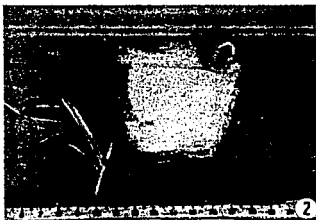
Aunque las fructificaciones son muy jóvenes, la pudrición de la corteza y madera inmediatas está muy avanzada, lo cual quizá se explica por la gran concentración de micelio en esa zona, el cual está relacionado con la organización de las fructificaciones en formación y con una alta producción de enzimas como consecuencia de la abundancia de hifas.

Uno de los temas de continua controversia en micromorfología de la pudrición de la madera gira alrededor de si los mecanismos que utilizan los micromicetes para perforar y atravesar las paredes celulares son principalmente mecánicos (físicos) o enzimáticos (químicos).

LAMINA XIX. *Trametes scabrosa*, en madera no identificada.

Ejemplar 726.

- 1. Ejemplar extraído de un tronco caído, con fructificaciones.**
- 2. Madera mostrando pudrición blanca.**
- 3. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 100.**
- 4. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 200.**
- 5. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 6. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 7. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 8. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.**
- 9. Corte tangencial, pa= parénquima axial, v= vaso, safranina azul de picroanilina, X 400.**
- 10. Corte tangencial, f= fibras, safranina-azul de picroanilina, X 1000.**
- 11. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 400.**
- 12. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.**
- 13. Corte tangencial, safranina-azul de picroanilina, X 1000.**



5. DISCUSIÓN GENERAL

Con los resultados de cada caso estudiado, se ha incluido una discusión particular, en este capítulo se abordan aspectos más generales de todo el trabajo, con respecto a fundamentos, metodología y enfoque, puntos relevantes de los resultados obtenidos y proyección al futuro.

La presente investigación parte del fundamento de que así como los ejemplares de un herbario normal constituyen un banco de información sobre la morfología y biología de las especies vegetales, los ejemplares estudiados aquí contienen la evidencia morfológica del proceso de pudrición de la madera desarrollado en las condiciones naturales de una selva tropical.

Metodológicamente, el equipo de microscopía y fotografía así como la técnica de corte fueron muy sencillos, en relación a los avances tecnológicos actuales para la observación y registro de imágenes de estructuras microscópicas. Aún así, los resultados aportan nuevos datos al conocimiento de la micromorfología de la pudrición de la madera de especies tropicales, causada por hongos tropicales. Se procuró mantener los requerimientos de equipo y materiales en su nivel más económico, ya que, tratándose de un estudio en la zona tropical, donde se encuentran graves problemas de desarrollo, no sería oportuno promover trabajos con requerimientos tecnológicos sofisticados.

Uno de los requisitos fundamentales en este trabajo, fue el de delimitar con mayor certeza la pudrición causada por el hongo de interés. El criterio asumido consistió en seleccionar, para el estudio micromorfológico, la o las zonas de pudrición más cercanas a la fructificación. La exactitud de este método fue constatada especialmente en los casos de micelio típicamente blanco que resaltaba en la madera, y de manera extraordinaria en el ejemplar de *Pycnoporus sanguineus*, donde su característico micelio anaranjado a rojizo, permitió distinguir con mayor nitidez la zona colonizada.

Otro tópico fundamental consistió en definir dónde ubicar, al establecimiento de los macromicetes xilófagos, en el esquema dinámico de la sucesión de organismos colonizadores de los detritos leñosos. Conforme progresaba el trabajo, se sugirió considerarlo *fase clímax*, que bien se podría definir como *la condición que se mantiene durante la formación y longevidad de la fructificación de los macromicetes xilófagos, y mientras el substrato conserve tal integridad estructural, que pueda seguir reconociéndose como madera*. Diversos autores han hecho avances hacia la conceptualización ecológica del proceso de pudrición, y aunque han definido las fases iniciales de la colonización y sucesión de organismos, como se explicó en la introducción, no se había llamado fase clímax al desarrollo pleno de la pudrición, como aquí se propone. En cambio, definir el concepto de *fase postclímax*, no es posible sin base en observaciones específicas al respecto.

Dentro de la fase clímax, es práctico referirse a diferentes estadios, grados de avance, madurez, o severidad de la pudrición en una muestra, de una manera comparativa, con base en el estado de deterioro o degradación que muestran las células leñosas. Esto puede interpretarse erróneamente como capacidad degradadora del hongo, y por lo tanto, deducir mal su importancia como agente degradador. Tal capacidad degradadora es la *agresividad* y los apelativos arriba enlistados no se aplican en este sentido, porque desconociéndose el tiempo de desarrollo del hongo, no es posible estimar si la degradación ha sido lenta o rápida, y agresividad es la

capacidad de causar cierto nivel de degradación en función de tiempo (PINZON PICASEÑO y VELIZ AVILA, 1984; PINZON PICASEÑO *et al.* 1987).

En cuanto a resultados, hay varios puntos con suficiente interés para reconsiderar, o discutir con mayor amplitud.

Posiblemente uno de los más importantes y generalizados efectos micromorfológicos de las hifas en las células de la madera, fue lo que en las observaciones se ha descrito como paredes celulares poco teñidas, menos densas o translúcidas, a veces, demarcadas por dos líneas paralelas; o también como dos líneas paralelas limitando una porción o zona intermedia más translúcida. A casos así se les ha descrito con el término de "deslignificación" al ser interpretada la menor impregnación de safranina en las paredes celulares como disminución de su densidad, siendo un colorante afín a la lignina. Este efecto enzimático, sólo ha sido señalado previamente en estudios a microscopía óptica por WATERMAN y HANSBROUGH (1957); COWLING (1961), en cortes ultrafinos con microscopía electrónica de transmisión, ha observado un desvanecimiento de porciones de la pared celular en la capa S₂ al que llamó "disolución interna", que podría ser equivalente.

Otro efecto generalizado en las muestras analizadas, es el adelgazamiento de las paredes celulares, considerado por WILCOX (1965, 1968, 1970, 1973) el más típico de la pudrición blanca, y también mencionado por DIROL (1976), como se describió en la introducción. Pues bien, en el presente trabajo, se han descrito la deslignificación y el adelgazamiento de las paredes celulares, como daños diferentes, de aquí se interpretaría que la deslignificación podría ser debida a la difusión de enzimas principalmente lignolíticas, por lo que la celulosa residual conserva el espesor de la pared, mientras que el adelgazamiento de paredes sería consecuencia de la actividad conjunta de enzimas lignolíticas y celololíticas. Sin embargo, parece inevitable especular sobre la posibilidad de que ambos efectos sean debidos a la misma causa (difusión simultánea de enzimas tanto lignolíticas como celololíticas que causan un "efecto a distancia"), porque fue muy común observar tanto deslignificación como adelgazamiento de las paredes celulares en el mismo ejemplar, dando la impresión de que la delimitación entre estos dos tipos de daño llega a perderse conforme avanza la pudrición. Tal cuestión quedaría por ser resuelta en futuros proyectos, y es posible que la solución provenga de aportaciones micromorfológicas más que de estudios bioquímicos.

Resultó sorprendente que en la pudrición causada por *Auricularia delicata* en madera de *Calophyllum brasiliense*, fueran observadas cavidades rómbicas parecidas a las de pudrición suave en las paredes gruesas de fibras, porque en tal caso no se detectaron hifas de hongos de este tipo de pudrición, considerándose más probable que se tratara de cavidades producidas por los hongos de pudrición blanca, pues diversos autores las han reconocido, por ejemplo: los "poros" que incrementan la "porosidad de la pared celular", formándose del lumen hacia la lámina media y precediendo al adelgazamiento general de la pared en la pudrición blanca, como describe COWLING (1961); las "bolsas" ("pockets"), unas cavidades o cavernosidades muy pequeñas, descubiertas por LIESE y SCHMID (1964) en todos los tipos de pudrición; las cavidades que encontró WILCOX (1968), paralelas al eje de la célula, o de las microfibrillas de celulosas, en el interior de la pared secundaria y en la lámina media compuesta de fibras de pino afectadas por pudrición blanca, o solamente en la pared secundaria en el ataque de pudrición morena, por lo que WILCOX (1970), afirma que tanto los hongos de pudrición blanca como los de morena pueden producirlas; y también DIROL (1976), muestra unas cavidades o alveolos

formando cadenas irregulares en las paredes de vasos y fibras de *Fagus sylvatica* "haya" degradadas por un hongo de pudrición blanca.

Más inesperado fue el descubrimiento de un nivel de degradación diferente entre las células centrales y las del contorno en los radios, especialmente en los de tipo poliseriado, el cual fue más marcado en los radios heterocelulares donde hay una diferenciación entre células procumbentes centrales y envolventes exteriores. En la mayoría de estos casos, las células centrales estaban más degradadas, como en *Favolus brasiliensis* (en cuyo sustrato no hay células envolventes en los radios poliseriados y hay simultáneamente radios uniseriados), en *Ganoderma applanatum*, en *Inonotus radiatus* (no hay envolventes en los radios de la madera), en *Pycnoporus sanguineus* y en *Trametes corrugata*; en menos casos, eran las células del contorno las más atacadas, como en *Hexagonia tenuis* (sin células envolventes en los radios leñosos), y en *Polyporus tricholoma*; y en un solo caso, se llegaron a presentar las dos condiciones, *Trametes scabrosa*. Este fenómeno no ha sido descrito con anterioridad, definiéndose aquí que la degradación de los radios sería *centrífuga*, si se desarrolla de las células centrales hacia las del contorno, y *centrípeta*, si va progresivamente de afuera hacia dentro del radio.

Entre las observaciones novedosas relacionadas con características anatómicas algo especiales de la madera, fue interesante el caso de *Hypoxylon rubiginosum* en *Robinsonella mirandae*, las fibras de esta madera son septadas, y las hifas del hongo pasan a través de los septos, hecho curioso que demuestra cómo las hifas aprovechan tales estructuras para su distribución en dirección transversal, de radio a radio (ver Láam. IX, figs. 7 flecha recta izquierda, 8 flechas sesgadas, 10 flecha recta centro). Se carece de previas citas al respecto, seguramente debido a lo raro de este tipo de fibras en las maderas de zonas templadas, como las que han usado los micromorfológos de la pudrición, pues son más frecuentes en las maderas tropicales (JANE, 1970).

También fue interesante la ocurrencia de hifas aglomeradas alrededor de las tñlides, vesículas formadas por membranas de punteaduras y paredes del parénquima creciendo hacia el lumen de los vasos (JANE, 1970), aparentemente atacándolas. Tal aglomeración puede ser interpretada como una proliferación local para el aprovechamiento del contenido celular de las vesículas, pero también pudo deberse a que las hifas se encontraron ante obstáculos que limitaban su libre distribución a través de las tñlides preferenciales de avance que son los vasos. Aunque se ha mencionado que las tñlides pueden ocurrir por ataque fúngico (*op. cit.*), no hay observaciones registradas sobre el comportamiento de las hifas ante estas estructuras, posiblemente porque en la madera de las especies angiospermas comúnmente estudiadas por los micromorfológos de la pudrición, las tñlides no se presentan, o no son muy frecuentes. Al buscar información sobre tales maderas, se encontró lo siguiente: en *Liquidambar styraciflua* (sweetgum, liquidámbar), no ocurren tñlides; *Fagus sylvatica* (beech, haya), las presenta ocasionalmente; y en *Betula lutea* (birch, abedul), no existen (KRIBS, 1968; JANE, 1970; DE LA PAZ PEREZ OLVERA y CORRAL LOPEZ, 1980); esto apoya lo supuesto, pues aunque en una de las tres especies más estudiadas, ocasionalmente se presentan tales estructuras, ésto es en duramen y en la mayoría de los trabajos se ha utilizado albura. Por consiguiente, resulta importante destacar que el estudio de la micromorfología de la pudrición de la madera en especies tropicales, aporta nueva información a este tema, lo que justifica la realización futura de proyectos de campo, similares al actual, así como de laboratorio.

Entre los ejemplares estudiados, hubo varios casos donde la presencia de gomas en vasos, o en parénquima radial y axial, estaba relacionada con menor abundancia de hifas y de daños, aparentemente atenuando la degradación progresiva de los elementos celulares. Esto se considera una evidencia micromorfológica del efecto fungistático, o fungicida de los metabolitos secundarios producidos por las células parenquimáticas, que son transformados en extractivos durante su muerte, a lo cual se debe la resistencia natural de la madera a la biodegradación, como se detalla en la introducción. Debe mencionarse también que, a veces, la presencia de gomas no parecía alterar la abundancia de hifas ni de daños, evidenciando, por su parte, que no todas las gomas tienen similares propiedades. Como una contribución de la micromorfología de la pudrición a esta temática, por las evidencias encontradas en el substrato de *Ganoderma applanatum*, se recomienda ensayar la madera de *Guazuma ulmifolia* en una prueba formal de resistencia natural a la pudrición.

La elección, un tanto fortuita, de tres especies del género *Polyporus* y otras tantas del género *Trametes*, así como dos casos de substrato diferente atacado por la misma especie de hongo, atrae fuertemente a intentar comparaciones dentro de cada grupo.

Las tres especies de *Polyporus* coinciden en que la presencia de hifas de micromicetes en las células leñosas de su substrato es de muy escasa a nula. Aunque podría tratarse esto de una simple coincidencia, no es tan remoto pensar en la posibilidad de que una alta competitividad y/o antagonismo sean comunes en las especies de este género, si se toma en cuenta su dominancia y frecuencia como grupo colonizador de los detritus leñosos (TOOLE, 1965; WAGENER y OFFORD, 1972). Por otra parte, se encontró que *P. arcularius* (en madera de *Cecropia obtusifolia*) y *P. maximus* (en substrato no identificado) tienden a degradar las fibras principalmente por adelgazamiento y deslignificación de las paredes, mientras que *P. tricholoma* (en madera de *Dendropanax arboreus*) produce más canales de erosión, perforaciones y/o agrandamiento de punteaduras. Esto podría significar que entre las tres especies hay dos tendencias hacia estrategias enzimáticas diferentes: mayor "efecto a largo alcance" (*P. arcularius*, *P. maximus*) contra mayor "efecto localizado" o "de contacto" (*P. tricholoma*).

El género *Trametes* es interesante por ser también abundante colonizador de madera en contacto con suelo y dominante en alguna fase de la sucesión, al menos en zonas templadas (BUTCHER, 1968). Según los resultados, *T. corrugata* ataca la madera de *Rollinia rensoniana* (madera muy blanda y ligera, g. esp. 0.3, sustituto de la madera balsa, según ANGELES ALVAREZ, 1981), más por efecto de deslignificación (causando translucidez) y adelgazamiento de paredes que de cualquier otra forma; en los radios degrada primero las células procumbentes internas; y, en el substrato no se detectaron micromicetes. Similarmente, *T. elegans* causa daños en *Vitex gaumeri* (una madera pesada, dura, resistente a hongos, no durable en suelo, según ECHENIQUE-MANRIQUE, 1970; con parénquima axial y radial con sílice, según DE LA PAZ PEREZ OLVERA et al. 1980; algunas veces con tilides, de acuerdo a KRIBBS, 1968) principalmente por difusión enzimática general, observándose deslignificación y adelgazamiento de paredes hasta el desvanecimiento y desaparición de las estructuras, sólo que aquí los radios fueron menos degradados, especialmente los que contenían más gomas, lo cual coincide con la resistencia citada a los hongos; tampoco se detectaron micromicetes. En cambio, *T. scabrosa* (en substrato no identificado), actúa predominantemente por efecto enzimático local (canales de erosión, perforaciones, agrandamiento de punteaduras), pues sólo hubo "adelgazamiento incipiente" en vasos, donde el ataque fue mayor y las hifas más abundantes; la degradación de los radios también difiere de la de los dos casos anteriores, por estar más atacados, sólo que

aquí, las células exteriores o envoltentes, a veces estaban más dañadas y en otras ocasiones lo estaban más las células procumbentes internas; en este caso sí hubo micromicetes en el substrato.

Como ya se discutió anteriormente, los ejemplares 444 y 483, sirvieron para comparar resultados del ataque de una misma especie de hongo (*Favolus brasiliensis*) sobre dos maderas diferentes (*Ficus* sp., y *Belotia mexicana*, respectivamente), encontrándose una gran similitud en los daños observados, a pesar de tratarse de estadios diferentes de la pudrición. La madera de *Ficus* es variable entre las diversas especies, la de la muestra 444 es muy ligera y blanda, presenta tílides en los vasos y contiene gomas en radios y vasos. De la madera de *B. mexicana* se sabe que es de textura media, con hilo recto a inclinado, con marcados anillos de crecimiento, y conteniendo en parénquima y radios abundantes cristales rómbicos y de sílice (DE LA PAZ PEREZ OLVERA *et al.* 1980); también que, no tiene diferenciación entre albura y duramen, de textura mediana a áspera, con grano entrecruzado, y es una madera blanda y ligera con g. esp. 0.37 (ANGELES ALVAREZ, 1981). De lo anterior se interpreta que las dos maderas no presentan diferencias tales que pudieran afectar notoriamente la forma de ataque de este hongo, solamente la presencia de gomas en *Ficus* sp., puede ser importante como un factor de resistencia a la pudrición, afectando la abundancia de hifas y atenuando el desarrollo de la pudrición, lo que coincide con lo observado.

Respecto de la confrontación entre las descripciones del antecedente más relacionado (VILCHIS ARGUETA, 1983) y las del actual estudio, se puede resumir que, las diferencias discutidas principalmente se deben a que el enfoque de ambos trabajos es muy distinto, ya que allí se tomaron en cuenta observaciones que solamente consideraban cuatro tipos básicos de daños micromorfológicos: punteaduras agrandadas, perforaciones, canales de erosión y grietas, para describir y comparar semicuantitativamente cada caso, desafortunadamente descartando los efectos principales de la pudrición blanca: la deslignificación y el adelgazamiento de paredes. Otros contrastes menores entre los resultados de ambos trabajos, posiblemente se deben a diferencias en el substrato de los casos comparables. Al revisar críticamente esa experiencia, se concluyó que los daños enlistados son tan básicos y universales que no pueden aportar diferencias perceptibles, sino que éstas deben percibirse mejor a un nivel menos fino, más "panorámico", por lo que en el presente estudio, se trató de obtener un cuadro descriptivo más liberal y amplio de la micromorfología de la pudrición de la madera. La información en esta temática, para el estudio de detritos leñosos *in situ*, en realidad es tan escasa, que los datos aportados hasta el momento por los dos estudios, habría que tomarlos de manera complementaria.

6. RECOMENDACIONES PARA ESTUDIOS FUTUROS.

La historia de la micromorfología de la pudrición de la madera, es curiosa en el sentido de que se ha caracterizado por periodos en los que el interés por realizar investigaciones ha incrementado, o disminuido drásticamente, sin conservar un ritmo uniforme.

Después de los descubrimientos pioneros de fines del siglo pasado, hubo una baja de la que se empezó a salir en la década del 40; luego hubo una alta en las décadas del 50 al 70, período que se caracterizó por una carrera competitiva entre la microscopía óptica, tan sofisticada (y a la vez tan limitada) como el contraste diferencial de interferencia de Nomarski (GREAVES, 1971), frente a la novedad y mucho mayor potencial de la microscopía electrónica, especialmente la de exploración o barrido, que fue idónea para el estudio de la madera por dar imágenes tridimensionales.

No obstante, pasada la novedad, parece ser que se develó la realidad de que, a pesar del uso de este equipo tan sofisticado, solamente se estaban confirmando hallazgos previos, entonces se acabó la euforia y este tipo de estudios ha quedado prácticamente abandonado.

Cabe aquí la posibilidad de que el impedimento para obtener nueva información, se haya debido al énfasis en avanzar a través del uso de nuevos aparatos, en lugar de trabajar con materiales biológicos diferentes. De ser esto cierto, habría lugar, entonces, a suponer que con el estudio de las especies tropicales, tanto de hongos como de maderas, se podría dar un nuevo impulso a este campo.

El estudio de la micromorfología de la pudrición de la madera con estas especies, es muy incipiente, hacen falta más estudios de madera degradada *in situ*, abarcando otras especies fúngicas con su correspondiente variedad de substratos, así como diversificar enfoques y metodologías en los proyectos.

Por ejemplo, se podría impregnar las muestras en medios de inclusión y obtener cortes con microtomo; preparar material disociado para observar las células leñosas individualmente; utilizar luz polarizada; cuantificar daños por cada célula, por unidad de área, o por campo de observación.

Podría también estudiarse la sucesión de hongos lignícolas en la selva.

Para verificar y ampliar la información, se recomienda que también sean realizados trabajos *in vitro*, usando hongos en cultivo puro y bloques uniformes de maderas ya identificadas, controlando las condiciones de incubación y con tiempos de exposición tanto fijos como variables. Así, se podría: seguir el desarrollo progresivo de la pudrición; comparar el avance de la deslignificación y del adelgazamiento de las paredes; comprobar la formación de cavidades en la pared de células leñosas; observar la secuencia de degradación centrífuga, o centrípeta, de los radios poliseriados en maderas que los presenten; correlacionar el efecto de gomas y tálides en la colonización y degradación del tejido leñoso.

Estos proyectos podrían estar combinados con evaluaciones de la agresividad de los hongos y de la resistencia natural de la madera a la pudrición; así como con estudios micoecológicos de competencia y antagonismo entre macromicetes y micromicetes.

El estudio de la relación biológica hongo-madera en especies tropicales, apenas se ha iniciado en México y todavía es poco conocida en el mundo entero. Cada vez es más imperioso desarrollar científicamente el conocimiento de estas especies, ya que la creciente aceleración con la que se están destruyendo los recursos tropicales en el planeta, supone el peligro de que no se llegue a conocer nunca la mayoría de los mecanismos tan complejos que ocurren en estos ecosistemas, entre ellos, la biodegradación de la madera y cómo se interacciona con la vida del planeta.

8. LITERATURA CITADA

- ANGELES ALVAREZ, P. G., 1981. **Anatomía de la madera de veintiun especies de la región de "Los Tuxtlas", Veracruz.** Tesis Profesional de Biólogo. Fac. de Ciencias, UNAM. México, D. F., 87 p.
- AYENSU, E. S., 1981. **Las selvas.** Folio. Barcelona, 199 p.
- BAKSHI, B. K., 1971. Indian polyporaceae on trees and timber. Indian Council of Agricultural Research. Nueva Delhi, 246 p.
- BANERJEE, A. K y J. F. LEVY, 1971. Fungal succession in wooden fence posts. **Material und Organismen.** 6(1): 1-25.
- BARCELO, J. R., 1979. **Diccionario terminológico de química.** Alhambra. Madrid, 774 p.
- BARAJAS MORALES, J., R. ECHENIQUE-MANRIQUE y T. F. CARMONA VALDOVINOS, 1979. Estructura e identificación. *En: La madera y su uso en la construcción.* Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Ver, 70 p.
- BAUTISTA, N., S. CHACON y G. GUZMAN, 1986. Ascomycetes poco conocidos en México, III. Especies del Edo de Morelos. **Rev. Mex. Mic.** 2: 85-105
- BLANCHETTE, R. A., 1980. Wood decay. A submicroscopic view. **Jour. For.** 78(12): 734-737.
- BOLIN, B., 1970. El ciclo del carbono. *In: SCIENTIFIC AMERICAN (Ed.). La Biósfera.* Alianza Editorial. Madrid, 276 p.
- BRAVERY, A. F., 1975. Micromorfology of decay in preservative treated wood. *In: LIESE, W. (Ed.). Biological transformation of wood by microorganisms.* Springer-Verlag. Berlin, pp. 129-142.
- BUILDING RESEARCH ADVISORY SERVICE., 1974. The preparation of wood for microscopic examination. **Building Research Establishment. Building Research Advisory Service Information.** No. TIL 52: 8 p.
- BOYCE, J. S., 1961. **Forest pathology.** Mc. Graw-Hill. Nueva York, 572 p.
- BUTCHER, J. A., 1968. The ecology of fungi infecting untreated wood of *Pinus radiata*. **Can. J. Bot.** 46(12): 1577-1589.
- CARTWRIGHT, K. St. G y W. P. K. FINDLAY, 1958. **Decay of timber and its prevention.** Her Majesty's Stationery Office. Londres, 332 p.
- CASTILLO, J., G. GUZMAN y G. SEPULVEDA, 1969. Estudio sobre los poliporáceos de Nuevo León, I. Generalidades, material estudiado. *Fitogeografía, clave de géneros y especies.* **Ciencia, Mex.** 27(1): 9-18.

- CASTILLO, J y G. GUZMAN, 1970. Estudios sobre poliporáceos de Nuevo León, II. Observaciones sobre las especies conocidas y discusiones acerca de su distribución en México. **Bol. Soc. Bot. Méx.** 31: 1-17.
- CHACON, S y G. GUZMAN, 1984. Nuevas observaciones sobre los hongos, líquenes y mixomicetos de Chiapas. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 19: 245-252.
- CHIO, R. E., 1981. **Estudio florístico y ecológico de los macromicetos de la Península de Yucatán.** Tesis Profesional de Biólogo. ENEP-IZTACALA, UNAM. Los Reyes Iztacala, 52 p.
- CHIO, R. E y G. GUZMAN, 1982. Los hongos de la península de Yucatán, I. Las especies de macromicetos conocidas. **Biótica.** 7(3): 385-400.
- COMMITTEE ON NOMENCLATURE., 1964. **Multilingual glossary of terms used in wood anatomy.** International Association of Wood Anatomists. Verlagsanstalt Buchdruckerei Konkordia Winterthur. Zürich, 186 p.
- COLÓN, T. L., 1987. **Estudio florístico ecológico de los hongos (Macromicetos) en el Parque Nacional Nevado de Toluca.** Tesis Profesional de Biólogo. ENEP-IZTACALA, UNAM. Los Reyes Iztacala, 95 p.
- CORBETT, N. H., 1965. Micromorphological studies on the degradation of lignified cell walls by ascomycetes and fungi imperfecti. **J. Inst. Wood Sci.** 14: 18-29.
- CORBETT, N. H y J. F. LEVY, 1963 (a). Ecological studies on fungi associated with wooden fence posts. Part I. **Brit. Wood Pres. Ass. News Sheet.** No. 27: 3 p.
- CORBETT, N. H y J. F. LEVY, 1963 (b). Ecological studies on fungi associated with wooden fence posts. Part II. **Brit. Wood Pres. Ass. News Sheet.** No. 28: 6 p.
- CORE, H. A., W. A. COTE y A. C. DAY, 1979. **Wood structure and identification.** Syracuse University Press. Syracuse, 182 p.
- COWLING, E. B., 1961. Comparative biochemistry of decay of sapwood by white-rot and brow-rot fungi. **USDA, For. Ser., For. Prod. Lab. Tech. Bull.** No. 1258: 79 p.
- DE LA PAZ PEREZ OLVERA, C y T. F. CARMONA VALDOVINOS, M. A., ROGEL GOMEZ, 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. **Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For. Núm. 63.** México. 276 p.
- DE LA PAZ PEREZ OLVERA, C y G. CORRAL LOPEZ, 1980. Estudio anatómico de once especies de angiospermas. **Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For. Núm. 64.** México. 79 p.
- DENNIS, R. W. G., 1957. Further notes on Tropical American Xilariaceae. **Kew Boletín.** 12(2): 297-332.

- DICKINSON, C. H y J. A. LUCAS, 1987. **Patología vegetal y patógenos de plantas**. Limusa México, D.F, 312 p.
- DIROL, D., 1976. Étude in vitro de la colonisation et de la dégradation structurale du bois de hêtre par *Corioli* *versicolor* (L.) Quélet. **Rev. Mycol.** **40**: 295-315.
- DOMANSKI, S., H. ORTOS y A. SKIRGIETTO, 1973. **Fungi: Polyporaceae II (Pileate)**. Varsovia, 332 p.
- DWYER, G y J. F. LEVY, 1975. The colonization of wood by microorganism: an objective approach. Symposium: **Material und Organismen. 3. Organisms und Wood**. Berlin: 21-24 p.
- ECHENIQUE-MANRIQUE, R. 1970. 25 Maderas Tropicales Mexicanas. **Serie maderas de México 1**. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. México. D. F, 237 p.
- ECHENIQUE MANRIQUE, R., 1971. Características de la madera y su uso en la construcción. **Serie maderas de México 2**. Cámara Nacional de la Industria de la Construcción. México. D. F, 173 p.
- ECHENIQUE-MANRIQUE, R y F. ROBLES FERNANDEZ-VILLEGAS, 1983. **Estructuras de madera**. Limusa. México, D. F, 367 p.
- ESAU, K., 1965. **On the anatomy of the woody plant**. Syracuse University Press. Nueva York, 603 p.
- FIDALGO, O y M. E. P. K. FIDALGO, 1966. Polyporaceae from Trinidad and Tobago. **Mycologia.** **58**(6): 862-904.
- FINDLAY, G. W. D y J. F. LEVY, 1969. Scanning electron microscopy as an aid to the study of wood anatomy and decay. **J. Ins. Wood Sci. No.** **23**(4): 57-63.
- FINDLAY, W. P. K., 1975. **Timber: properties and uses**. Crosby Lockwood Staples. Londres, 224 p.
- FREUDENBERG, K y A.C. NEISH. 1968. **Constitution and Biosynthesis of lignin**. Springer-Verlag. Berlin, 128 p.
- FREY-WYSSLING, A y K. MÜHLETHALER, 1965. Ultrastructural plant cytology with an Introduction to molecular biology. **Elsevier Publishing Company**. Nether Lands, 377 p.
- FREY-WYSSLING, A., 1968. The ultrastructure of wood. **Wood Science and Technology** **2**: 73-83.
- FRUTIS, I y G. GUZMAN, 1983. Contribución al conocimiento de los hongos del Estado de Hidalgo. **Bol. Soc. Mex. Mic.** **18**: 219-266 p.

- GALVAN VILLANUEVA, R., 1976. **Estudio sobre los hongos del grupo de los poliporáceos del Estado de Morelos.** Tesis Profesional de Biólogo. Esc. Nat. Cien. Biol., IPN. México, D. F., 111 p.
- GALVAN VILLANUEVA, R y G. GUZMAN, 1977. Estudio florístico sobre los hongos destructores de la madera del grupo de poliporáceos, en el Edo de Morelos. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 11: 35-98.
- GILBERTSON, R. L., 1974. **Fungi that decay Ponderosa Pine.** University of Arizona Press. Tucson, 197 p.
- GILBERTSON, R. L. y L. RYVARDEN, 1987. **North American Polypores. Vol. 2.** Fungiflora. Oslo, 448 p.
- GREAVES, H., 1971. Novísimas posibilidades de aplicación del Fotomicroscopio II, en la investigación de la madera. **Rev. Zeiss** 19(77-78): 7-10.
- GREAVES, H y J. F. LEVY, 1965. Comparative degradation of the sapwood of Scots pine, beech and birch by *Lenzites trabea*, *Polystictus versicolor*, *Chaetomium globosum*, and *Bacillus polymyxa*. **J. Inst. Wood Sci. No.** 15: 55-63.
- GUZMAN, G y X. MADRIGAL, 1967. Notas sobre algunos hongos superiores de Escarcega, Campeche (México). **Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.** 28: 23-38 p.
- GUZMAN, G., 1963. Frecuencia y distribución de algunos basidiomicetes lígnicolas importantes en México. **An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Mex.** 14: 23-41.
- GUZMAN, G.H., 1972. Algunos macromicetes, líquenes y mixomicetes importantes en la zona del volcán Popocatepetl. **En: Guía de excursiones del V Congreso Mexicano de Botánica y I Congreso Latinoamericano de Botánica.** Soc. Bot. Méx. México, D.F, 34 p.
- GUZMAN, G y D. A. GARCIA SAUCEDO, 1973. Macromicetes del estado de Jalisco, I. Consideraciones generales y distribución de las especies conocidas. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 7: 129-143.
- GUZMAN y P. D. JOHNSON, 1974. Registro y especies nuevas de los hongos de Palenque, Chiapas. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 8: 73-105.
- GUZMAN, G., 1979. **Identificación de los hongos comestibles, venenosos y alucinantes.** Limusa. México, D. F, 452 p.
- GUZMAN DAVALOS, L y G. GUZMAN, 1979. Estudio ecológico comparativo entre hongos (macromicetos) de los bosques tropicales y los de coníferas del Sureste de México. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 13: 89-125.
- HARVEY, A. E., M. J. LARSEN y M. F. JURGENSEN, 1981. Rate of woody residue incorporation into Northern Rocky Mountain Forest Soils. **USDA, For. Ser., Intermountain Forest and Range Experiment Station Research Paper. INT-282:** 5 p.

- HARVEY, A. E., M. F. JURGENSEN, M. J. LARSEN y R. T. GRAHAM, 1987. Decaying organic materials and soil quality in the Inland Northwest: A management opportunity. **USDA, For. Ser., Intermountain Research Station General Technical Report. NT-225:** 15 p.
- HERNANDEZ JIMENEZ, J., 1984. **Tipo de pudrición, agresividad y tolerancia a la creosota de algunos hongos xilófagos.** Tesis Profesional de Biólogo. ENEP-Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, 49 p.
- HERRERA, T y M. ULLOA, 1990. **El reino de los hongos. Micología Básica y Aplicada.** UNAM-FCE. México, D. F, 552 p.
- HERRERA CAMPOS, M. A., 1985. **Estudios in vitro del micelio de y la pudrición ocasionada por dos poliporáceos xilófagos: *Fomes pinicola* y *Polyporus versicolor*.** Tesis Profesional de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F, 94 p.
- HINGLEY, M. R., 1971. The Ascomycete fungus, *Daldinia concentrica* as a habitat for animals. **Jour. An Ecol.** 40: 17-32.
- HUDSON, H. J., 1972. **Fungal biology.** Arnold. Londres, 268 p.
- HUERTA CRESPO, J y BECERRO MARTINEZ, 1976. Anatomía macroscópica y algunas características físicas de diecisiete maderas tropicales mexicanas. **Bol. Divulg. Inst. Nac. Inv. For. Num. 46.** México: 61 p.
- HUNT, G. M y G. A. GARRATT, 1962. **Preservación de la madera.** Salvat. Barcelona, 486 p.
- IBARRA MANRIQUE, G y S. SINACA COLIN, 1987. **Listados florísticos de México VII. Estación de biología tropical Los Tuxtlas, Ver.** Instituto de Biología UNAM. México, D. F, 51 p.
- JANE, F.W., 1970. **The structure of wood.** Black. Londres, 478 p.
- KÄÄRIK, A., 1975. Succession of microorganisms during wood decay. *In:* LIESE, W., (Ed.). **Biological transformation of wood by microorganisms.** Springer-Verlag. Berlin, 203 p.
- KIRK, T. K., 1973. The chemistry and biochemistry of decay. *In:* NICHOLAS, D. D. (Ed.). **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol. I. Degradation and protection of wood.** Syracuse Univ. Press. Siracusa, 380 p.
- KRIBS, D. A., 1968. **Commercial foreign woods on the american market.** Dover Publications. Inc. New York, 241 p.
- LEVY, J. F., 1975. Colonization of wood by fungi. *In:* LIESE, W. (Ed.). **Biological Transformation of Wood by Microorganisms.** Springer-Verlag. Berlin, 203 p.
- LIESE, W y W. A. COTE Jr., 1960. Electron microscopy of wood: results of the first ten years of research. **Proc. Fifth world forestry. Vol. 2:** 1288-1298.

- LIESE, W y SCHMID R., 1962. Elektronenmikroskopische Untersuchungen Über den Abbau des Holzes durch Pilze. *Angew. Bot.* **36**: 291-298.
- LOPEZ-REAL, J. M., 1975. The formation of pseudosclerotia "zone lines" in wood decayed by *Armillaria mellea* and *Stereum hirsutum*: I. Morphological aspects. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **4(3)**: 465-471.
- LOT-HELGUERA, A., 1975. La estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas": Pasado, presente y futuro. In: GOMEZ POMPA, A. et all. (Ed.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas aptas de Veracruz*. México, 420 p.
- LOWY, B., 1971. Tremellales. *Flora neotropica monograph*. No. 6. 153 p.
- MARTINEZ ALFARO, M. A., E. PEREZ SILVA y E. AGUIRRE ACOSTA, 1983. Entomología y exploraciones micológicas en la sierra norte de Puebla. *Bol. Soc. Mex. Mic.* **18**: 51-63.
- MARTINEZ MARCIAL, J. D., 1983. *Ensayo de laboratorio sobre agresividad de hongos xilofagos hacia maderas tropicales mexicanas*. Tesis Profesional de Biólogo. ENEP-Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, 43 p.
- MILLER, J. H., 1930. British Xylariaceae. *Trans. Brit. myc. Soc.* **15**: 134-155.
- MILLER, J. H., 1961. *A monograph of the world species of hypoxylon*. Univ. Georgia Press. Atenas, 158 p.
- MORENO, N. P., 1984. *Glosario botánico ilustrado*. CECSA. México, D. F., 299 p.
- MOREY, P. R., 1973. *How trees grow*. Arnold. Londres, 59 p.
- MURRILL, W. A., 1961. (Agaricales) Polyporaceae (pars). *North American Flora Vol. 9, Part I*. 72 p.
- MURRILL, W. A., 1973. *Tropical polypores*. Verlag von J. Cramer. New York., 112 p.
- OVERHOLTS, L. O., 1953. *The polyporaceae of the United States, Alaska, and Canada*. Univ. of Michigan Press. Ann Arbor, 446 p.
- OJEDA-LOPEZ, S., M DE LA L. SANDOVAL y R. VALENZUELA, 1986. Los Poliporáceos de México, I. Descripción de algunas especies del noreste de Guanajuato. *Rev. Mex. Mic.* **2**: 367-436.
- PANSHIN, A. J y C. DE ZEEUW, 1970. *Textbook of wood technology*. Vol 1. Mc. Graw-Hill. Nueva York, 705 p.
- PEGLER, D. N., 1977. *A preliminary agaric flora of East Africa*. Kew Bull. Add. Ser. VI. HMSO. Londres, 615 p.

- PENNINGTON, T. D y J. SARUKHAN, 1968. **Arboles tropicales de México**. INIF-FAO. México, D. F., 413 p.
- PEREZ-SILVA, E., 1971. Algunos macromicetes de Chiapas (México). **Bol. Soc. Mex. Mic.** 5: 23-35
- PEREZ-SILVA, E., 1972. El género *Phylacia* (Pyrenomycetes) en México. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 6: 9-15.
- PEREZ-SILVA, E., 1973. El género *Daldinia* (Pyrenomycetes) en México. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 7: 51-58.
- PINZON-PICASEÑO, L. M., M. T. LOPEZ GUERRERO, F. A. VELIZ AVILA y J. D. MARTINEZ MARCIAL, 1982. Métodos para el estudio de algunas características de los hongos xilófagos como organismos degradadores de la madera. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 17: 147-157.
- PINZON-PICASEÑO, F. A. VELIZ AVILA, 1984. Tipo de pudrición y agresividad hacia la madera en cuatro cepas de hongos xilófagos mexicanos. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 19: 65-72.
- PINZON-PICASEÑO, L. M., F. A. VELIZ AVILA y M. T. LOPEZ GUERRERO, 1987. Evaluación de la agresividad de hongos xilófagos: Ensayos de laboratorio con *Pycnoporus sanguineus* (Fungi Basidiomycetes). **An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México** 54. Ser. Botánica: 227-232.
- PINZON-PICASEÑO, L. M y J. HERNANDEZ JIMENEZ, 1987. Tipo de pudrición hacia la madera de pino y liquidámbar de algunos hongos xilófagos mexicanos. **An. Ins. Biol. UNAM**, 57 (1986) Ser. Botánica (No. Unico): 1-9.
- PINZON-PICASEÑO, L.M y J.D. MARTINEZ MARCIAL, 1987. Agresividad de dos cepas de *Pycnoporus sanguineus* (L. EX FR.) MURR. Hacia maderas tropicales mexicanas. **An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. México** 54. Ser. Botánica (No. Unico): 233-240.
- PRESTON, R. D., 1974. **The physical biology of plant cell walls**. Chapman and Hall. Londres, 470 p.
- PROCTOR, P., 1941. Penetration of the walls of wood cells by the hyphae of wood-destroying fungi. **Yale Univ., School of Forestry Bull.** 47: 1-31.
- RIVARDEN, LEIF y J. JOHANSEN, 1980. **A preliminar polypore flora of East Africa**. Fungi flora. Oslo, Norway, 636 p.
- ROBLES FERNANDEZ-VILLEGAS, F y R. ECHENIQUE-MANRIQUE, 1983. **Estructura de madera**. Limusa. México. D. F, 365 p.
- RZEDOWSKI, J., 1978. **Vegetación de México**. Limusa. México. D. F, 432 p.

- SALINAS QUINARD, R y M. G. MACIAS CAMPOS, 1979. Técnicas anatomomicroscópicas para detectar microorganismos asociados con descortezadores (*Dendroctonus* spp.) productores de manchado azul. **Ciencia Forestal**. 4(20): 3-12.
- SAVORY, J. G., 1954. Breakdown of timber by ascomycetes and fungi imperfecti. **Ann. appl. Biol.** 41(2): 336-347.
- SCHEFFER, T. C., 1973. Microbiological degradation and the causal organisms. *In*: NICHOLAS, D. D. (Ed.). **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol. I. Degradation and protection of wood.** Syracuse Univ. Press. Siracusa, 380 p.
- SEAL, K. J y H. O. W. EGGINS, 1981. The Biodeterioration of materials. *In*: NORRIS, J. R. y M. H. RICHMOND (Eds.). **Essays in applied microbiology.** Wiley. Chichester, 380 p.
- TOOLE, E. R., 1965. Deterioration of hardwood logging slash in the South. **USDA, For. Ser., Technical Bulletin No. 1328**: 27 p.
- TSOUMIS, G., 1968. **Wood as raw material.** Pergamon Press. Oxford, 267 p.
- UEYAMA, A., 1966. Studies on the succession of higher fungi on felled beech logs (*Fagus crenata*) in Japan. **Holz und Organismen** 1: 325-332.
- ULLOA, M., 1991. **Diccionario ilustrado de micología.** Instituto de Biología, UNAM. México, D. F., 310 p.
- UNESCO/PNUMA/FAO., 1980. **Ecosistemas de los bosques tropicales.** Investigaciones Sobre los Recursos Naturales XIV. UNESCO/CIFCA, Madrid, 771 p.
- VARELA, L y J. CIFUENTES, 1979. Distribución de algunos macromicetas en el norte del Estado de Hidalgo. **Bol. Soc. Mex. Mic** 13: 30-45.
- VELIZ AVILA, F. A., 1982. **Caracterización de 22 cepas de hongos basidiomicetos causantes de pudrición en madera.** Tesis Profesional de Biólogo. ENEP- Iztacala, UNAM. Los Reyes Iztacala, 109 p.
- VILCHIS ARGUETA, M. B., 1983. **Micromorfología de la pudrición causada por hongos xilófagos en maderas tropicales deterioradas en condiciones naturales.** Tesis Profesional de Biólogo. Facultad de Ciencias, UNAM. México. D.F., 107 p.
- VILCHIS ARGUETA, M. B y L. M. PINZON PICASEÑO, 1984. Aspectos micromorfológicos de la pudrición blanca ocasionada por algunos hongos xilófagos en maderas tropicales. **Bol. Soc. Mex. Mic.** 19: 179-191.
- WATERMAN, A. M y J. R. HANSBROUGH, 1957. Microscopical rating of decay in Sitka spruce and its relation to toughness. **USDA, For. Serv.** 7(2): 77-84.
- WAGENER, W. W y H. R. OFFORD, 1972. Logging slash. **USDA, For. Ser., Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station Research Paper No. PSW-83**: 11 p.

- WALKER, J. R. L., 1975. **The biology of plant phenolics**. Arnold. Londres, 57 p.
- WARDROP, A. B y H. HARADA, 1963. The formation and structure of the cell wall in fibres and tracheids. **Jour. Experiment. Bot.** 16(47): 356-371.
- WELDEN, A. L y G. GUZMAN, 1978. Lista preliminar de los hongos, líquenes y mixomicetos de las regiones de Uxpanapa, Coatzacoalcos, Los Tuxtlas, Papaloapan y Xalapa (parte de los estados de Veracruz y Oaxaca). **Bol. Soc. Mex. Mic.** 12: 59-102.
- WELDEN, A. L., L. DAVALOS y G. GUZMAN, 1979. Segunda lista de los hongos, líquenes y mixomicetos de las regiones de Uxpanapa, Coatzacoalcos, Los Tuxtlas, Papaloapan y Xalapa (México). **Bol. Soc. Mex. Mic.** 13: 151-161.
- WHALLEY, A. J. S y R. WATLING, 1980. *Daldinea concentrica* versus *Daldinea vernicosa*. **Trans. Brit. mycol. Soc.** 74(2): 399-406.
- WILCOX, W. W., 1964a. Preparation of decayed wood for microscopical examination. **USDA, For. Ser., Forest Products Laboratory Research Note.** No. FPL-056: 22 p.
- WILCOX, W. W., 1964b. Some methods used in studying microbiological deterioration of wood. **U. S. S. A. For. Ser. Forest Products Laboratory Research Note.** No FPL-056: 22 p.
- WILCOX, W. W., 1965. Fundamental characteristics of wood decay. **For. Prod. Jour.** 15(7): 255-259.
- WILCOX, W. W., 1968. Changes in wood microstructure through progressive stages of decay. **USDA, For. Ser., Forest Products Laboratory Research Paper.** No. 70: 45 p.
- WILCOX, W. W., 1970. Anatomical changes in wood cell walls by fungi and bacteria. **Bot. Rev.** 36: 1-26.
- WILCOX, W. W., 1973. Degradation in relation to wood structure. *In*: NICHOLAS, D. D. (Ed.). **Wood deterioration and its prevention by preservative treatments. Vol. I. Degradation and protection of wood.** Syracuse Univ. Press. Siracusa, 380 p.
- ZIMMERMANN, M. H y C. L. BROWN, 1977. **Trees structure and function**. Springer-Verlag. Nueva York, 336 p.

APENDICE I.

GLOSARIO DE TERMINOS EMPLEADOS

adelgazamiento celular.- Disminución del grosor de la pared por eliminación progresiva desde el lumen hacia la lámina media.

aeróbico.- Organismo que requiere oxígeno libre para su respiración.

agrandamiento de punteaduras.- Penetración de la membrana de la punteadura por las hifas causando erosión enzimática de los bordes de la areola y de la pared más allá del borde de la punteadura.

albura.- Porción de madera activa en el transporte de agua y minerales, que comprende las capas de crecimiento exteriores y más jóvenes del tronco, con una pequeña proporción de células parenquimáticas vivas.

anatomía de la madera.- El estudio de la estructura del xilema.

anillo de crecimiento.- Banda doble compuesta de madera temprana y madera tardía, formada por el crecimiento de un año, fenómeno muy marcado en árboles de clima templado.

antagonismo.- Fenómeno biológico que ocurre entre organismos coexistentes cuando uno afecta perjudicialmente el desarrollo del otro.

autólisis.- Cambios degenerativos en las estructuras celulares debidos a sus propias enzimas.

basidiosporas.- Las esporas sexuales de los Basidiomycetes.

biodegradación.- Proceso de descomposición de los materiales de origen orgánico, por actividad de seres vivos en condiciones naturales.

biodeterioro.- Daños causados por agentes bióticos en materiales de origen orgánico con valor económico o cultural.

biosfera.- Zona del planeta donde se desarrollan los seres vivos.

birrefringencia.- Propiedad de algunas estructuras cristalinas al presentar dos índices de refracción, ésta puede ser detectada con luz polarizada.

cambium vascular.- Tejido meristemático secundario, productor del crecimiento en grosor de las plantas leñosas, ubicado entre el xilema y el floema, compuesto de células con un gran contenido de ácido ribonucleico y gran capacidad para realizar el proceso de mitosis.

cambios dimensionales.- Son expansiones y contracciones que ocurren en la madera, proporcionales con cierto rango de contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra.

canales de erosión.- Marcas o huellas hiales de erosión enzimática local en la superficie interna de las paredes celulares.

capa verrucosa.- Porción más interna de la pared secundaria que limita con el lumen, la cual está compuesta por restos de la membrana celular y residuos citoplásmicos.

celobiosa.- β 1-4 D glucopiranososa, dímero con dos unidades de glucosa unidas por enlaces beta entre sus carbonos 1 y 4. Es la unidad estructural de la celulosa.

célula unidad.- Grupo de cuatro moléculas de celobiosa, la mínima porción de celulosa con estructura cristalina.

células cuadradas.- Células parenquimáticas radiales de forma cuadrada, que pueden constituir la totalidad de un radio uniseriado o los márgenes de un radio multiseriado.

células del extremo.- Las células de los bordes superior e inferior de los radios, pueden ser procumbentes, erectas o cuadradas.

células envolventes.- Serie de células cuadradas en los márgenes verticales de algunos radios multiseriados, envolviendo a las células procumbentes.

células erectas.- Células parenquimáticas radiales altas y angostas de los extremos de los radios.

células iniciales.- Capa periférica de células meristemáticas, de una sola célula de grosor, en el centro de la zona cambial, que pueden ser de dos tipos, las iniciales fusiformes y las iniciales de radio.

células iniciales fusiformes.- Dan origen a las células axiales del xilema: traqueidas, fibras, miembros de vasos, parénquima axial; y a las respectivas células axiales del floema.

células iniciales radiales.- Generan los elementos transversales o radiales del xilema y del floema.

células madres del floema.- Células derivadas de las iniciales del cambium hacia la corteza.

células madres del xilema.- Células derivadas de las células iniciales hacia el interior del tronco.

células procumbentes.- Células parenquimáticas radiales de poca altura, tienen forma de ladrillo en posición horizontal.

celulosa.- Polímero macromolecular formado por cadenas lineales de β 1-4 D glucopiranososa.

ciclo biogeoquímico.- Flujo y transformación constante de elementos o compuestos en la biosfera, con la intervención de factores bióticos y abióticos.

coalescencia.- Fusión de unidades separadas en una sola por un proceso de expansión.

color.- Propiedad organoléptica de la madera que se debe principalmente a la lignina y los extractivos.

complejo lignocelulósico.- La combinación macromolecular y ultraestructural de la lignina con la holocelulosa.

conidioporas.- Espora asexual, no móvil, formada externamente por una estructura llamada conidióforo.

contenido de humedad.- Condición física que se refiere al peso del agua contenida en la madera con respecto al peso anhidro de ésta, se expresa en forma de porcentaje.

corteza.- Tejidos que se localizan fuera del cilindro xilemático en los árboles, generalmente consta de dos partes, una interna, viva, que incluye al floema; y una externa, muerta, que incluye al ritidoma, es decir, el subér, también llamado corcho o felema (producido por el meristemo secundario llamado felógeno), y otros tejidos aislados al exterior.

crecimiento apical.- Crecimiento en altura de los árboles.

crecimiento radial.- Crecimiento en grosor de los árboles, relacionado con la producción de la madera.

deflexión.- En la madera, es la reacción de deformación resultante de la aplicación de esfuerzos.

delaminación.- Separación de las capas, o lamelas de la pared celular.

densidad.- Es la masa contenida en una unidad de volumen, se expresa en el sistema métrico como kg/m^3 , la madera tiene un valor relativamente constante de 24.03 kg/m^3 .

desfibrado.- Separación de las fibras por efecto enzimático que degrade la lámina media, o destrucción avanzada de sus paredes celulares.

deslignificación.- Disminución de la densidad de la pared por pérdida de lignina.

detritus.- Residuos orgánicos provenientes de la descomposición de seres vivos.

dimidiado.- En los basidiomicetes, se aplica a un píleo con un contorno semicircular como una media luna.

división anticlinal.- En la actividad cambial, es toda mitosis que forma un huso cromático orientado tangencialmente y forma una pared celular con orientación radial, perpendicular a la superficie del tallo o rama, creando tejido que "rellena" el volumen intersticial conforme se incrementa el grosor.

división periclinal.- En la actividad cambial, es toda mitosis cuyo huso cromático está orientado radialmente y forma una pared orientada tangencialmente, originando células hijas alineadas en dirección radial, aumentando el diámetro del tronco.

duramen.- Madera que ocupa el centro del tronco, con todas las células muertas, inactiva en el transporte de nutrientes, con extractivos impregnando las paredes celulares, o en el lumen, generalmente de color más oscuro,

dureza.- Es la resistencia a la indentación y a la abrasión, propiedad directamente relacionada con la densidad del material.

efuso-reflejada.- Se refiere al píceo que se presenta extendido sobre la superficie inferior del sustrato, por ejemplo un tronco, con excepción del margen que se dobla a una posición erecta alejada del sustrato.

elementos o miembros vasculares.- Células del xilema que conforman los vasos, son cortas, anchas, de lumen amplio y pared más o menos delgada, con muchas punteaduras en sus paredes laterales y platinas de perforación en sus paredes transversales.

embólsis.- Interrupción del flujo de líquidos en la zona más interna de la albura, dejando en su lugar burbujas de aire en los lúmenes de vasos o de traqueidas, provocando con ello embolia en los elementos conductores que da lugar a la formación del duramen.

enmohecimiento.- Deterioro principalmente estético de la madera causado por micromicetes coloreados y muy esporógenos.

enzima.- Proteína que interviene en la transformación química de sustancias o participa en el control de ese proceso.

erosión enzimática.- Pérdida de material en las estructuras derivadas de las paredes celulares, ocasionada por la acción enzimática de los hongos.

esfuerzo.- Magnitud de fuerza (en kg) que se expresa sobre unidades de área o volumen. Para evaluar la resistencia mecánica de la madera, se usan tres tipos básicos de esfuerzo: el de compresión, el tensil y el deslizante-cortante.

especie cosmopolita.- Especie con distribución geográfica de muy amplia a mundial.

estípite.- Columna que sostiene el píleo de un basidiocarpo.

estroma.- Aquí se aplica para el cuerpo fructífero de los ascomicetes xilariáceos.

evapotranspiración.- Pérdida de humedad a través del follaje que por diferencial de presión hidráulica genera un movimiento continuo del agua desde la raíz, a través del tallo y hasta los sitios en que se efectúa el intercambio gaseoso.

extractivos.- Son metabolitos secundarios presentes en la madera, extraíbles por métodos sencillos, con agua y algunos solventes orgánicos, o por destilación, químicamente son muy diversos.

fase activa de la pudrición.- Proceso posterior a la fase pasiva caracterizada por la producción de perforaciones para el paso de hifas y degradación que conduce al establecimiento de la pudrición.

fase clímax de la pudrición.- Es el establecimiento de los macromicetes xilófagos en la sucesión, la cual se mantiene durante la formación y longevidad de la fructificación de estos hongos y mientras el sustrato conserve su integridad estructural, pudiéndose reconocer como madera.

fase pasiva de la pudrición.- Proceso de colonización de la madera que se caracteriza por el paso, o penetración pasiva, de las hifas de célula a célula a través de las punteaduras.

fases postclímax de la pudrición.- Períodos de declinación de los macromicetes xilófagos típicos de la sucesión, en los que pueden aparecer otros basidiomicetes y finalmente volver a dominar los micromicetes y bacterias hasta la eventual incorporación de los productos de la degradación al mantillo.

fibras leñosas.- Son células largas y angostas con extremos cerrados, muy aguzados y algunas veces ornamentados con denticiones. Sus paredes varían de gruesas con lúmenes angostos, a delgadas con lúmenes amplios. Presentan punteaduras simples, o areoladas. Aparte de las fibras simples, hay varios tipos, como fibras septadas, fibrotraqueidas y fibras libriformes.

fibras elementales.- Cadenas largas de células unidad de celulosa que adoptan un arreglo paralelo.

fibras leñosas libriformes.- Son las fibras más alargadas, con pared gruesa y punteaduras simples.

fibras leñosas septadas.- Fibras con paredes transversales delgadas que atraviesan el lumen.

fibrotraqueidas.- Fibras largas de pared gruesa, lumen reducido, extremos puntiagudos, y pares de punteaduras areoladas.

fíbulada.- Hifa que presenta fíbulas, también llamadas conexiones en grapa, estructuras exclusivas de las hifas de algunos basidiomicetes.

fiabeliforme.- En forma de abanico.

fotomicrografía.- Técnica que combina la fotografía con la microscopía. Impresión de una imagen obtenida con esta técnica.

fructificación.- Aquí se aplica a la estructura macroscópica que produce las esporas sexuales.

fuera.- Toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.

gomas.- Genéricamente, para los anatomistas de la madera, son los extractivos de la madera de especies angiospermas. Según una clasificación química, son productos vegetales de secreción, de consistencia viscosa y solubles en agua.

grano o hilo.- Propiedad organoléptica de la madera que se aplica para la dirección y la regularidad del arreglo de las células axiales con respecto al eje longitudinal del árbol.

gravedad específica.- Es el peso específico de la madera en g/cm^3 dividido por el peso específico del agua (1 g/cm^3), por lo que no tiene unidades.

gregarias.- Que viven acumuladas, próximas a otras, poco esparcidas en un área pequeña.

grietas.- Fracturas en la pared celular, debidas a esfuerzos hídricos internos, causados a su vez, a pérdidas de material por efecto enzimático a distancia.

hemicelulosas.- Son polímeros de diversos azúcares hexosas o pentosas solos o combinados con ácidos urónicos intercalados.

hifa.- Serie de células fúngicas en forma de filamento tubular.

higroscopicidad.- Capacidad de retener o perder humedad en la madera, conforme aumenta o disminuye la humedad relativa del medio.

holocelulosa.- La fracción total de polisacáridos que constituyen la pared celular, es decir, la celulosa y las hemicelulosas asociadas.

hongos carroñeros.- Organismos consumidores de nitrógeno orgánico de la biomasa de los anteriores colonizadores del sustrato.

hongos cromógenos.- Micromicetes causantes del manchado de la madera, colonizan toda la zona de albura siguiendo una distribución radial en busca de carbohidratos y otras sustancias de reserva, sólo en casos extremos afectan algunas propiedades de la madera.

hongos lignícolas.- Son los hongos que habitan en la madera.

hongos mesófilos.- Los que crecen mejor a temperaturas moderadas de $25\text{-}35^\circ\text{C}$.

hongos termófilos.- Los que se desarrollan a temperaturas altas de $50\text{-}60^\circ\text{C}$.

hongos xilófagos.- Hongos causantes de las pudriciones de la madera por producir daños enzimáticos de tipo químico asimilatorio, los cuales alteran drásticamente las propiedades químicas, físicas y mecánicas de la madera.

infundibuliforme.- En forma de embudo.

intemperismo.- Acción de los agentes meteorológicos que causa un desgaste en los materiales.

lamelas.- Películas muy finas superpuestas, que integran a las capas S1, S2 y S3 de la pared celular, se distinguen por el diferente ángulo de inclinación de las microfibrillas de celulosa con respecto al eje axial de la célula.

lámina media.- En el tejido leñoso, corresponde a la sustancia intercelular. Compuesta de lignina y pectina, su función es la de unir a las células contiguas.

lámina media compuesta.- Comprende a la lámina media y la pared primaria, vistas al microscopio óptico.

lignina.- Polímero amorfo compuesto por unidades de alcohol coniferílico, paracumarílico y sinapílico. Es la sustancia incrustante que se deposita en las paredes conforme avanza el proceso de maduración celular.

línea de tierra.- En madera enterrada parcialmente, es la zona cercana a la superficie del suelo.

lúmen.- Espacio vacío al interior de la pared celular, que antes de la maduración estaba ocupado por el citoplasma.

madera tardía.- Segunda banda del anillo de crecimiento, que se debe a las células producidas lentamente por el cambium en el verano. Las células tienen lumen angosto y paredes gruesas.

madera temprana.- Primera banda del anillo de crecimiento, formada por actividad más intensa del cambium durante la primavera. Consta de células axiales que tienden a ser largas con grandes lúmenes y paredes angostas.

manchados.- Deterioros causados por micromicetes cromógenos en la albura, que afectan significativamente la estética de la madera, sólo en casos extremos afectan las propiedades físico-mecánicas.

matriz plástica.- Capa transitoria donde ocurre la biosíntesis de la pared celular, compuesta de hemicelulosas y material péctico en estado amorfo.

meristemo apical.- Tejido embrionario primario, generador del crecimiento en altura o apical.

micelio.- Conjunto macroscópico de hifas, que forman el cuerpo vegetativo o talo del hongo.

microfibrillas.- Estructuras hifales con aspecto de telaraña, que se observan con el microscopio electrónico de barrido, entre las hifas y partes de la pared celular erosionadas enzimáticamente.

microfibrillas.- Estructuras submicroscópicas de celulosa en estado cristalino, cuyo arreglo y orientación diferencia múltiples capas en la pared celular. Son componentes de soporte de la pared celular, constituidas por las fibrillas elementales.

micromicetes.- Hongos de tamaño muy pequeño, con estructuras esporíferas microscópicas o casi microscópicas.

micromorfología de la pudrición.- El estudio del efecto que causan las hifas de los hongos lignícolas en las células de la madera.

mohos.- Micromicetes que se alimentan de cualquier depósito o residuo de materia orgánica de fácil descomposición, teniendo un desarrollo superficial de sus hifas coloreadas en la madera con abundante esporulación, causando el deterioro conocido como enmohecimiento.

nicho.- Espacio vital donde se desarrolla un organismo que realiza una actividad específica en el ecosistema.

olor.- Propiedad organoléptica de la madera cuyo tipo e intensidad se debe principalmente al contenido de compuestos aromáticos en las cavidades celulares.

orbicular.- Fructificación con píleo de contorno circular o redondeado.

pared celular.- Organelo exterior a la membrana plasmática, típico de los vegetales y particularmente desarrollado en las células leñosas, en las que consta de dos partes, primaria y secundaria.

paredes del extremo.- Son las paredes superior e inferior de un miembro de vaso, equivalentes a la tapa y fondo de un barril.

pared primaria.- Porción más externa de la pared celular, con microfibrillas de celulosa dispersas, sumergidas en una matriz amorfa de hemicelulosa, materiales pécticos y lignina, y con algo más del 70% de agua.

pared secundaria.- Parte principal de la pared celular, compuesta de tres capas básicas (denominadas S1, S2 y S3), diferenciables por el orden y orientación de las microfibrillas de celulosa embebidas en la matriz de hemicelulosas, y lignina.

parénquima.- Tejido de almacenamiento y secreción, compuesto de células típicamente prismáticas, con punteaduras simples. Recibe nombres diferentes de acuerdo a su distribución en la madera.

parénquima axial.- Está constituido por hileras verticales de células. De acuerdo a su localización, las hileras pueden estar difusas entre las fibras, o agregadas en el tipo zonado, formando franjas tangenciales y hasta bandas continuas, a veces marcando los límites de los anillos de crecimiento.

parénquima apotraqueal.- Parénquima axial distribuido independientemente de los vasos.

parénquima paratraqueal.- Parénquima axial ubicado adyacente a los vasos.

perforación.- Orificio causado por efecto enzimático local durante la penetración transversal de una rama o hifa a través de las paredes y lámina media de células contiguas.

perforaciones coalescentes.- Perforaciones que al aumentar en número y tamaño, llegan a unirse.

permeabilidad.- Propiedad física relacionada con la magnitud del flujo de gases o líquidos a través de las células de la madera.

peso específico.- El peso específico, más comúnmente llamado gravedad específica (por los tecnólogos de la madera), en valores es exactamente lo mismo que la densidad, se expresa en g/cm^3 .

píleo.- Estructura en forma de sombrero, repisa o costra, de la fructificación de los hongos superiores, en la que se ubica la zona productora de las esporas sexuales.

placas pseudoesclerociales.- Abreviado PSP, son las líneas zonales que se presentan en la pudrición blanca en madera de angiospermas. En realidad se trata de capas o envolturas alrededor de zonas de pudrición, constituídas por células redondeadas con paredes gruesas de tipo esclerocial.

plasmalema.- Es la membrana celular.

platina de perforación.- Estructura de las paredes de extremo de dos elementos de vaso articulados, con perforaciones grandes o pequeñas, redondas, ovoides o en forma de aberturas elongadas. Según la forma y arreglo de estas perforaciones, las platinas reciben el nombre de simples, alternas, opuestas, efedroides, reticuladas y escalariformes.

procambium.- Tejido embrionario derivado del meristemo apical que va dejando en su desarrollo células dispersas que organizan el cambium.

propiedades acústicas.- Propiedades físicas de la madera sólida en relación con la absorción y la conducción del sonido.

propiedades físicas.- Características objetivas mensurables de la madera que explican propiedades importantes del material.

propiedades organolépticas.- Son aquellas características de la madera que son perceptibles por los órganos de los sentidos humanos, y por ello, tienen un ingrediente subjetivo, estético o de calidad.

propiedades mecánicas.- Atributos de la madera que son el resultado de su comportamiento bajo ciertos esfuerzos aplicados.

propiedades térmicas.- Comportamiento físico del material ante la difusión del calor.

pudrición blanca.- Degradación causada por macromicetes capaces de metabolizar tanto a la holo celulosa como a la lignina de las paredes celulares, tornando la madera blanquecina y de consistencia esponjosa o fibrosa y deleznable; si se trata de madera de angiospermas, aparecen las llamadas líneas zonales como trazos oscuros, finos e irregulares. Las características mecánicas de la madera son fuertemente afectadas. Se reconocen dos variantes, la fibrosa o común y la alveolada o en bolsas.

pudrición de la madera.- Conjunto de efectos producidos en la madera por la acción de hongos superiores que metabolizan los polímeros estructurales de las paredes de las células leñosas.

podrición morena.- Degradación causada por macromicetes que sólo metabolizan celulosa y carbohidratos asociados a la estructura de la pared celular, dejando la lignina prácticamente intacta. La madera se vuelve café-rojiza con una consistencia fragmentada similar al carbón, como resultado de agrietamiento longitudinal y transversal al grano de la madera.

podrición suave.- Podrición ocasionada por algunos ascomicetes y hongos imperfectos en las partes superficiales de la madera con alto contenido de humedad y expuesta a temperaturas relativamente altas. Las hifas de los hongos causales invaden las partes poco lignificadas de la pared celular, desarrollándose helicoidalmente en la capa S2 y formando típicas cavidades en forma de diamante (rómicas) o cilíndricas al ir metabolizando la holocelulosa de las microfibrillas, ablandando la consistencia del material, y cuando se seca toma una apariencia agrietada muy parecida a la de la podrición morena.

punteaduras areoladas.- Punteaduras complejas en las que las paredes de las células contiguas forman un borde sobresaliente al lumen, alrededor de la abertura.

punteaduras simples.- Par de aberturas sin bordes, encontradas en las paredes de dos células contiguas, separadas por una membrana.

punto de saturación de la fibra.- Nivel del contenido de humedad en la madera en el cual las paredes celulares ya no pueden adsorber más vapor de agua. Arriba de este punto, el agua sólo se puede absorber en forma líquida por capilaridad, en lúmenes y espacios intercelulares.

químico asimilatorio.- Proceso enzimático que degrada los componentes del sustrato para su utilización en el metabolismo de un organismo.

radial.- Corte o plano de la madera comprendido en una dirección que va de la corteza o periferia hacia el centro del tronco.

radios.- Conjuntos de células parenquimáticas que se extienden radialmente, tanto en el xilema como en el floema. Pueden estar formados de células de uno o varios tipos y hay hasta subtipos.

radios heterocelulares.- Los constituidos por células de diferente tipo.

radios homocelulares.- Radios que presentan células de igual tipo.

radios multiseriados.- Radios constituidos por varias hileras verticales de células, que tienen una apariencia fusiforme en corte tangencial.

radios uniseriados.- Aquellos compuestos de una sola hilera vertical de células.

recurso maderable.- Aquel que produce madera procesable para uso humano.

resistencia al esfuerzo deslizante o cortante.- Propiedad de soportar esfuerzos que tienden a causar, en porciones de una pieza sólida de madera, movimientos o deslizamientos de las fibras en dos direcciones opuestas.

resistencia al impacto.- Cualidad que tiene la madera de resistir esfuerzos aplicados repentinamente.

resistencia a la compresión.- Resistencia que opone la madera ante un esfuerzo que tiende a acortar una dimensión, o reducir el volumen, de una pieza de madera.

resistencia a la flexión.- Capacidad de evitar la deformación ante esfuerzos combinados que tiendan a doblar una pieza de madera.

resistencia a la tensión.- Capacidad de resistir a un esfuerzo que tiende a incrementar una dimensión o el volumen de una pieza de madera.

resistencia a la torsión.- Propiedad de resistir a esfuerzos combinados que pretendan hacer girar a una pieza de madera sobre sí misma.

resistencia natural.- Cualidad de la madera para conservar su integridad estructural ante el efecto de los hongos que causan la pudrición y otros agentes biodegradadores o biodeterioradores.

resupinada.- fructificación sésil, generalmente adherida a la parte inferior del sustrato.

sabor.- Propiedad organoléptica de la madera cuyo tipo e intensidad se debe a la lignina y al contenido de compuestos aromáticos en las cavidades celulares.

saprobio.- Organismo que se alimenta de materia orgánica proveniente de tejidos vegetales o animales muertos.

selva alta perennifolia.- El tipo de vegetación más desarrollado y exuberante, con árboles mayores de 30 m de altura, troncos con 0.3 a 3.0 m de diámetro, frecuentemente con contrafuertes, fustes largos, y la copa desarrollada en la parte más alta. En zonas con precipitación anual superior a los 2,000 mm, y temperatura media anual de 22 a 26°C

selva tropical.- Bosque de angiospermas de llanura a baja montaña, ubicado geográficamente entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio. Se aplica en general a la vegetación arbórea de los climas cálidos húmedos.

sinergismo.- Coexistencia de dos organismos que de manera mancomunada o conjugada actúan sobre un sustrato u hospedante determinado.

sinonimia.- Uno de dos o más nombres latinos para el mismo taxón.

subestipitada.- Con el estípote incompletamente desarrollado.

sustrato.- Material en el que se desarrolla un hongo, o algún otro organismo.

sucesión ecológica o microecológica.- Secuencia de organismos colonizadores de un sustrato o medio, que interaccionan biológicamente.

tangencial.- Corte o plano de la madera que sigue una dirección paralela a una línea imaginaria tangente a la periferia del tronco del árbol, y es perpendicular a los planos radial y transversal.

técnica histológica.- Procedimiento de corte, tinción y montaje de tejidos vegetales o animales para su observación al microscopio.

textura.- Propiedad organoléptica de la madera en cualidad de aspecto y tacto de las superficies de la madera pulida, lo que se debe al tamaño y distribución de ciertas células del tejido leñoso.

tíldes.- Vesículas formadas por membranas de punteaduras y paredes de las células del parénquima evaginadas hacia el lumen de los vasos, obstruyéndolo parcial o totalmente.

transversal.- Corte o plano de la madera visto o realizado perpendicularmente a la dirección axial del tronco.

traqueidas.- Son células xilemáticas con los extremos cerrados y agudos, de pared gruesa y lumen angosto, con punteaduras areoladas. Su función es mecánica y de conducción en las coníferas.

tratamiento preservador.- Consiste en la aplicación de productos fungicidas, insecticidas o de otro tipo, para prolongar artificialmente la vida de servicio de la madera en condiciones favorables al biodeterioro.

vaso.- Estructura articulada compuesta de una hilera vertical de elementos vasculares, semejante a una pila de monedas, conectados unos a otros por sus paredes de extremo, la inferior del de arriba con la superior del de abajo.

vector biológico.- Organismo transmisor de agentes patógenos.

veteado.- Propiedad organoléptica de la madera que se refiere a los diferentes patrones de aspecto, tonalidad o figura que se aprecian en las superficies longitudinales de la madera, debidos a los anillos de crecimiento, el parénquima axial, los radios, la textura y el grano.

xilema.- Tejido complejo de soporte y conducción en las plantas leñosas. También llamado leño o madera.

zona cambial.- Banda compuesta por varias capas de células en diferentes estadios de mitosis y maduración.