



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

CAMPUS IZTACALA

CAPACIDAD DEGRADADORA DE HONGOS
XILOFAGOS EN MADERAS PROCEDENTES DE
BOSQUE TEMPLADO, TROPICAL, MESOFILO
Y CADUCIFOLIO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA
PRESENTA:

MARCIAL GARCIA PINEDA

DIRECTOR DE TESIS:

Biólogo: Jacobo D. Martínez Marcial



Los Reyes Iztacala

1994



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

CAMPUS IZTACALA

TESIS PARA LA RECEPCION DE BIOLOGO

CAPACIDAD DEGRADADORA DE HONGOS XILOFAGOS EN MADERAS PROCEDENTES
DE BOSQUE TEMPLADO, TROPICAL, MESOFILO Y CADUCIFOLIO

PRESENTA:

MARCIAL GARCIA PINEDA

Nº DE CUENTA:

8153246 - 1

GENERACION:

81 - 84

DOMICILIO PARTICULAR:

CALLE VICENTE GUERRERO S/N, COYOTEPEC, EDO. DE MEXICO

DIRECTOR DE TESIS:

JACOBO DEMETRIO MARTINEZ MARCIAL

LOS REYES IZTACALA A 26 DE NOVIEMBRE DE 1993.

A MIS PADRES

FELIX GARCIA Y ESPERANZA PINEDA

QUE CON SU SACRIFICIO Y ESFUERZO HAN SIDO UN EJEMPLO
A SEGUIR EN MI CAMINO. CON TODO MI AMOR Y GRATITUD POR
DARME EDUCACIÓN COMO HERENCIA.

A MARIBEL

CON ESPECIAL CARÍÑO .

GRACIAS SEÑOR.

A MIS HERMANOS:

Erasmus, Tomás, Reynaldo, Isabel y Petra, así como a mis
cuñados, Inés, Josefina, Elva, Manuel y Calixto. Por su cariño y --
respeto.

A MIS SOBRINOS

Esperando que logren sus metas.

A MIS AMIGOS:

Fernando, Froylán, César, Carmen, Adriana, Judith, Josef
fina, Georgina, Hilda, Miguel y Ernesto. Con quienes aprendí y como
partí momentos inolvidables durante mi formación profesional.

A Maribel, Karla, Sandra, Norma, por su amistad.

AL CAMPUS IZTACALA

AGRADECIMIENTOS

En la realización de esta tesis intervinieron de manera directa e indirecta numerosas personas, áreas y departamentos de la Universidad Nacional Autónoma de México Campus Iztacala, el reconocimiento y agradecimiento de su ayuda constituye una grata obligación, aún ante la imposibilidad de mencionarlas todas en este lugar.

Deseo expresar mi sincero agradecimiento, al Biólogo Jacobo D. Martínez Marcial, quien dedicó mucho de su valioso tiempo, no sólo a una cuidadosa lectura del manuscrito, sino a formular un gran número de importantes observaciones, sugerencias y apreciaciones, contribuyendo de manera significativa, a depurar y enriquecer la realización y dirección de esta tesis.

Reconozco así mismo, en forma particular a la Señorita Angelica Pineda Abad, el estímulo persistente que ha influido de manera decisiva en que la tesis llegara a concluirse, y quien, además me auxilió en forma substancial en la elaboración del primer manuscrito. Por su amistad que siempre me ha brindado.

A los miembros del jurado dictaminador:

Biól. Ma. Guadalupe Oliva Martínez

Biól. Jacobo D. Martínez Marcial

Biól. Irene Frutis Molina

Biól. Ma. Elena Huidobro Salas

Biól. Gloria Garduño Solórzano

Quienes tuvieron la amabilidad de dar una lectura crítica, revisándola y aportando ideas para la misma.

Agradezco al M. en C. Luis Pinzón Picaseño responsable del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales del Instituto de Biología (Universidad Nacional Autónoma de México), por su valioso apoyo en los comentarios y sugerencias para la realización de esta tesis.

Agradezco muy especialmente al Biól. Antonio Meyrán Camacho por su apoyo y ayuda incondicional para la realización de esta tesis.

Al Biól. Héctor Barrera E., Dr. Fermín Rivera A., M. en C. Ignacio Peñalosa C., Biól Roberto Rico M., Biól Gabriel Martínez C., Biól. Dolores Corona, Dr. Víctor Rivera, por sus comentarios y aportaciones que en mucho ayudaron para la realización de esta tesis.

Al M. en C. Daniel Iniestra, responsable del área de Edafología, por su contribución al análisis del suelo.

Al M. en C. Daniel Tejero, por la identificación de dos especies maderables empleadas en esta tesis.

A la Biól. Irene Frutis M., encargada de la Sección de Micología, quien corroboró la identificación de las dos especies fúngicas empleadas en este trabajo.

Al M. en C. Carlos Rojas, responsable del Herbario, por facilitarme material bibliográfico y de herbario.

Al Biól. José Martínez, responsable del Taller de Equipo para Laboratorio de Enseñanza, por las facilidades proporcionadas en el uso de sus instalaciones.

A la Señorita Sandra Eunice Ruíz Ruvalcaba, por su amistad y ayuda en la elaboración de gráficas de esta tesis.

A la Sra. Celina Matus, que paciente y amablemente realizó el trabajo de mecanografía.

Ante la imposibilidad de dar las gracias personalmente a todos mis amigos y compañeros, por este conducto quiero expresarles mi más profundo agradecimiento por todas las manifestaciones de afecto y apoyo que tuvieron conmigo.

INDICE

	PÁGS.
Agradecimientos	
Contenido	
1. Resumen	1
2. Introducción.	3
2.1 Conceptos básicos	3
2.1.1 Hongos Lignícolas	3
2.1.1.1 Mohos	5
2.1.1.2 Hongos cromógenos o causantes de manchados.	5
2.1.1.3 Hongos Xilófagos.	6
2.1.1.3.1 Tipos de pudrición.	8
2.1.1.3.2 Degradación de los principales compuestos <u>quí</u> micos	9
2.1.1.3.2.1 Degradación de la celulosa.	10
2.1.1.3.2.2 Degradación de Hemicelulosas.	11
2.1.1.3.2.3 Degradación de la Lignina	12
2.1.1.3.3 Factores físico-químicos que favorecen el <u>ata</u> que de los hongos xilófagos	12
2.1.1.3.4 Importancia y trascendencia de los hongos xi- lófagos	13
2.2 Objetivos	16
2.3 Antecedentes.	17
2.3.1 Estudios Pioneros	17

	PÁGS.
2.3.2 Estudios en México.	18
3. Materiales y Métodos.	25
3.1 Localización y descripción de las zonas de recolec-- ción para la obtención de material biológico.	25
3.1.1 Hongos	25
3.1.2 Maderas	27
3.2 Pruebas de laboratorio.	31
3.2.1 Determinación del tipo de pudrición	32
3.2.1.1 Método de Badcock	32
3.2.1.2 Método de Cultivo en Malta Agar con Aserrín-Gua- yacol	41
3.2.2 Determinación de la capacidad de producir pudri- ción.	46
3.2.2.1 Método de Suelo Bloque.	46
4. Resultados.	55
4.1 Determinación del tipo de pudrición (Método de -- Badcock).	55
4.2 Determinación del tipo de pudrición (Método del - cultivo en Malta Agar con Aserrín-Guayacol)	56
4.3 Evaluación de la capacidad de producir pudrición y la agresividad.	57
5. Análisis y Discusión	70
5.1 Tipo de pudrición	70

	PÁGS.
5.2 Evaluación de la capacidad de producir pudrición, la agresividad y valores de contenido de humedad. . .	72
6. Conclusiones.	78
7. Literatura citada	80

1. RESUMEN

El presente trabajo se avoca a determinar el tipo de pudrición y la capacidad de producir pudrición (agresividad) de dos especies de hongos; *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr.) Murr. y *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilát, en seis especies de madera, procedentes de diferentes tipos de vegetación.

Se emplean dos pruebas para determinar tipo de pudrición; la técnica de Aserrín de Badcock y la prueba en malta agar con Aserrín-Guayacol. Y para determinar la agresividad el método de suelo bloque.

Los resultados muestran que tanto *P. sanguineus* como *T. versicolor* son causantes de pudrición blanca. En relación al potencial deteriorador de ambos hongos, se observó que *T. versicolor* se mostró altamente agresivo hacia la madera de *Ceiba pentandra*, *Cedrela odorata* y *Guazuma ulmifolia*. Mientras que *P. sanguineus* se mostró altamente agresivo en la madera de *Ceiba pentandra*.

De los dos hongos ensayados *T. versicolor* mostró mayor capacidad degradadora, por lo mismo es una especie recomendable para los estudios de resistencia natural de la madera.

No obstante que la degradación es mayor cuando existe

2.

mayor contenido de humedad en la madera expuesta al ataque de los hongos, (lo anterior, sólo es válido dentro de ciertos márgenes de humedad) esta generalidad no siempre se cumple, puesto que a veces el mayor contenido de humedad de la madera no se presenta con el hongo que causa mayor degradación, como se muestra en cinco de las seis especies de madera degradadas por *P. sanguineus*.

2. INTRODUCCION

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

En la degradación biológica de la madera, los hongos xilófagos tienen una participación directa en el reciclaje de la materia orgánica dentro de los bosques, por lo que su influencia ha sido insustituible para mantener el equilibrio ecológico en la naturaleza, ya que el material leñoso formado mediante la fotosíntesis nuevamente es disgregado e incorporado a la capa fértil del suelo (BAKSHI, 1971; HUDSON, 1980; SANCHEZ-RAMIREZ, 1980). HUNT y GARRAT (1962) consideran a los hongos xilófagos como un subgrupo específico de los hongos lignícolas, estos últimos por definición son aquellos hongos que viven en la madera.

2.1.1 HONGOS LIGNÍCOLAS

Lignícola; *lignicole*, *lignicolous* (del lat. *lignicola*, y éste de *lignum*, madera, leño, y *-cola*, de *colere*, habitar): que vive sobre la madera, pero no necesariamente alimentándose de ella, como sería un organismo xilófago (ULLOA, 1991).

Se denominan hongos lignícolas aquellos hongos que viven sobre o dentro de la madera (SNELL y DICK, 1971).

HUDSON, (1980) enuncia dos categorías ecológicas den-

tro de los hongos lignícolas. Los hongos que aprovechan los carbohidratos primarios (Sugar fungi), incluyen especies que utilizan algún compuesto simple de carbón, inicialmente disponible en el sustrato. Estos hongos colonizan rápidamente el sustrato rico en tales nutrimentos solubles y desaparecen tan pronto como desaparezcan las fracciones accesibles.

Los hongos que aprovechan los carbohidratos secundarios, son aquellos que comparten los productos hidrolíticos de la celulosa (ejemplo celobiosa) porque crecen en estrecha asociación con las hifas de hongos celulolíticos y absorben algo de los azúcares que se han producido por las celulasas extracelulares (HAWK SWORTH et al. 1983).

En ambas categorías los hongos lignícolas son saprofíticos, no lignívoros, aunque viven en la madera y en ella encuentran residuos de carbohidratos fácilmente disponibles, para su alimentación, no degradan la madera por carecer de los sistemas enzimáticos para degradar holocelulosa y lignina. Ejemplos de estos hongos son los mohos y la mayoría de los hongos cromógenos, que producen manchado superficial o profundo en la madera, por lo mismo, por no aprovechar la madera, no afectan la resistencia mecánica de la misma (SCHEFFER, 1973).

2.1.1.1 MOHOS

Dentro del grupo de los mohos se encuentran los Ascomycetes y Deuteromycetes que causan deterioros en forma de manchas, viven y crecen sobre la superficie de la madera especialmente en la albura. Estas manchas son debidas al micelio del hongo y principalmente a las masas de miles de esporas producidas por estos hongos, presentan diversas coloraciones, que pueden ser blancas, anaranjadas, verdes o negras. Prosperan en sitios poco iluminados con bastante humedad y temperaturas apropiadas (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970; SCHEFFER, 1973). Pueden alimentarse básicamente de almidones y azúcares sencillos de las reservas contenidas en las células de la madera (HUNT y GARRAT, 1962; HUDSON, 1980), pero no afectan la resistencia de la madera, sin embargo, reducen el valor comercial de la misma (SCHEFFER, 1973; DICKINSON Y LUCAS, 1979).

2.1.1.2 HONGOS CROMOGENOS O CAUSANTES DE MANCHADOS

Estos micromicetos causan los verdaderos manchados. Estos manchados pueden ser profundos dado que llegan a penetrar en el interior de la madera a nivel de la albura. Las hifas de estos hongos poseen una alta cantidad de pigmentos, los cuales pue

den ser depositados en las células de la madera.

Estos manchados producen un mal aspecto en la superficie de la madera, devaluando su valor comercial (HUNT y GARRAT, - 1962; SCHEFFER, 1973; DICKINSON y LUCAS, 1979). Las propiedades físico-mecánicas de la madera son poco afectadas, ya que carecen de enzimas degradativas, por lo tanto no degradan a la celulosa y lignina (PANSIN Y ZEEUW, 1970). Por lo anteriormente expuesto -- tanto los mohos como los hongos cromógenos aunque son lignícolas no se consideran xilófagos.

2.1.1.3 HONGOS XILÓFAGOS

SMITH y SMITH (1973) describen desde el punto de vista sistemático, algunos macromicetos lignícolas, cuyos cuerpos -- fructíferos se encuentran adheridos a la madera, **utilizándola como fuente de su alimentación**, descripción sucinta, pero que enmarca enfáticamente el papel trófico de los hongos xilófagos.

A las especies fúngicas que verdaderamente consumen madera con propiedad se les puede llamar hongos xilófagos. Xilófago, *ga xylophagous*; del gr. *xylón*, leño, madera, y *phágos*, de *phagomai*, comer (ULLOA, 1991). Los hongos xilófagos o causantes de pudrición, pueden ser saprobios o parásitos facultativos -- (necrótrofos), que viven en la madera y despolimerizan las macromoléculas estructurales de la pared celular de los elementos

celulares de la madera. Por medio de enzimas celulolíticas y lignolíticas provocan la desintegración del material leñoso, causando diferentes cambios o alteraciones en las propiedades físico-mecánicas de la madera (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1946; 1958; FINDLAY, - 1967; HUDSON, 1980). Por su amplia variabilidad los hongos xilófagos muestran una diversidad en los patrones de deterioro entre -- las diferentes especies y aún entre cepas de una misma especie, - en razón de la actividad enzimática que estos posean y a la conformación estructural del sustrato leñoso. De los primeros trabajos completos que registraron tanto las especies, como la presencia de enzimas degradadoras de la madera, está el de CARTWRIGHT y FINDLAY (1958), que reporta 57 especies. El de NOBLES (1965) -- quien evaluó la presencia de oxidasas extracelulares en 151 especies de hongos xilófagos. Recientemente los trabajos florísticos, incluyen información sobre el tipo de degradación que realizan -- los hongos, por ejemplo: GILBERTSON y RYVARDEN (1986, 1987), reportan que de las 1 600 a 1 700 especies de macromicetos xilófagos estudiados en Norte América el 93 - 94% causan pudrición -- blanca, mientras que el porcentaje restante causa pudrición morena. Los poliporáceos son una familia prominente dentro de los - - Aphyllophorales, según OVERHOLTS (1953) es la familia causante de la mayoría de los casos de la pudrición de la madera.

En la clasificación actual de los daños que causan estos hongos se consideran algunos cambios en la madera, por ejem--

plo, cambio de color, cambio en la densidad, ablandamiento y consistencia inducida en la madera, y la forma de penetrar a través de las paredes celulares.

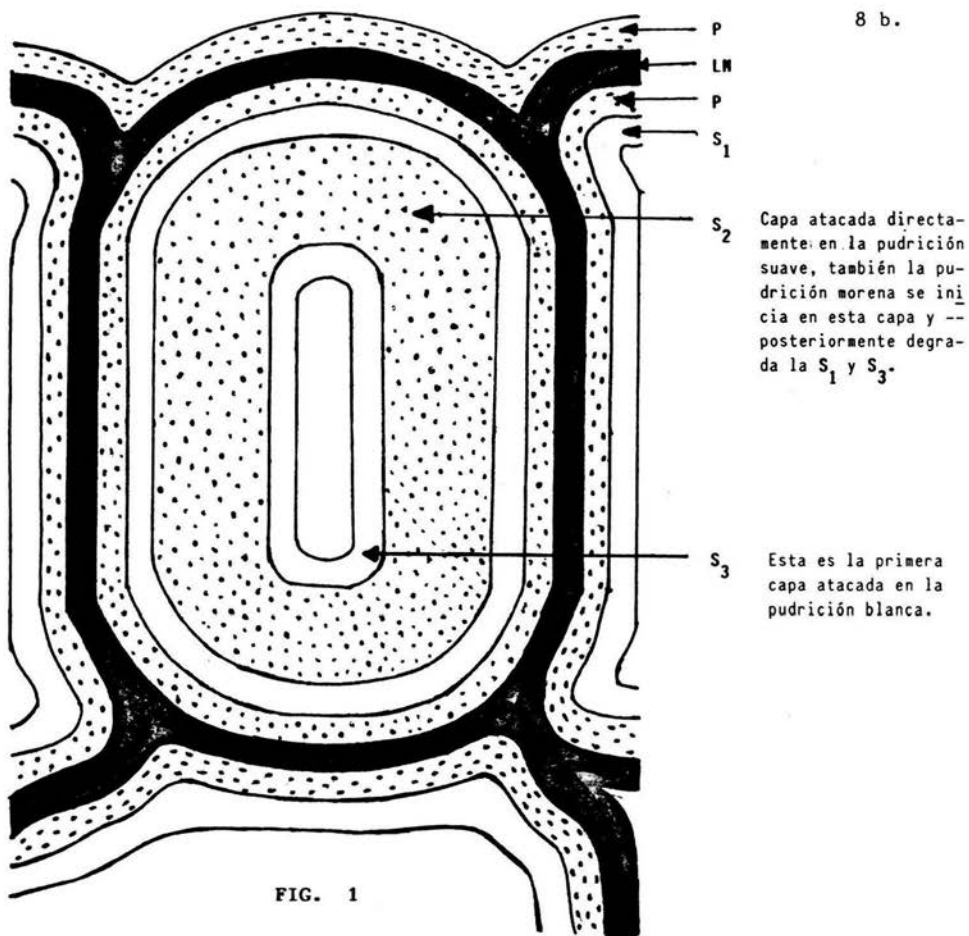
Con base en estas características, se reconocen tres tipos básicos de pudrición: blanca, morena y suave (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1946, 1958; HUNT y GARRAT, 1962; KOLLMAN y COTE, 1968).

2.1.1.3.1 TIPOS DE PUDRICIÓN

El resultado de la actividad enzimática de los hongos xilófagos sobre la madera, o la acción de las hifas al secretar enzimas que biodegradan los componentes principales de la madera (celulosa, lignina y hemicelulosas), alterando las propiedades de plasticidad, elasticidad, tensión y resistencia mecánica de la madera se denomina pudrición.

La pudrición blanca se caracteriza por la destrucción de todos los componentes de la madera, e implica degradación de celulosa, hemicelulosas, lignina y otros carbohidratos. En este tipo de ataques, las hifas penetran hacia los elementos de la madera a través de las punteaduras, causando adelgazamiento gradual de las redes celulares, siendo la capa S_3 la atacada primero, siguiendo después las otras capas. En forma lenta no uniforme el material leñoso es reducido a una masa esponjosa o fibrosa de apariencia -

ESQUEMA DE LAS CAPAS DE LA PARED CELULAR



TOMADO DE MILCOX, 1973.

Ultraestructura de la pared celular de un elemento leñoso; LM lámina media; P pared primaria; S pared secundaria, conformada por tres capas S₁, S₂ y S₃.

blanquecina (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970). Ver Fig. 1

La pudrición morena se caracteriza por la descomposición de la celulosa, hemicelulosas y pentosas asociadas, implica la remoción de la fracción de los carbohidratos en la capa S_2 , -- después en la S_1 y finalmente en la S_3 . Este tipo de pudrición afecta comúnmente la madera de gimnospermas: de una manera rápida y uniforme, y poco o nada a la lignina. En un estado avanzado de la pudrición, la madera adquiere un aspecto cúbico y fraccionado (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970).

La pudrición suave, es causada por hongos Ascomicetos y hongos imperfectos, los cuales descomponen la celulosa y hemicelulosas que se encuentran en el espesor de la capa S_2 de la pared celular y convierten a la madera en una masa amorfa y blanda. Este tipo de pudrición puede presentarse en gimnospermas y angiospermas, siendo estas últimas las más afectadas (FINDLAY, 1967).

2.1.1.3.2 DEGRADACIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPUESTOS QUÍMICOS

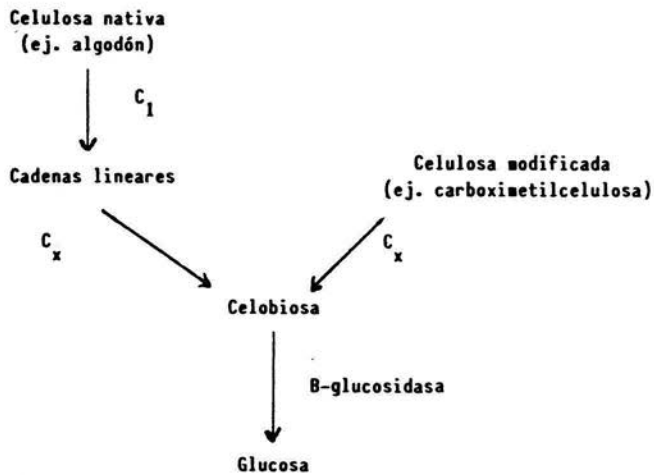
La madera químicamente esta formada por un conjunto de polímeros orgánicos tales como: celulosa, lignina y hemicelulosas, siendo la glucosa el monómero básico del primero y probable-

mente el azúcar que más favorece el crecimiento de los hongos, al parecer es un azúcar que se forma en grandes cantidades cuando la celulosa es degradada. Además los hongos xilófagos pueden utilizar a la maltosa, sacarosa, almidón, hexosas, pentosas así como derivados de azúcares como el ácido urónico y los alcoholes (HUDSON, 1980; DEACON, 1988).

No obstante que los mecanismos enzimáticos que presentan los hongos para degradar la madera en algunos casos son poco conocidos, se esboza lo que al presente se conoce de la biodegradación de la celulosa, las hemicelulosas y la lignina.

2.1.1.3.2.1 DEGRADACIÓN DE LA CELULOSA

En el mecanismo de la degradación de este polímero se encuentran involucradas dos enzimas diferentes, la enzima C_1 se encarga de iniciar el rompimiento de la celulosa produciendo cadenas lineares de este polímero, estas fracciones son degradadas por la enzima C_x que puede ser considerada como una B- gluconasa, la cual cataliza la ruptura hidrolítica de las cadenas lineares a celobiosa. Esta enzima también actúa sobre celulosa modificada (carboximetilcelulosa). La celobiosa es hidrolizada por la B- glucosidasa a glucosa (HUDSON, 1980), como se muestra en el siguiente esquema.



2.1.1.3.2 DEGRADACIÓN DE HEMICELULOSAS

Al igual como sucede con la lignina, el mecanismo preciso de la degradación de las hemicelulosas de la madera, aún no es bien conocido, dada su complicada formación estructural de heteropolímeros cortos formados de xilosa, manosa, galactosa, glucosa, arabinosa y algunos ácidos urónicos. En el mecanismo los hongos que causan pudrición blanca degradan los azúcares individuales de las hemicelulosas de la madera (KIRK, 1973).

2.1.1.3.2.3 DEGRADACIÓN DE LA LIGNINA

Los hongos xilófagos que causan pudrición blanca son considerados como los más eficientes degradadores de la lignina - (LEWIS y YAMAMOTO, 1990). Pero algunos pueden ser selectivos y remover la lignina y vivir en grandes concentraciones de celulosa - (BLANCHETTE, 1991). En el mecanismo de la degradación de la lignina están involucradas las oxigenasas y deshidrogenasas extracelulares encargadas de efectuar demetilaciones y subsecuentes oxidaciones de alcoholes y rompimiento de anillos bencénicos (KIRK, -- 1973; GOLOVLEVA *et al.*, 1989; LEWIS y YAMAMOTO, 1990). Sin embargo a pesar de la infinidad de estudios realizados acerca de la degradación de la lignina, aún existe una confusión acerca de la secuencia exacta del desdoblamiento de la lignina, dado que aún se desconoce la metodología precisa para aislar a la lignina sin alterar su estructura nativa. En algunos casos, los sustratos modelos (normalmente dímeros de fenilpropanoide) son también utilizados, particularmente en investigaciones con el fin de elucidar los mecanismos de biodegradación de la lignina (LEWIS y YAMAMOTO, 1990).

2.1.1.3.3 FACTORES FÍSICO-QUÍMICOS QUE FAVORECEN EL ATAQUE DE LOS HONGOS XILÓFAGOS

Los parámetros físico-químicos que permiten el desa--

rrollo de los hongos xilófagos muestran una variación amplia para cada una de las especies. CARTWRIGHT y FINDLAY (1946) y FINDLAY - (1967) mencionan algunas condiciones importantes tales como: las_ temperaturas óptimas consideradas varían de 24 a 32°C; un pH ópti_ mo de 4.5 - 5.5; aereación adecuada en las cavidades celulares de la madera, para que el intercambio de gases se efectúe, calculada entre el 80 y 50% de ese espacio libre total (porosidad); un con_ tenido de humedad de la madera entre 20 y 50% de su peso anhidro_ para que se efectúe el transporte de las exoenzimas fúngicas, HUD_ SON (1980) menciona que el bajo contenido de nitrógeno en la made_ ra 0.1 - 0.3% la convierten en un medio empobrecido para la mayor parte de los organismos degradadores de materiales orgánicos; sin embargo, estos porcentajes no son el limitante para los hongos xi_ lófagos.

2.1.1.3.4 IMPORTANCIA Y TRASCENDENCIA DE LOS HON-- GOS XILÓFAGOS

Los hongos xilófagos juegan un papel ecológicamente _ muy importante en los cambios lentos pero constantes que ocurren_ en la naturaleza. Contribuyen enormemente a la estabilidad química de la biósfera. De manera específica son los causantes de gran - parte de la degradación del material leñoso, debido a su capaci-- dad para utilizar la celulosa y la lignina. De esta manera, los -

componentes leñosos de árboles muertos o troncos tirados, de las plantas pasan a formar parte del suelo de una forma disponible para las plantas en crecimiento y se añade dióxido de carbono en grandes cantidades a la atmósfera para ser utilizado en la fotosíntesis (BAKSHI, 1971; HUDSON, 1980).

Desde el punto de vista económico. En los trópicos y zonas templadas donde la humedad atmosférica es alta en todas las estaciones, no es extraño ver cuerpos fructíferos de hongos creciendo sobre árboles forestales y de sombra, en ramas, tocones, o madera en obra. Anualmente se gastan fuertes sumas de dinero en sustancias químicas para proteger la madera de los ataques de éstos y de otros hongos (HUNT y GARRAT, 1962; ALEXOPOULOS y MIMS, 1979). En diversos países del mundo los materiales leñosos a pesar de ser tratados con preservadores antifúngales, son deteriorados en porcentajes alarmantes (HUNT y GARRAT, 1962; DICKINSON y LUCAS, 1979). Por ejemplo en Gran Bretaña, en donde una alta proporción de maderas para construcción usadas en situaciones vulnerables (por ejemplo en contacto con el suelo y el elevado porcentaje de humedad ambiental), reciben tratamientos con preservadores, los gastos anuales son considerables. Estimaciones hechas antes de 1939 indican que el costo de los daños causados por pudriciones secas en casas, ascendían a 1 000 000 de dólares anuales (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1946; FINDLAY, 1967). En los Estados Unidos de América, las estimaciones hechas indican que las pérdidas

anuales de productos maderables alcanzan aproximadamente 4 mil millones de pies cúbicos, cuyo valor monetario equivale a 400 millones de dólares anuales. La estimación de pérdidas por deterioración de maderas, incluye desde su extracción en los bosques, -- procesado, almacenamiento y uso de diversos productos derivados -- de ella representados cerca del 10% de los cortes anuales (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1946). En un inventario de la India, las especies; *Fomes caryophylli* (Racib) Bres., *F. fastuosus* (Lev.) Cooke e *Himenochaete rubiginosa* (Fr.) Lev. (Afiloforales: Himenoquetáceos) producen pérdidas considerables de madera en los bosques de *Shorea robusta* y aproximadamente el 10% de la madera de las cortas se pierde debido a la podredumbre del duramen (UNESCO / PNUMA /FAO, 1980).

En cuanto al aspecto biológico, los hongos xilófagos constituyen un grupo muy importante que incluye especies saprófitas o parásitas facultativas, aunque algunas especies pueden adaptarse a ambos hábitos. Varias especies son importantes por causar enfermedades a árboles forestales y árboles ornamentales, por ejemplo el hongo que ataca a la raíz del roble *Armillariella mellea*, que puede atacar a más de 600 especies diferentes de plantas. Los *Fomes* spp. son importantes en varias partes del mundo; originan graves daños en la raíz del caucho (*F. noxius* y *F. lignosus*) y de las coníferas (*F. annosus*) (National Academy of Sciences, 1992). -- Muchos otros como el conocido hongo *Phellinus pini*, causa un dete

rioro extensivo en coníferas vivas en todas partes del mundo (BLANCHETTE, 1991). Algunos otros, causantes de los más serios deterioros dada la selectividad que muestran en cuanto a la delignificación de la madera son *Ganoderma lucidum*, *Heterobasidion annosum*, *Inonotus dryadeus*, *Phellinus nigrolimitatus*, *Phellinus weirii* -- (BLANCHETTE, 1991), otros tienden a ser específicos, como: *Trichaptum biforme*, *Hirschioporus pargamerus* y *Xylobolus frustulatum*, remueven los residuos de celulosa después de apartarla, inician la delignificación quedando perforaciones que dan la apariencia de panal (BLANCHETTE, 1991). Con base en la enorme importancia -- que estos organismos representan en el mundo, tanto desde el punto de vista ecológico como económico, aunado ello a los pocos trabajos realizados en nuestro país, es conveniente profundizar sobre el comportamiento biológico de las especies fúngicas de amplia -- distribución frente al material leñoso de procedencia mexicana, -- por lo que el presente estudio se orienta en este sentido.

2.2 OBJETIVOS

El objetivo general del presente trabajo es ampliar -- la información sobre la actividad biodegradadora de dos cepas de -- hongos de reconocida capacidad xilófaga, hacia la madera de seis -- especies mexicanas.

1. Implementar y reproducir dos técnicas de laboratorio propues-

tas en la bibliografía, para determinar el tipo de pudrición en *Trametes versicolor* (L.Fr) Pilát, y *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murr., por su amplia distribución y reconocida capacidad enzimática.

2. Evaluar y comparar la agresividad de *T. versicolor* y *P. sanguineus* enfrentados hacia las maderas de *Ceiba pentandra*, *Cedrela odorata*, *Guazuma ulmifolia*, *Pinus hartwegii*, *Arbutus xalapensis* y *Quercus urbanii*.

2.3 ANTECEDENTES

2.3.1 ESTUDIOS PIONEROS

El deterioro de las maderas causado por hongos, durante muchos años ha provocado gran expectación. El primer reporte acerca del deterioro de la madera causado por hongos xilófagos se hizo en 1863 por Herman Schacht (citado por BLANCHETTE, 1991).

CARTWRIGHT y FINDLAY (1958) hacen referencia a algunos investigadores que contribuyeron al esclarecimiento de la degradación de la madera entre ellos citan a Robert Hartig considerado como pionero en patología forestal, estos autores citan que la degradación de la madera es causada por procesos biológicos, basándose en las aportaciones de su padre Theodore Hartig, quién clasificó diferentes tipos de degradación de la madera causada --

por hongos, mencionando los términos, pudrición blanca y pudrición roja (la pudrición roja es conocida actualmente como pudrición morena), además estableció que algunos hongos que causan pudrición blanca son capaces de extraer lignina de las paredes celulares de las maderas pero no celulosa. En relación a estas precisas observaciones, presentó dos vías de degradación que también podrían ser producidas por algunos hongos de pudrición blanca -- (HARTIG, 1878, 1894 citados por BLANCHETTE, 1991). Estas aportaciones han servido de base a numerosos trabajos realizados por investigadores europeos dedicados a este tema.

2.3.2 ESTUDIOS EN MÉXICO

De los trabajos realizados en México sobre la actividad degradadora de los hongos se tienen tres enfoques principales con base en la continuidad de los estudios reportados.

En primer término se citan los que evalúan la resistencia natural de la madera.

GARCIA CARMONA, (1948, citado en LOPEZ GUERRERO, 1979); GOMEZ NAVA *et al.* (1969); HERRERA RODRIGUEZ *et al.* (1976); DE LA PAZ PEREZ OLVERA Y SALINAS QUINARD (1977); PEREZ MORALES, PINZON PICASEÑO y ECHENIQUE MANRIQUE (1977); HERRERA RODRIGUEZ *et al.* -- (1980).

En segundo término se tienen los trabajos avocados a

evaluar preservadores químicos de la madera frente a los hongos - xilófagos. GUZMAN DEL PROO (1963); BURILLO *et al.* (1973, citado por LOPEZ GUERRERO, 1979); PINZON PICASEÑO y ECHENIQUE MANRIQUE (1974); y HERRERA RODRIGUEZ (1977).

Los siguientes trabajos son de los primeros que incluyen datos de agresividad y tipos de pudrición, asimismo, incluyen datos de toxicidad de preservadores de madera, LOPEZ GUERRERO (1979); VELIZ AVILA (1982); HERNANDEZ JIMENEZ (1984).

Finalmente se tienen los trabajos orientados a conocer las especies fúngicas xilófagas del país, que profundizan sobre el potencial enzimático (tipo de pudrición) y la capacidad de producir pudrición (agresividad) de los hongos.

Este tipo de estudios son básicos, porque permite seleccionar las especies más agresivas, las cuales sirven para hacer las evaluaciones experimentales de resistencia natural de la madera y porque la actividad biológica de los hongos es parte de la información valiosa que actualmente se incluye en los trabajos sistemáticos, amén de su aplicación en diferentes áreas de la biotecnología tales como elaboración de alimentos y forrajes, digestión enzimática, útil en el aclaramiento de la celulosa para papel, bioconversión de desechos y contaminantes lignocelulósicos, entre otros.

PINZON PICASEÑO, VELIZ AVILA y LOPEZ GUERRERO (1983), realizaron un estudio para la evaluación de la agresividad de dos

cepas de *Pycnoporus sanguineus* (L. ex Fr.) Murr. de diferente procedencia, hacia la madera de pino y liquidámbar, empleando dos métodos de laboratorio, malta agar bloque y suelo-bloque. En sus resultados muestran que la cepa FPRL 150 A, demostró ser altamente agresiva hacia la madera de liquidámbar con el método suelo-bloque y moderadamente agresiva con la misma madera pero con el método malta agar bloque. Hacia la madera de pino, esta cepa fue moderadamente agresiva con ambos métodos.

Mientras que la cepa LB 40 presentó una ligera agresividad hacia la madera de pino y liquidámbar, en las condiciones de los dos métodos empleados, la cepa en cuestión se mostró más activa en las condiciones del método malta agar bloque en la madera de liquidámbar.

PINZON PICASEÑO y MARTINEZ MARCIAL (1983), realizaron una prueba de laboratorio del tipo denominado suelo-bloque, evaluaron la agresividad de dos cepas del hongo *Pycnoporus sanguineus* (L. ex Fr.) Murr., una mexicana (LB-40) y otra de la India (FPRL 150 A), hacia la madera de tres especies tropicales mexicanas. Los resultados muestran que la cepa LB-40 causó una ligera pérdida de peso en la madera de *Cymbopetalum baillonii* Fr., *Poulsenia armata* (Miq.) Standl. y *Nectandra ambigens* (Blake) C.K. - Allen., mientras que la cepa FPRL 150 A, demostró ser altamente agresiva hacia la madera de *C. baillonii* y *P. armata*, y ligeramente agresiva hacia la madera de *N. ambigens*.

PINZON PICASEÑO Y VELIZ AVILA (1984), llevaron a cabo un estudio de laboratorio con cuatro cepas de hongos xilófagos, - determinando el tipo de pudrición que causan y su agresividad hacia dos tipos de madera pino y liquidámbar. Fue utilizado un método de cultivo en aserrín para determinar el tipo de pudrición y dos métodos de cultivo para determinar la agresividad, malta agar bloque y suelo bloque. Todas las cepas produjeron una reacción de pudrición blanca. *Daedalea confragosa* Bolt. ex Fr. LB-39, se mostró ligeramente agresiva hacia la madera de pino bajo las condiciones de los dos métodos malta agar bloque y suelo bloque, hacia la madera de liquidámbar se comportó como moderadamente agresiva con el método malta agar-bloque y altamente agresiva con el método suelo-bloque. *Fomes ulmarius* (Sow. ex Fr.) Gill LB 181a, - - *Favolus brasiliensis* Fr. LB-160, *Polyporus occidentalis* Klotzsch LB-141, fueron ligeramente agresivos hacia las maderas de pino y liquidámbar, según los métodos malta agar bloque y suelo-bloque.

PINZON PICASEÑO y HERNANDEZ JIMENEZ (1987), llevaron a cabo un estudio de laboratorio con cinco cepas de hongos xilófagos, determinando el tipo de pudrición que causan y su agresividad hacia la madera de pino y liquidámbar, las cepas con excepción de *Hexagonia tenuis* Fr. LB-204, produjeron una reacción de pudrición blanca. *Daedalea microsticta* Cooke LB-68 fue ligeramente agresiva hacia la madera de pino y liquidámbar, con el método malta agar bloque; mientras que con el método suelo bloque, demos

tró ser moderadamente agresivo hacia la madera de pino y altamente agresiva hacia liquidámbar. *Hexagonia tenuis* Fr. LB-204, se -- mostró ligeramente agresiva hacia los dos tipos de madera con los dos métodos. *Parus nudis* Fr. LB-213, fue ligeramente agresivo hacia la madera de pino y moderadamente agresivo hacia la de liquidámbar con el método malta agar-bloque y altamente agresivo hacia los dos tipos de madera con el método suelo-bloque. *Polyporus hirsutus* Wulf ex Fr. LB-203, fue ligeramente agresivo hacia pino y liquidámbar con el método malta agar bloque, mientras que con el método suelo bloque fue altamente agresivo hacia los dos tipos de madera. *Pycnoporus sanguineus* (L. ex Fr.) Murr. LB-216, demostró ser ligeramente agresivo hacia pino y moderadamente agresivo hacia liquidámbar con el método malta agar bloque, y agresivo hacia pino y liquidámbar con el método suelo bloque.

PEREYRA VENEGAS (1988), realizó una prueba de laboratorio para determinar el tipo de pudrición de ocho cepas de hongos xilófagos, aislados en una zona de clima templado y evaluó la agresividad de los mismos hacia cuatro maderas de interés comercial. Las técnicas empleadas fueron la prueba de Badcock para determinar pudrición y el método de suelo bloque para evaluar la agresividad. De todas las cepas utilizadas 6 produjeron una reacción de pudrición blanca y dos mostraron ser productoras de pudrición morena. *Lenzites betulina* (L. ex Fr.) Fr. 8800863 se mostró ligeramente agresiva hacia la madera de caoba, cedro y pino, mien

tras que para oyamel se mostró como moderadamente agresiva. *Polyporus azureus* Fr. 8800864 fue ligeramente agresivo hacia caoba y moderadamente agresivo hacia cedro, pino y oyamel. *Polyporus versicolor* L. ex. Fr. 8800865, y *Dyctiopanus pusillus* (Berk.) Sing. 8800866, se mostraron moderadamente agresivos hacia cuatro tipos de maderas. *Polyporus azureus* Fr. 8800867 fue ligeramente agresivo hacia caoba, cedro y pino, y agresivo hacia oyamel. *Lenzites saepiaria* (Wulf. ex Fr.) Fr. 8800868, se mostró ligeramente agresivo hacia caoba, pino y oyamel. *Stereum ostrea* (Blume et Ness. ex Fr.) Fr. 8800869, y *Laxitextum bicolor* (Pers. ex Fr.) Lentz. 8800870, demostraron ser ligeramente agresivos hacia cedro, pino y oyamel.

Para RUIZ RODRIGUEZ (1991) el objetivo principal fue la caracterización micelial de varias cepas de hongos xilófagos aislados a partir de la madera de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham. dentro de esta caracterización se incluyó la determinación de tipo de pudrición mediante las pruebas de Bavendamm, de Badcock y de aserrín-guayaquil, y la evaluación de la agresividad con el método de suelo bloque, resultando que 7 aislamientos correspondieron a *Fomitopsis pinicola*, los cuales fueron causantes de pudrición morena y un aislamiento se identificó como *Heterobasidion annosum*, que presentó pudrición blanca. La agresividad determinada para *F. pinicola* fue de agresiva a altamente agresiva y para *H. annosum* fue ligeramente agresiva o nula, esto se puede a-

firmar al revisar los valores de los bloques experimentales con -
los bloques testigos. Y en este último aspecto se requiere un es-
tudio que determine la agresividad de otras diversas cepas de - -
Heterobasidion annosum.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE RE-COLECCIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIAL BIOLÓGICO. (Fig. 2)

3.1.1 HONGOS

Los hongos utilizados en el presente ensayo fueron: - *Trametes versicolor* (Lr.: Fr.) Pilát y *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murr. ambas especies tienen distribución mundial. *T. versicolor* es una especie típica de clima templado GUZMAN (1977), mientras que *P. sanguineus* regularmente se cita de clima tropical y llega a crecer en zonas templadas.

La fructificación de *Trametes versicolor*, se encontraba creciendo sobre un tocon no identificado, a la altura del Km 18 de la carretera de terracería Ocuilán - Cuernavaca, perteneciente al municipio de Ocuilán de Arteaga. Ubicado en la vertiente sur de la región central del Eje Neovolcánico, en los límites de los estados de Morelos y México, dentro de la subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, con una altitud que varía entre los 2 500 a los 2 950 msnm, localizada entre las coordenadas 18° 55' y los 18° 59' latitud norte y entre los 99° 15' y 99° 23' longitud oeste.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modi

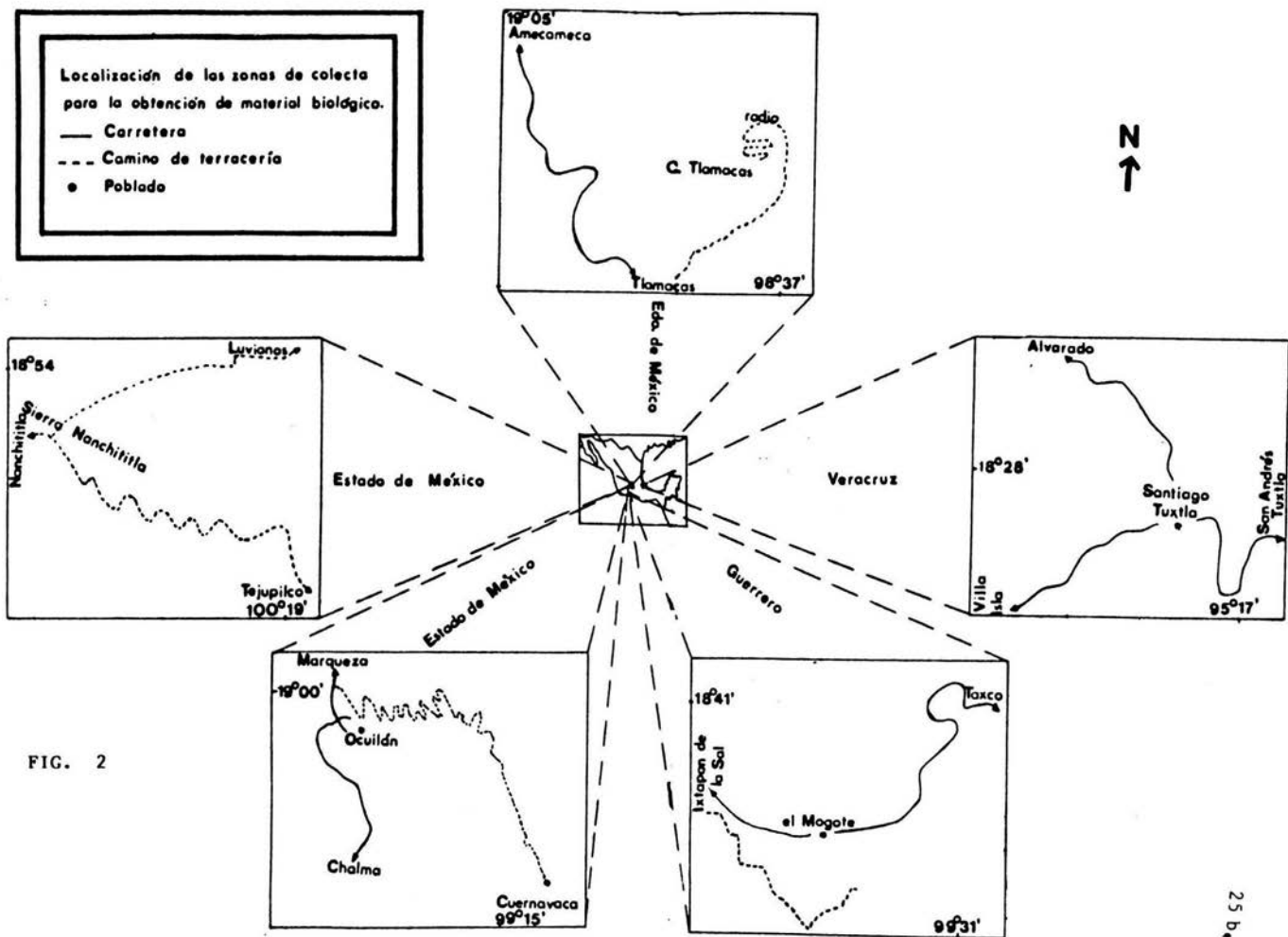


FIG. 2

ficado por GARCIA (1973), es un clima C (w''_2) (w) big que corresponde a un templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos.

La temperatura anual promedio es de 17.5°C y la precipitación media anual de 1 313.5 mm.

La vegetación del área es del tipo mesófilo de montaña, en este bosque se presenta una mezcla de elementos de diferentes afinidades, entre los que destacan los holárticos y los neotropicales (RZEDOWSKI, 1978; INEGI, 1987; LUNA VEGA et al. 1989).

La fructificación de *Рυспоролυѕ sanguineυѕ*, se encontraba creciendo sobre madera cubierta por chapopote, fue recolectada en el km 560 de la carretera 180, México - Coatzacoalcos, que se localiza en el municipio de Santiago Tuxtla, Ver., -- ubicada en la vertiente del Golfo de México al sureste del Estado de Veracruz; con una altitud que varía entre los 150 y 650 msnm, se localiza aproximadamente entre los 95° 17' 30" y 95° 18' 30" de longitud oeste y los 18° 27' 30" y 18° 28' 30" de latitud norte.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima Af (m) (i')g que corresponde a un clima cálido húmedo.

Con temperaturas máximas y mínimas de 29°C y 17°C respectivamente, con un promedio de precipitación anual de 4 560 mm.

La vegetación que predominó fue de Selva alta perennifolia según la clasificación de Miranda y Hernández (1963 citado_

por CASTELAN, 1992); actualmente existen amplias zonas deforestadas para potreros de ganado vacuno (RZEDOWSKI, 1978).

3.1.2 MADERAS

Los bloques de madera empleados como sustrato, para estimar la agresividad de los hongos, provienen de las siguientes especies leñosas.

Pinus hartwegii Lindl., la madera de esta especie fue recolectada en Tlamacas, ubicado en el Eje Neovolcánico y en el límite de tres estados. (México, Morelos y Puebla) aproximadamente 80 Km al sureste de la Ciudad de México y 50 Km al oeste de la Ciudad de Puebla, con una altitud que varía entre los 3 300 - 4 000 msnm, localizado entre las coordenadas 98° 37' 30" y 98° 38' 30" de longitud oeste y los 19° 03' 30" y 19° 05' 30" de latitud norte.

El clima regional de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima C (w''₂) (w) cig que corresponde a un clima semifrío y menos de 5% de lluvia invernal, temperatura promedio anual de 7.7

La vegetación corresponde a un bosque abierto, con abundantes gramíneas amacolladas, donde predomina una sola especie de pino (*Pinus hartwegii*) que se mezcla en altitudes más bajas con *Abies religiosa* y *Alnus firmifolia* (RZEDOWSKI, 1978; Direc---

ción General de Geografía del Territorio Nacional, (1981).

Cedrela odorata L., la madera de esta especie fue recolectada en el Km 559 de la carretera 180, México Coatzacoalcos, que se localiza en el municipio de Santiago, Tuxtla Ver., ubicada en la vertiente del Golfo de México al sureste del Estado de Veracruz; con una altitud que varía entre los 150 y 650 msnm. Se localiza entre las coordenadas 18° 27' 30" y 18° 28' 30" de latitud norte y los 95° 17' 30" y 95° 18' 30" de longitud oeste.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima Af (m) (i')g que corresponde a un clima cálido húmedo.

Con temperaturas máximas y mínimas de 29°C y 17°C respectivamente, con un promedio de precipitación anual de 4 560 mm.

La vegetación predominante es de Selva Alta Perennifolia, la más rica y compleja de todas las comunidades vegetales, según la clasificación de MIRANDA y HERNANDEZ, (1963) citado por CASTELAN, (1992).

Guazuma ulmifolia Lam., "Guacima" la madera de esta especie fue colectada en el Km 110 de la carretera a Taxco - Guerrero, ubicada en la subprovincia de las Sierras y Valles Guerrerenses limita al norte con los estados de México y de Morelos, al noreste con el de Puebla, al noroeste con Michoacán. Los sistemas de topofomas que se presentan en la subprovincia son; sierras de cumbres tendidas y laderas escarpadas. Con una altitud que varía

entre 1 300 - 2 200 msnm. Se localiza aproximadamente entre los - 99° 31' y 99° 32' de longitud oeste y los 18° 40' 30" y 18° 41' - 30" de latitud norte.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima A (C) w₁ (w) que corresponde a un clima semicalido.

La vegetación predominante es la Selva Baja Caducifolia.

Arbutus xalapensis H.B.K., "madroño rojo", la madera de esta especie fue colectada, en el Km 18 de la carretera de terracería Ocuilán Cuernavaca. Perteneciente al municipio de Ocuilán de Arteaga, Edo. de México, Ubicado en la vertiente sur de la región central del Eje Neovolcánico, en los límites de los estados de Morelos y México, dentro de la subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, con una altitud que varía entre los 2 500 - 2 950 msnm. Localizada entre las coordenadas 99° 15' y 99° 23' longitud oeste y los 18° 55' y 18° 50' latitud norte.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima C (w''₂) (w) big que corresponde a un clima templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos.

La temperatura anual promedio es de 17.5°C y la precipitación media anual de 1 313.5 mm.

La vegetación del área es del tipo mesófilo de monta-

ña, en este bosque se presenta una mezcla de elementos de diferentes afinidades, entre los que destacan los holárticos (*Alnus, Pinus, Arbutus, Cornus, Quercus, Tilia, Salvia, Cupressus*), y los neotropicales (*Fuchsia, Oreopanax, Baccharis, Moninna, Montanoa, Cestrum, Eupatorium*) (RZEDOWSKI, 1978; Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, 1981; INEGI, 1987; LUNA - VEGA et al. 1989).

Ceiba pentandra (L). Gaerth. "ceiba" la madera de esta especie fue obtenida de un aserradero de Santiago Tuxtla Ver., la especie es propia de lugares de clima cálido, principalmente de bosques tropicales perennifolios, subperennifolios y subcaducifolios, frecuentemente se les protege y conserva como árbol de sombra, tanto en potreros, como cerca de casas y poblados. Crecen en intervalos de 0 a 1 500 msnm. Se localiza entre las coordenadas 18° 27' 30" y 18° 28' 30" de latitud norte y los 95° 17' 30" y 95° 18' 30" de longitud oeste.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima Af (m) (i')g que corresponde a un clima cálido húmedo.

Con temperaturas máximas y mínimas de 29°C y 18°C respectivamente, con un promedio de precipitación anual de 4 560 mm.

La vegetación predominante es Selva Alta Perennifolia es la más rica y compleja de todas las comunidades vegetales. Según clasificación de MIRANDA y HERNANDEZ (1963 citado por CASTE--

LAN 1992).

Quercus urbanni Trel. "encino" la madera fue colectada en la Sierra de Nanchititla, se encuentra ubicada en la porción sur del área Occidental del Estado de México, en los límites con los Estados de Guerrero y Michoacán. Entre las coordenadas -- 18° 53' 30" y 18° 54' 30" latitud norte y 100° 19' y 100° 20' longitud oeste.

El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por GARCIA (1973), es un clima (A) C (w₂) w' que corresponde a un clima semicálido.

La vegetación es muy variada, como lo muestra la existencia de los diversos tipos de bosques; bosque de *Quercus*, *Quercus-Pinus* y el escaso mesófilo de montaña; este último se desarrolla en el valle de laderas tendidas (SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO, 1981; INEGI, 1987).

3.2 PRUEBAS DE LABORATORIO

A continuación se describen las pruebas mediante las cuales se evaluó la capacidad degradadora de, *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilát y *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr.) Murr.

3.2.1 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PUDRICIÓN

Para conocer el tipo de daño que el hongo causa en la madera, se emplearon los métodos de Badcock y Malta agar con Aserriín-guayacol.

3.2.1.1 MÉTODO DE BADCOCK

1. FINALIDAD

Ayuda a identificar a los hongos en relación a su potencial enzimático, separando las especies causantes de pudrición blanca y pudrición morena, dada la reacción (cambio de coloración) que se muestra en el sustrato.

II. BASES GENERALES

Experimentalmente se han llevado a cabo pruebas utilizando medios de cultivo artificiales, notándose que algunos hongos difícilmente pueden desarrollarse sobre celulosa y lignina -- químicamente preparadas (GOLOVLEVA *et al.* 1989), ya que éstas no son realmente atacadas en comparación con los compuestos elaborados por los tejidos de las plantas, por lo que es necesario la utilización de sustratos orgánicos, para asegurar la expresión enzimática de los hongos (CAREY, 1975).

La utilidad de la prueba de Badcock resulta evidente por varias razones, primero emplean fracciones de material orgánico (aserrín) registrando una reacción sobre el sustrato mismo, -- por otro lado, ayuda a distinguir los dos tipos básicos de pudrición (morena y blanca) que producen los macromicetos xilófagos.

III. MEDIOS EMPLEADOS, AISLAMIENTO E INCUBACION.

A) Agar con extracto de malta, pH; 4.6 [±]

Medio de cultivo tradicional para hongos xilófagos.

1. Ingredientes.

a) Maltosa técnica	12.75 g
b) Dextrina	2.75 g
c) Glicerina	2.35 g
d) Peptona de gelatina	0.7 g
e) Agar	15.00 g

f) Agua destilada 1.000 ml

2. Productos comerciales.

a) BIOXON

3. Modo de preparación, agar con extracto de malta.

a) Pesar exactamente las cantidades como se indica en el punto 1.

Los productos de diferentes laboratorios pueden variar ligeramente.

b) Suspender 33.6 g de polvo en un litro de agua destilada.

c) Disolver calentando, hervir durante un minuto.

4. Esterilización del medio Agar, con extracto de malta.

a) En el presente trabajo se utilizó olla express.

b) 121°C, 15 l/pulg², 15 min.

c) Dejar enfriar a 40 - 50°C.

5. En una campana microbiológica esterilizada.

a) Vaciar 10 ml de medio en cada una de las cajas de petri de vidrio de 100 x 20 mm, esterilizadas previamente.

- b) Dejar enfriar / solidificar el medio.
- c) Incubar en cámaras de humedad (cajas de plástico traslúcidas tipo "panera" de 15 x 27.5 cm por 37.5 cm, -- alto por ancho por largo, conteniendo agua destilada en el fondo) se emplean soportes de aluminio para sostener a las cajas petri sobre el nivel del agua, durante tres días a 26°C y en obscuridad, para probar la esterilidad del medio.

6. Método de aislamiento

- a) Los carpóforos colectados en fresco, se aseptizan con alcohol al 70%
- b) Hacer corte transversal con bisturí previamente aseptizado.
- c) Tomar con una aguja de disección un trozo pequeño (1 - 2 mm) de tejido del contexto.
- d) Transferir el tejido a medio cultivo (al centro -- de la caja petri).
- e) Incubar a 25 - 27 ° C hasta ver la formación de una colonia afelpada algodonosa.
- f) Una vez desarrollado el inóculo inicial, se llevan a cabo resiembras sucesivas para llegar al estado axénico.

7. Inoculación y cultivo axénico.

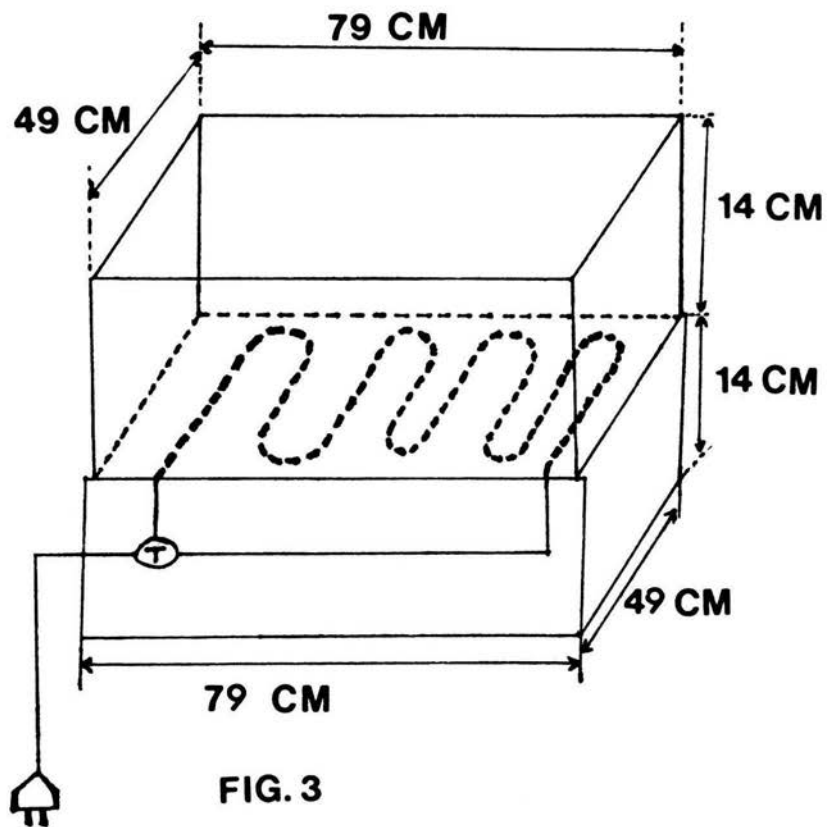
- a) Por lo general, es suficiente un sólo inóculo para cada caja petri, el traspaso entre uno y otro inóculo en cajas diferentes, se pasará siempre por la llama la aguja de disección antes de volver a introducirla en el cultivo. Estas precauciones evitan toda posibilidad de contaminación del cultivo.
- b) El crecimiento del inóculo inicial libre de contaminación formará una colonia circular del micelio, el cual alcanza entre 8 - 9 cm de diámetro en un período de 14 días, es este inóculo maduro el que puede usarse para otras pruebas o subcultivos.

8. Incubación.

- a) La caja petri con inóculo inicial, se incubo aproximadamente a 26°C y obscuridad, en el interior de cajas de plástico cipsa de 15 x 27.5 x 37.5 cm., alto por ancho por largo con agua destilada en el fondo para proporcionar alta humedad relativa que evite la desecación del medio de cultivo. Para lograr una temperatura constante fueron implementadas dos cajas de aluminio como se observa en la fig. Nº 3, las cajas incubadoras miden aproximadamente 79 x 49 x 14 cm. (largo x ancho x alto), en la base

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE LAS CAJAS INCUBADORAS

36 b



interna cuentan con una resistencia plana para calefactor (nicromel) y un termostato de placa bimetálica marca Jhonson Goshen, lo cual permitió mantener un intervalo de 25 a 26°C estos valores se obtuvieron con los registros de un termógrafo marca Weather -- Measure.

b) Durante 14 días.

B) Medio de cultivo a base de un tipo blanco de aserrín de madera de *Pinus hartwegii*. (Método de cultivo de Aserrín de Badcock)

1. Ingredientes del sustrato

- a) Aserrín de pino 1 000.0 g
- b) Harina de maíz 30 g
- c) Harina de hueso 20 g
- d) Agua destilada (la necesaria).

2. Modo de preparación

- a) Pesar exactamente las cantidades como se indican en el punto 1.
- b) Mezclar el aserrín y las harinas.
- c) Agregar agua saturando el sustrato.
- d) Vaciar en tubos de cultivo de 2 x 20 cm.
- e) Compactar ligeramente, hasta quedar 3 cm libres del tubo a partir de la boca del mismo.

f) Tapar cada uno con gasa y algodón.

3. Esterilización del medio de cultivo.

a) Olla express.

b) 121°C, 15 l/pulg², 60 mins.

c) Enfriar a 40 - 50°C.

4. Inoculación.

a) Se inocula los tubos con micelio del cultivo puro -
previamente desarrollado por 14 días (según paso 9).

b) Modo de inoculación

Con sacabocados.

Asépticamente, introducir el sacabocados en la ca
ja petri que contiene el cultivo puro.

Tomar fragmentos de 1 cm² de micelio, de preferenc
ia tomados a la misma distancia radial del centro
de la colonia.

Inclinar el tubo para que se incorpore el inóculo.

Se recomienda pasar siempre por la llama el saca-
bocados antes de volver a introducirlo en el cul-
tivo.

c) Utilizar cinco tubos con medio de cultivo, dos tu

bos sin inocular como testigos y tres tubos inocu-
lados por cada cepa.

d) Rotular correctamente número de la cepa y fecha -
de la siembra.

5. Incubación.

a) Incubadora a 26°C, en oscuridad.

b) Se recomienda colocar los tubos preparados sobre so-
portes de aluminio en posición inclinada en cajas -
de plástico de 15.0 x 27.5 x 37.5 cm. (alto x ancho
x largo), conteniendo agua destilada en el fondo pa-
ra proporcionar una alta humedad relativa.

c) De 4 a 6 semanas.

IV. INTERPRETACIONES

Las lecturas de los resultados son evaluadas a partir
de la segunda semana de incubación, hasta la sexta semana.

De acuerdo al siguiente criterio.

1. Positivo

a) Pudrición blanca, es diagnosticada por un obscureci-
miento castaño del sustrato en la zona colonizada -
por el micelio de hongos capaces de metabolizar tan

to a la holocelulosa como a la lignina de la madera.

- b) Pudrición morena, es determinada por una reacción - de decoloración del sustrato (amarillo pálido a - - blanquecino) en la zona colonizada por el micelio y corresponde a hongos degradadores de holocelulosa.

2. Negativa.

- a) Cuando el micelio es exuberante que no permite de-- terminar en forma clara las reacciones del sustrato.
- b) Crecimiento escaso o nulo del micelio.
- c) Por contaminación del tubo de cultivo.
- d) Comparar resultados con otros tipos de pruebas.

V. PRECAUCIONES

- A) El crecimiento exuberante del micelio puede no permitir - en algunos casos, el reconocimiento del tipo de pudrición, lo cual puede prestarse a una determinación no confiable.
- B) En el caso de obtener reacciones dudosas, se recomienda - volver a repetir la prueba para las cepas en confusión.
- C) Es recomendable emplear otros métodos para esclarecer la_ determinación del tipo de pudrición.
- D) Se recomienda que para la utilización de este método se - empleen cepas testigo bien comprobadas, de cada tipo de - pudrición así como testigos no inoculados. Con el propósi

to de comparar la forma en que se muestra cada reacción, o para detectar los cambios ligeros que pudieran ocurrir en el aserrín, por efecto de los hongos o del manejo (esterilización, humectación).

VI. REFERENCIAS

CAREY, J.K., 1975; PINZON-PICASEÑO, L.M., M.T. LOPEZ GUERRERO, F.
A. VELIZ AVILA y J.D. MARTINEZ MARCIAL, 1982.

3.2.1.2 MÉTODO DE CULTIVO EN MALTA AGAR CON ASERRÍN-GUAYACOL

I. FINALIDAD

Ayuda a determinar la pudrición blanca que causan los aislamientos de hongos xilófagos.

II. BASES GENERALES

Los hongos xilófagos segregan enzimas extracelulares que pueden ser detectadas en las inmediaciones cercanas a las hifas. Las pudriciones son el resultado de enzimas degradativas que actúan sobre los componentes principales de la pared celular de elementos leñosos, causando cambios físicos y químicos en las maderas. En las pruebas de laboratorio los reactivos incorporados -

al medio o añadidos al cultivo desarrollado detectan las enzimas, por ejemplo BAVENDAMM en 1928 (citado por NOBLES, 1958) utilizó ácido gálico o tánico, identificando a los hongos de pudrición blanca cuando hay una reacción de coloración café oscura y la ausencia de reacción indica que son hongos de pudrición morena.

NOBLES (1965) aplicó unas gotas de solución alcohólica de resina de guayaco, sobre los cultivos de micelio desarrollado en malta agar, la rápida aparición de un color azul identifica a un hongo causante de pudrición blanca y cuando no hay esta coloración, o tarda en aparecer identifica a los hongos que causan pudrición morena.

Siguiendo el procedimiento descrito por NOBLES (1965), RUIZ RODRIGUEZ y PINZON-PICASEÑO (1986) extendieron este principio para determinar el tipo de pudrición utilizando guayacol.

III. MEDIOS EMPLEADOS

A) Medio de cultivo en malta agar con Aserrín guayacol.

1. Ingredientes.

- a) Aserrín de pino tamizado 2 g
- b) Agar con extracto de malta 15 g

c) Agua destilada 500 ml

2. Método de preparación.

a) Pesar exactamente las cantidades como se indica en el punto 1.

b) El aserrín debe ser tamizado en malla de 0.4-0.5 mm.

c) Mezclar los ingredientes en un matraz de 1 lt.

3. Esterilización, medio de cultivo en malta agar con Aserrín.

a) Olla express

b) 121°C, 15 l/pulg² 20 min

c) Enfriar a 40 - 50°C

4. En una campana microbiológica esterilizada.

a) Vaciar 30 ml de medio en cada una de las cajas petri de vidrio, previamente esterilizadas.

b) Mantener el matraz en agitación constante para evitar sedimentación del aserrín.

c) Dejar solidificar.

d) Mantener en incubación durante tres días las cajas así preparadas, para probar la esterilidad del medio.

5. Inoculación.

- a) Crecimiento de un cultivo puro.
- b) Inóculo maduro (desarrollado durante 14 días).
- c) Los inóculos deberán ser lo más uniforme posible en tamaño y edad.

1. Puede inocularse una caja con el medio de cultivo ya preparado con un solo inóculo.

2. Modo de inoculación.

a) Asépticamente, introducir el sacabocados en la caja petri que contiene el cultivo puro.

b) Tomar fragmentos de 1 cm^2 de micelio, de preferencia tomados a la misma distancia radial del centro de la colonia.

(Se recomienda pasar siempre por la llama el sacabocados antes de volver a introducirlo en el cultivo).

c) Rotular correctamente número de la cepa y fecha de la siembra.

d) Emplear cinco repeticiones para cada cultivo.

6. Incubación.

- a) Incubadora a 26°C ,
- b) Se recomienda colocar las cajas petri inoculadas dentro de cajas de plástico cipsa conteniendo agua destilada esteril en el fondo para proporcionar alta humedad relativa.

- c) Durante 2 semanas.

IV. INTERPRETACIONES

A) Adición de guayacol al medio de cultivo de malta agar con aserrín.

A las dos semanas de incubación, añadir 2 - 3 gotas de extracto de guayacol a la zona media de cada colonia y ob-servar durante una hora cualquier cambio o reacción de color en el micelio y el medio.

1. Positivo.

- a) La aparición de un color azul indigoide indica la - capacidad del micelio para degradar tanto celulosa_ como, lignina.

2. Negativo.

- a) El hongo o aislamiento específico no responde a este tipo de método.
- b) La ausencia de reacción, podría indicar que el hongo causa pudrición morena, siendo solo capaz de degradar a la celulosa.
- c) Las cajas que se dejan más tiempo, hasta un día despúes pueden presentar un cambio de coloración pero_ se considera negativo.
- d) Debe someterse a otro tipo de pruebas tales como la

prueba de Badcock o la prueba de Bavendamm en donde se emplea ácido tánico o ácido gálico.

V. PRECAUCIONES

- A) Se recomienda emplear más técnicas, para asegurar una mayor confiabilidad sobre el tipo de pudrición que el hongo causa.

VI. REFERENCIAS

NOBLES, 1958; RUIZ RODRIGUEZ y PINZON-PICASEÑO, 1986

3.2.2 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCIR - PUDRICIÓN

3.2.2.1 MÉTODO DE SUELO BLOQUE

I. FINALIDAD

Para conocer el comportamiento fisiológico en cuanto a la potencialidad de producir pudrición hacia la madera. Además permite hacer una cuantificación *in vitro* de la tasa de degradación de los hongos xilófagos.

II. BASES GENERALES

Los hongos xilófagos desarrollan una degradación len-

ta o muy rápida en la madera de acuerdo a la producción de los -- sistemas enzimáticos involucrados en esta actividad y a los factores físico climáticos, ya que en zonas templadas es más lenta la degradación en comparación a las zonas tropicales (UNESCO/PNUMA/_ FAO, 1980).

La degradación de las celulosas solubles, y quizá también la de las celulosas naturales amorfas, se lleva a cabo por - dos enzimas producidas por los hongos; la endo- b - glucanasa y - la B- glucosidasa, la primera rompe las cadenas de celulosa para formar varias moléculas como el dímero celobiosa y el trímero celotriosa luego, la B- glucosidasa rompe a la celobiosa para for-- mar glucosa, la cual es asimilada por la célula. La celulosa cris talina natural requiere de una tercera enzima, la exo-B-glucanasa, que separa unidades sucesivas de dos azúcares (celobiosa) de los extremos de las cadenas de celulosa. Es una enzima de frecuencia mucho más restringida, ya que muchos hongos producen la endoenzima y la B-glucosidasa, pero muy pocos producen las exoenzimas y - por lo tanto son incapaces de degradar la celulosa cristalina. Tales hongos incluyen *Trichoderma* spp., *Chaetomium* y los Basidiomycetes y Ascomycetes de la pudrición de la madera. Cuando se pre-- sentan juntas estas enzimas actúan en forma sinérgica, por lo que las tasas de degradación de la celulosa (celulolisis) son mayores que cuando las mismas enzimas actúan por separado (MANDELS, 1981_ citado por DEACON, (1988); BEGUIN, 1990).

III. MEDIOS EMPLEADOS

A) Como medio de cultivo es utilizado suelo franco arenoso cuyas características edáficas son: $P_H = 5.77$, Densidad aparente = 1.3 gr/ml, densidad real = 2.5 gr/ml, % porosidad = 48%, capacidad de campo = 40.05%.

1. Ingredientes.

- a) Suelo franco arenoso 137.7 g
- b) Agua destilada 40.5 ml

2. Método de preparación.

- a) El suelo debe ser secado al aire, homogeneizado y tamizado con malla Nº 10.
- b) Pesar exactamente las cantidades como se indica en el punto 1, para cada uno de los frascos.
- c) Utilizar frascos tipo tarro de conserva de 235 ml de capacidad con tapaderas con rosca de metal sin empaque de cartón.
- d) Agregar en los frascos el suelo y el agua destilada calculada para alcanzar un 130% de su capacidad de retención de humedad (cámaras de pudrición).
- e) Nivelar la superficie del suelo.
- f) Utilizar bloques de madera (albura) de 30 x 10 x 5 mm
- g) Rotular correctamente cada uno de los bloques con lápiz.
- h) De cada madera, hacer grupos de bloques y colocarlos en pequeñas charolas de malla de aluminio.

- i) Secarlos en horno durante 24 hrs. a 105°C.
- j) Transcurrido el tiempo de secado colocar las charo--
las con los bloques en un desecador con sílica gel -
para evitar la rehidratación de éstos y efectuar el_
enfriamiento de bloques durante 30 minutos.
- k) Pesar cada bloque en una balanza analítica con apro-
ximación de 0.0001g, para obtener el peso inicial an
hidro (Pi).
- l) Colocar los bloques por pares en los frascos ya pre-
parados (d), semienterrados en el suelo, de modo que
la superficie superior de los bloques esté a nivel -
de la superficie del suelo.
- m) Cerrar los frascos, aflojando a un cuarto de vuelta_
las tapas.

3. Método de esterilización, medio de cultivo a base de un
suelo franco arenoso.

- a) Olla express.
- b) 121°C, 15 L/pulg², 60 minutos.
- c) Enfriar.

4. Inoculación.

- a) Crecimiento de un cultivo puro, previamente desarro-
llado durante 14 días.
- b) Inóculo maduro.

- c) Los inóculos deberán ser lo más uniforme posible en tamaño y edad.

5. Método de inoculación.

- a) Asépticamente, introducir el sacabocados en la caja petri que contiene el cultivo puro.

Tomar fragmentos de 1 cm^2 de micelio, de preferencia tomados a la misma distancia radial del centro de la colonia.

Trasladar los fragmentos de micelio a los frascos, - colocando una parte sobre el bloque y la otra sobre la superficie del suelo.

- b) Emplear 7 cámaras por cada cepa de hongo, para cada tipo de madera, es decir, 14 repeticiones de bloques por cada cepa de hongo, para cada uno de los tipos de madera.

- c) En las cámaras no inoculadas (testigos), colocar dos bloques de madera en cada frasco, empleando el mismo número de cámaras y bloques, es decir, 7 cámaras por cada cepa de hongo, para cada tipo de madera.

- d) Rotular correctamente cada uno de los frascos con número de la cepa y fecha de la siembra.

6. Incubación.

- a) Incubadora a 26°C, en oscuridad.
 - b) Colocar las cámaras de pudrición de prueba y testigos en cajas de plástico tipo panera, con agua destilada en el fondo para proporcionar alta humedad relativa.
 - c) Durante 46 días.
7. Obtención del peso húmedo.
- a) Terminada la fase de exposición al ataque de los hongos, los bloques son extraídos individualmente de sus cultivos, para cepillarlos cuidadosamente y eliminar el micelio superficial, e inmediatamente pesar cada uno para obtener su peso húmedo (Ph).
8. Obtención del peso anhidro final.
- a) De manera similar a la fase inicial, los bloques de prueba y testigos son secados durante 24 horas a 105°C en un horno.
 - b) Transcurrido el tiempo de secado colocar las charolas con los bloques en un desecador con sílica gel para evitar la rehidratación de éstos durante 30 minutos.
 - c) Pesar cada bloque en una balanza analítica con aproximación de 0.0001 gr., para obtener el peso anhidro final (Pf).

IV. INTERPRETACIONES

A) Suelo bloque.

1. Una vez obtenidos los pesos (P_i , P_h , P_f) es calculado - porcentualmente el contenido de humedad de los bloques_ al final del ensayo, mediante la siguiente ecuación; - $ch = (P_h - P_f / P_f) 100$, de la misma manera es calculada la pérdida de peso en porcentaje sufrida por los bloques, debido al ataque de los hongos, mediante la fórmula; $P_p = (P_i - P_f / P_i) 100$, en donde; ch = contenido de humedad, P_i = Peso anhidro inicial, P_h = Peso hidratado, P_f = Peso anhidro final, PP = Pérdida de peso.
2. Los valores de pérdida de peso son promediados y convertidos a términos significativos de categorías de agresividad, de acuerdo a la siguiente escala.

CUADRO 1

CLASIFICACION DE LOS VALORES DE PESO PERDIDO EN CATEGORIAS DE AGRESIVIDAD

% PESO PERDIDO	CATEGORIA DE AGRESIVIDAD	CLAVE
≤ 5	Ligeramente agresivo	A
6 - 15	Moderadamente agresivo	B
16 - 25	Agresivo	C
26 - >	Altamente agresivo	D

Según: PINZON PICASEÑO et al., 1982

Nota: Los valores fraccionarios de los límites superiores en cada categoría son considerados dentro de la misma categoría.

3. La capacidad de producir pudrición puede ser expresada como la variación potencial que registran los hongos, - al degradar la madera, durante el período de evalua---- ción experimental (46 días).

V. PRECAUCION

En este tipo de métodos suceden variaciones aleato---

rias en incremento y pérdida de peso de los bloques ensayados, --tales variaciones son consideradas como "error experimental", --que dependiendo de su magnitud, pueden ser interpretadas o evaluadas con base a ensayos afines al aquí realizado, como los especificados por la norma ASTM Designation; 2 017-63 para resistencia natural de la madera al ataque de los hongos xilófagos --(American Society for testing and Materials, 1967), en donde establece que si en los bloques testigo se presentan variaciones --inferiores al 5%, éstas sean consideradas insignificantes y aceptables; variaciones entre 5 y 10% son aceptables sólo utilizándolas como "factores de corrección", sumándolas o restándolas a --los porcentajes de peso perdido de los bloques de prueba para obtener "valores ajustados" y desviaciones superiores al 10% no --son aceptables, invalidándose la prueba.

VI. REFERENCIAS

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1967; PINZON-PICASEÑO, L.M., M.T. LOPEZ GUERRERO, F.A. VELIZ AVILA Y J. D. MARTINEZ MARCIAL, 1982.

4. RESULTADOS

Los aislamientos miceliales de *Pycnoporus sanguineus* y *Trametes versicolor* a partir de los basidiomas se resembraron hasta obtener inóculo axénico. Las cepas crecidas en agar con extracto de malta se utilizaron para determinar el tipo de pudrición que causan ambas especies, siguiendo la metodología anteriormente descrita; en primer término se describen los resultados obtenidos mediante el método de Badcock y posteriormente los resultados obtenidos con el método de cultivo en malta agar con aserrín-guayacol y por último se reporta la evaluación de la capacidad de producir pudrición y agresividad de los aislamientos fúngicos, estimada con la técnica de suelo-bloque.

4.1 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PUDRICIÓN (MÉTODO DE BADCOCK)

Mediante el método de Badcock, se observó que a partir de las dos primeras semanas, el crecimiento micelial de *Pycnoporus sanguineus* llegaba a la mitad del medio de aserrín, mientras que las hifas avanzaban hacia la base del tubo, el color del micelio se mantenía de color blanco, sin embargo, en la zona donde se inoculó el micelio fue adquiriendo paulatinamente la tonalidad roja propia como se muestra en un basidioma adulto de es

ta especie. Al término de la sexta semana el micelio había cubierto por completo el tubo, mostrándose el aserrín de una tonalidad morena.

Trametes versicolor, mostró un crecimiento más rápido dado que al final de la segunda semana el micelio ya había rebasado más de la mitad del tubo, para la quinta y sexta semana - el micelio en esta última empezaba a invadir por completo la parte superficial libre del medio (hacia la boca del tubo), el aserrín mostró una coloración morena desde el inicio de la inoculación hasta el final de la prueba. Los cambios de coloración en - el sustrato empleado para ambas especies fueron evidentes, al -- comparar los tubos experimentales con los tubos testigos se mantuvieron con una coloración amarillo ocre, durante las seis semanas que duró la prueba, los tubos experimentales mostraron un -- cambio gradual de coloración en el medio de ocre a moreno. Por - las reacciones que presentaron ambas cepas, el tipo de pudrición corresponde a pudrición blanca (NOBLES, 1965; BAKSHI, 1971; CARTWRIGHT Y FINDLAY, 1958) cuadro Nº 2.

4.2 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE PUDRICIÓN (MÉTODO DEL CULTIVO EN MALTA AGAR CON ASERRIN -GUAYACOL)

Una vez aplicado el guayacol sobre el miche-

lio desarrollado durante 14 días, se observó -- que en las dos cepas en estudio mostraron un cambio de coloración azul indigoide en el medio de cultivo constatando que el tipo de pudrición que presenta *Pycnoporus sanguineus* y *Trametes versicolor* es pudrición blanca (RUIZ RODRIGUEZ Y PINZON PICASEÑO, 1986; RUIZ RODRIGUEZ, 1991), ver cuadro Nº 3.

4.3 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICIÓN Y LA AGRESIVIDAD

Para la evaluación de la agresividad el método de -- suelo bloque, permite precisar la capacidad de producir pudrición de los hongos, en la madera degradada por el micelio, una vez obtenidos los valores de la capacidad de producir pudrición, se realiza la estimación de los intervalos de agresividad. Los resultados obtenidos con este ensayo están contenidos en los cuadros Nº 4, 5 y 6, y en las gráficas Nº 1, 2 y 3. Los datos están expresados como valores porcentuales de peso perdido de los bloques de madera y los valores de contenido de humedad al final -- del período de exposición al ataque. En el cuadro Nº 6 se incluyen además las categorías de agresividad de las dos cepas de hongos hacia la madera de seis especies. Y las gráficas Nº 1, 2 y 3 son diagramas de barras que facilitan la comparación de los valores del cuadro Nº 6 para valores porcentuales de pérdida de peso causada

por *P. sanguineus* y *T. versicolor*. En los cuadros N° 4 y 5 se registran las estimaciones de capacidad de producir pudrición de *T. versicolor* y *P. sanguineus* respectivamente.

Con base en las pérdidas de peso de los bloques de las especies leñosas expuestas durante 46 días al ataque de las cepas fúngicas, se incluye únicamente el promedio de los bloques testigo, mientras que para los bloques experimentales se dan los valores de la media aritmética, desviación standard, el intervalo y el contenido de humedad de los bloques al final del período de incubación.

Trametes versicolor, especie procedente de clima templado expreso su mayor actividad en la madera de *Ceiba pentandra* 32.25% de peso perdido, en *Guazuma ulmifolia* 29.59%, *Cedrela odorata* 25.77% y pérdidas menores en *Quercus urbanii* 9.83% y *Arbutus xalapensis* 8.79% mientras que la madera de *Pinus hartwegii* 2.94% sufrió pérdidas de peso muy ligeras, como se indica en los cuadros N° 4 y 6, y gráficas N° 1 y 3.

Pycnoporus sanguineus, procedente de clima tropical como puede ser apreciado en los cuadros N° 5 y 6, y Gráficas N° 2 y 3 que este hongo causó las mayores pérdidas de peso en la madera de *Ceiba pentandra* 29.40%, mientras que en la madera de *Cedrela odorata*, 12.71%, *Guazuma ulmifolia* 11.63%, *Arbutus xalapensis* 10.47% y *Quercus urbanii* 8.34%, la pérdida de peso fue moderada. Mientras que la madera de *Pinus hartwegii* 4.01%, la pérdi-

da de peso fue ligera.

El contenido de humedad de los bloques durante el ensayo con el hongo *Trametes versicolor*, los mayores contenidos de humedad de los bloques al final de la fase de exposición del ataque de este hongo, fueron *C. pentandra* 326.8%, *P. hartwegii* -- 269.0% y *C. odorata* 257.3% y menores en *G. ulmifolia* 93.34%, *A. xalapensis* 121.0% y *Quercus urbanii* 85,81%.

Pycnoporus sanguineus como se aprecia en los cuadros N° 5 y 6 fue adecuado y variable con respecto a cada una de las especies leñosas, encontrándose que *C. pentandra* 388.1%, *P. hartwegii* 282.7% y *C. odorata* 257.4% muestran valores altos en contenidos de humedad, mientras que en los bloques de madera de *G. ulmifolia* 126.7%, *A. xalapensis* 118.8% y *Quercus urbanii* 88.70% -- mostraron menores contenidos de humedad.

Como se puede apreciar existe correspondencia en -- cuanto a los contenidos de humedad de los bloques de madera de -- las especies con valores mayores y con valores menores, tanto en el caso de estar expuesta la madera al ataque de *P. sanguineus* -- como de *T. versicolor*.

CUADRO 2

RESULTADOS DE TIPO DE PUDRICION UTILIZANDO LA PRUEBA DE BADCOCK
(SEGUN CAREY, 1975 Y PINZON PICASEÑO et al. 1982)

HONGO	REACCION	CARACTERISTICAS DE LA REACCION	PUDRICION
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Positiva	Obscurecimiento del sustrato de amarillo_ ocre a moreno.	Blanca
<i>Trametes versicolor</i>	Positiva	Obscurecimiento del sustrato de amarillo_ ocre a moreno	Blanca
Testigo	Ninguna	La coloración amarillo ocre, sin alteración alguna.	Ninguna

Nota: En esta prueba los testigos no fueron inoculados con micelio.

CUADRO 3

RESULTADOS DE TIPO DE PUDRICION UTILIZANDO LA PRUEBA DE CULTIVO DE ASERRIN - GUAYACOL EN MALTA AGAR. OBSERVACIONES A LAS DOS SEMANAS DE INCUBACION. (SEGUN NOBLES, 1958; RUIZ RODRIGUEZ Y PINZON PICASEÑO, 1986)

HONGO	REACCION	CARACTERISTICAS DE LA REACCION	PUDRICION
<i>Pycnoporus sanguineus</i>	Positiva	Coloración indigoi- de.	Blanca
<i>Trametes versicolor</i>	Positiva	Coloración indigoi- de.	Blanca

CUADRO 4

PERDIDA DE PESO CAUSADA POR Irametes versicolor

	BLOQUES EXPERIMENTALES														\bar{x}	n-1	RANGO	\bar{x} test
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
C.p.	49.78	21.71	1.51	65.05	11.56	5.16	37.94	64.08	45.07	10.73	41.43	41.15	38.00	16.02	32.25	21.52	1.51 - 65.05	3.32
C.o.	17.95	37.97	8.23	4.83	46.92	23.44	16.44	46.79	39.33	19.38	18.9	35.97	18.47	41.1	25.77	14.02	4.83 - 46.92	2.2
G.u.	39.59	33.82	38.17	40.4	23.77	25.52	32.31	27.67	33.58	3.35	22.15	21.13	9.32	36.37	29.59	10.75	3.35 - 43.27	4.89
P.h.	1.51	2.55	6.62	1.21	8.56	1.16	1.01	1.42	0.98	1.19	0.88	0.16	2.13	0.87	2.94	3.49	0.16 - 8.56	0.62
A.x.	5.78	7.5	13.09	14.03	9.58	6.24	9.78	7.74	8.14	7.64	8.39	9.03	11.93	5.83	8.79	2.40	5.78 - 14.03	2.51
Q.u.	10.53	17.45	9.41	9.72	4.42	8.17	10.65	3.49	7.62	14.82	7.5	10.33	8.86	12.36	9.83	3.89	4.42 - 17.45	1.55
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES DE MADERA ATACADOS POR <u>I. versicolor</u>																		
C.p.	349.1	318.01	298.4	422.4	273.2	257.0	324.1	414.3	349.7	338.9	299.5	291.1	312.3	308.4	326.8	49.01	257.0 - 422.4	236.0
C.o.	172.7	328.9	359.3	152.2	277.9	309.3	275.3	289.1	288.6	298.7	254.6	212.3	126.0	268.1	257.3	70.80	126.0 - 359.3	186.0
G.u.	58.09	47.09	59.77	52.96	25.68	133.2	49.94	32.28	146.2	130.0	125.9	125.1	160.6	160.1	93.34	50.46	25.68 - 160.6	106.3
P.h.	267.2	254.8	300.2	283.9	295.5	228.1	296.4	247.9	274.5	291.5	244.0	274.3	238.2	267.5	269.0	24.34	281.1 - 300.2	268.8
A.x.	118.0	117.6	123.0	131.3	108.7	116.8	124.8	123.9	128.8	121.6	117.6	118.6	122.5	113.9	121.0	6.71	108.7 - 128.8	104.1
Q.u.	77.23	115.8	86.39	81.96	66.78	75.35	94.29	82.80	81.58	90.16	41.85	107.1	114.2	55.75	85.81	19.95	41.85 - 115.8	81.23

Se registran las estimaciones de capacidad de producir pudrición de Irametes versicolor, con base a las pérdidas de peso de los bloques ($(pp - (pi - pf) pi) 100$), así mismo se registran el contenido de humedad de los bloques de 6 especies leñosas atacadas por I. versicolor: se incluye unicamente el promedio de los bloques testigos, media aritmética, desviación standart y el rango de 14 bloques experimentales. C.P. = Ceiba pentandra, C.o. = Cedrela odorata, G.u. = Guazuma ulmifolia, P.h. = Pinus hartwegii, A.x. = Arbutus xalapensis, Q.u. = Quercus urbanii.

CUADRO 5

PERDIDA DE PESO CAUSADA POR Pycnoporus sanguineus

	BLOQUES EXPERIMENTALES														\bar{X}	n-1	RANGO	\bar{X} test
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
C.p.	32.75	36.01	32.08	33.24	30.94	32.68	21.97	24.94	15.83	15.66	31.93	36.23	38.00	38.91	20.40	7.44	15.66- 38.91	2.29
C.o.	13.44	12.5	34.65	4.5	11.22	11.69	5.61	3.84	22.85	21.9	3.54	1.12	18.47	12.63	12.71	9.66	1.12- 34.65	2.21
G.u.	10.88	10.58	17.24	2.53	5.46	7.72	14.55	13.13	10.12	8.48	21.94	19.36	9.32	9.39	11.63	5.50	2.53- 21.94	4.00
P.h.	8.22	6.4	0.89	2.05	3.28	5.16	6.54	5.03	4.36	4.26	4.27	2.37	2.13	4.05	4.01	2.21	0.89- 8.22	0.97
A.x.	1.96	12.34	11.88	10.43	10.29	12.08	12.83	10.32	10.32	12.4	10	9.37	11.93	14.32	10.47	2.79	1.96- 14.32	4.15
Q.u.	10.23	10.63	7.79	6.63	7.02	6.77	5.26	9.81	8.52	8.98	6.46	11.52	8.86	9.24	8.34	1.88	5.26- 11.52	1.39
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES DE MADERA ATACADOS POR <u>P. sanguineus</u>																		
C.p.	421.2	439.5	401.4	365.6	379.6	380.0	284.7	403.2	342.1	355.2	382.4	399.8	491.0	386.2	388.1	49.52	284.7 -491.0	256.3
C.o.	223.0	249.8	243.8	271.4	280.7	265.9	254.9	202.5	333.9	269.2	283.1	191.1	277.3	322.8	257.4	37.32	191.1 -333.9	175.11
G.u.	122.9	126.1	138.2	131.5	120.8	123.7	123.9	120.2	112.8	115.9	132.8	152.0	126.0	122.8	126.7	10.19	112.8 -138.2	106.95
P.h.	310.6	308.4	285.2	264.8	246.0	258.6	268.2	280.6	303.4	237.0	319.8	303.3	288.7	276.4	282.7	31.22	246.0 -319.8	277.65
A.x.	106.6	126.8	42.81	116.2	119.4	118.7	136.5	134.6	127.5	135.5	127.1	128.3	124.5	140.1	118.8	27.41	42.81-136.5	99.79
Q.u.	86.69	91.55	91.43	88.85	88.58	84.97	81.85	88.65	82.87	90.66	85.91	94.41	96.77	82.04	88.70	4.31	81.85-96.77	81.59

Se registran las estimaciones de capacidad de producir pudrición de Pycnoporus sanguineus, con base a las pérdidas de peso de los bloques ($pp=(pi-pf) pi$ 100), así mismo se registra el contenido de humedad de los bloques de 6 especies leñosas atacadas por P. sanguineus; se incluye únicamente el promedio de los bloques testigo, media aritmética, desviación standart y el rango de 14 bloques experimentales. C.p. = Ceiba pentandra, C.o.= Cedrela odorata, G.u.= Guazuma ulmifolia, P.h.= Pinus hartwegii, A.x.= Arbutus xalapensis, Q.u.= Quercus urbanii.

CUADRO 6

PORCENTAJES PROMEDIO DE PESO PERDIDO Y PESO HUMEDO EN BLOQUES DE MADERA DE SEIS ESPECIES MEXICANAS ENFRENTADOS DURANTE 46 DIAS AL ATAQUE DE *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus* SEGUN LA TECNICA DE SUELO BLOQUE, SE INCLUYE SU INTERPRETACION EN CATEGORIAS DE AGRESIVIDAD. PROMEDIO DE 14 REPETICIONES

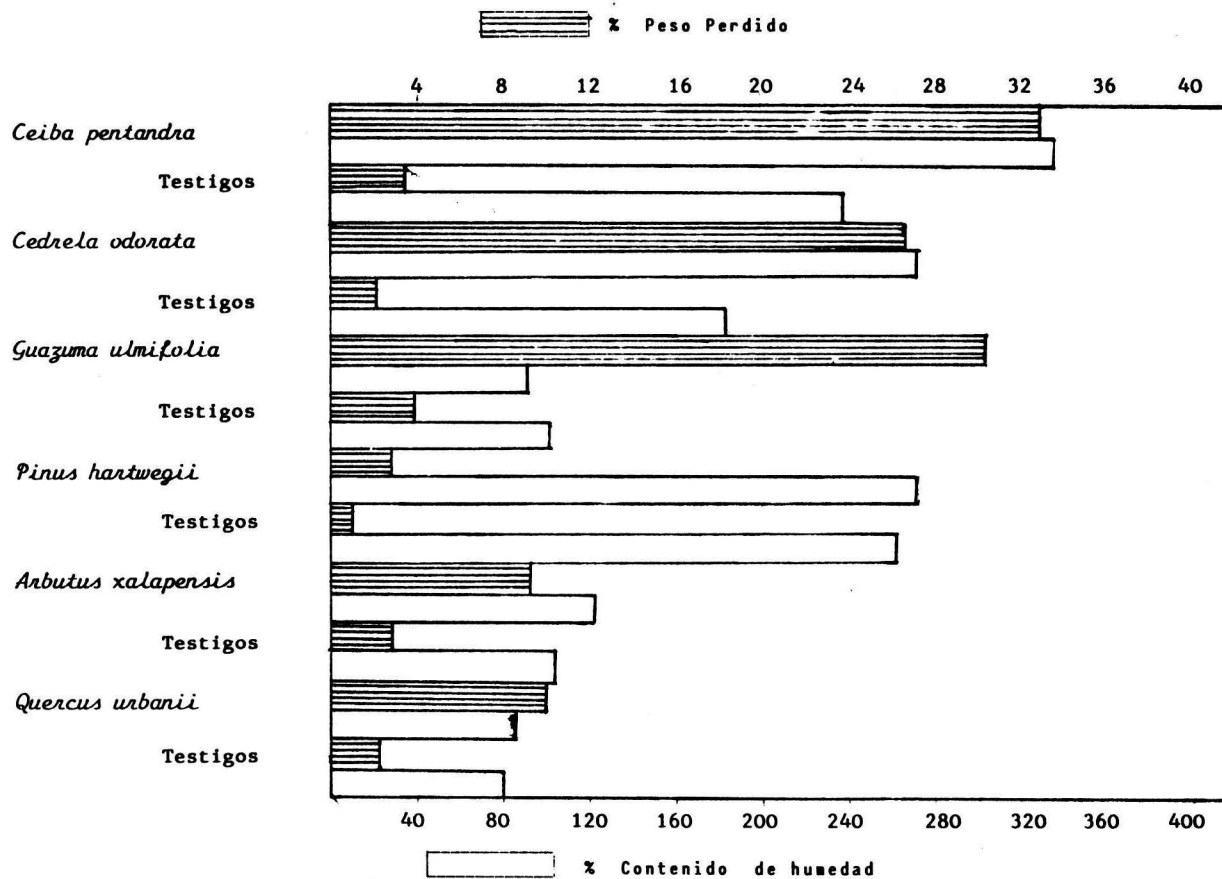
M A D E R A	H O N G O S					
	<i>Trametes versicolor</i>			<i>Pycnoporus sanguineus</i>		
	Pp	Ph	Categoría de Agresividad	Pp	Ph	Categoría de Agresividad
	%	%		%	%	
<i>Ceiba pentandra</i> (testigo)	32.25 3.32	326.8 232.0	D -	29.40 2.29	388.1 256.3	D -
<i>Cedrela odorata</i> (testigo)	25.77 2.2	257.3 186.0	D -	12.71 2.21	257.4 171.1	B -
<i>Guzuma ulmifolia</i> (testigo)	29.59 4.89	93.34 106.3	D -	11.63 4.00	126.7 106.9	B -
<i>Pinus hartwegii</i> (testigo)	2.94 0.62	269.0 268.8	A -	4.01 0.97	282.7 277.6	A -
<i>Arbutus xalapensis</i> (testigo)	8.79 2.51	121.0 104.1	B -	10.47 4.15	118.8 99.79	B -
<i>Quercus urbanii</i> (testigo)	9.83 1.55	85.81 81.23	B -	8.34 1.39	88.70 81.59	B -

En donde: A = ligeramente agresivo
B = moderadamente agresivo
P_p = peso perdido

C = agresivo
D = altamente agresivo
P_h = peso húmedo

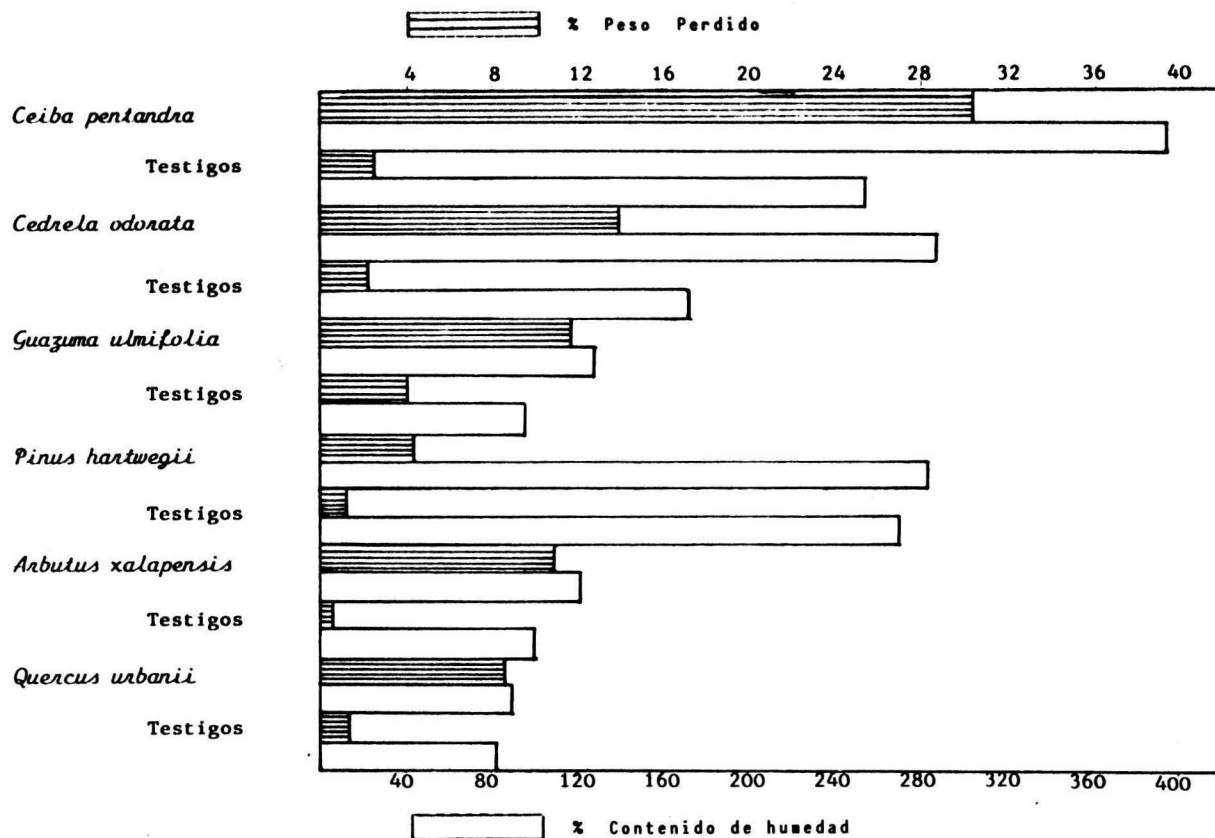
Nota: Con base al Cuadro N° 1 citado en la metodología.

GRAFICA 1



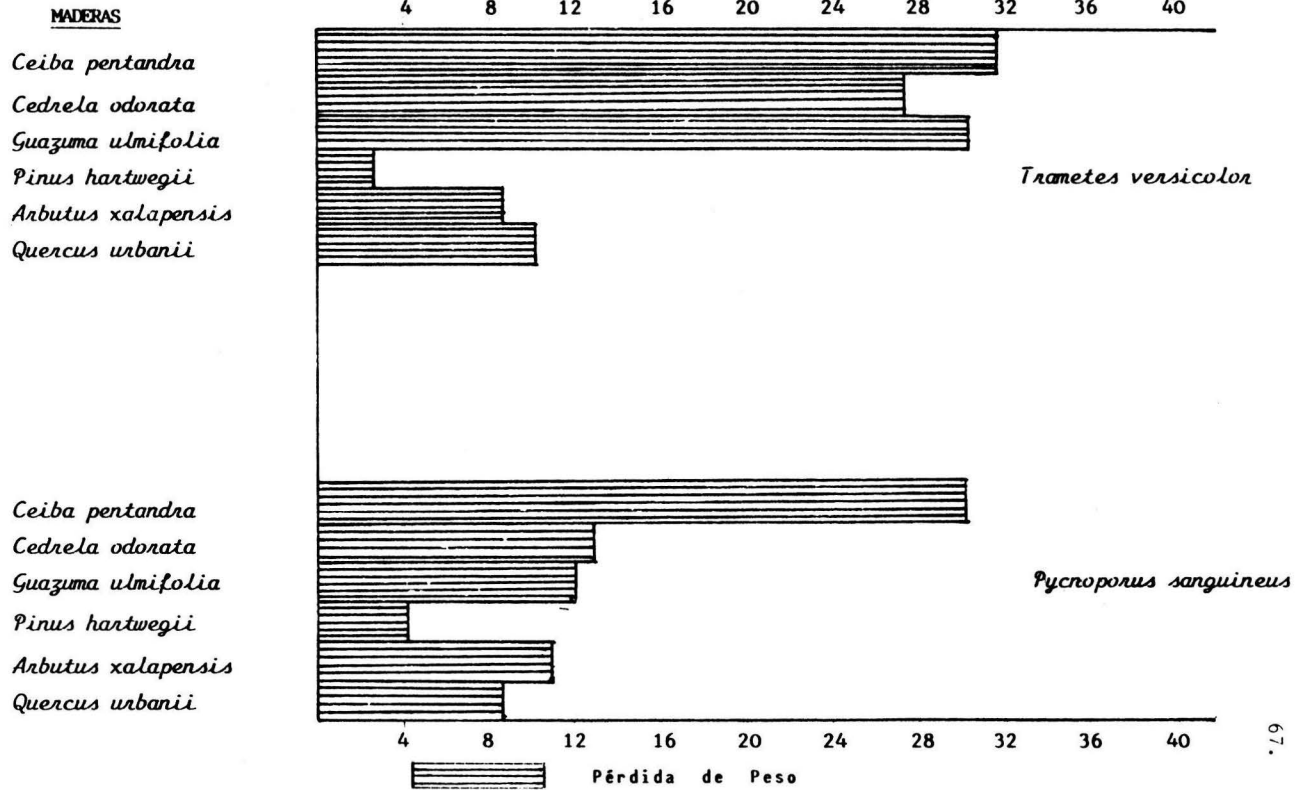
Pérdidas de peso y contenidos de humedad de los bloques de madera, expuestos al ataque de *Trametes versicolor*, según la técnica de suelo bloque. Promedio de 14 repeticiones. Se incluyen los bloques testigo.

GRAFICA 2



Pérdidas de peso y contenidos de humedad de los bloques de madera, expuestos al ataque de *Pycnoporus sanguineus* según la técnica de suelo bloque. Promedio de 14 repeticiones.

GRAFICA 3



Pérdidas de peso de los bloques de madera, expuestos al ataque de *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus* según la técnica de suelo bloque. Promedio de 14 repeticiones.

CUADRO 7

Si se consideran los valores de pérdida de peso de los bloques de madera atacados por *T. versicolor*, para cada una de las especies de madera al final del ensayo, como el 100% por ser generalmente los valores más altos, se puede calcular la diferencia porcentual de la pudrición ($\Delta\%$ p. T.v.) que produce *T. versicolor* en comparación a la degradación que realiza *P. sanguineus* mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta\% \text{ p.T.v.} = 100 - \text{Pp \% P.S.} \times 100 / \text{Pp \% T.v.}$$

ESPECIE DE MADERA	Pp % DE <i>I. versicolor</i>	Pp % DE <i>P. sanguineus</i>	DIFERENCIA PORCENTUAL DE PUDRICION CON REFERENCIA A <i>I. versicolor</i>
<i>C. pentandra</i>	32.25	29.40	+ 8.83 %
<i>C. odorata</i>	25.77	12.71	+ 50.68 %
<i>G. ulmifolia</i>	29.59	11.63	+ 60.69 %
<i>P. hartwegii</i>	2.94	4.01	- 36.39 %
<i>A. xalapensis</i>	8.79	10.47	- 19.11 %
<i>Q. urbanii</i>	9.83	8.34	+ 15.16 %

Donde: $\Delta\%$ p.T.v. = Diferencia porcentual de la pudrición, tomando como referencia a *I. versicolor*.

Pp % de T.v. = Porcentaje promedio de pérdida de peso de los bloques de madera atacados por *I. versicolor* al final del experimento.

Pp % de P.s. = Porcentaje promedio de pérdida de peso de los bloques de madera atacados por *P. sanguineus* al final del experimento.

NOTA: Los valores positivos representan el porcentaje proporcional de la pudrición efectuada por *I. versicolor*, en comparación a la pudrición realizada por *P. sanguineus*, la cual es referida con valores negativos.

CUADRO 8

Al ser tomados los valores de contenido de humedad de los -- bloques de madera atacados por *P. sanguineus* como el 100% al -- final del experimento, por ser los valores más altos, se puede obtener la diferencia porcentual ($\Delta\%$) de ganancia o pérdida -- del contenido de humedad de las maderas atacadas por *P. sanguineus* en relación a las maderas atacadas por *T. versicolor*, mediante la fórmula:

$$\Delta\% \text{ C.h.P.s.} = 100 - \text{C.h.m.T.v.} \times 100 / \text{C.h.m.P.s.}$$

ESPECIE LEÑOSA	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MADERAS ATACADAS POR <i>T. versicolor</i>	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MADERAS ATACADAS POR <i>P. sanguineus</i>	% DEL CONTENIDO DE HUMEDAD A FAVOR DEL ATAQUE DE <i>P. sanguineus</i>
<i>C. pentandra</i>	326.8	388.1	+ 15.79
<i>C. odorata</i>	257.3	257.4	+ 0.03
<i>G. ulmifolia</i>	93.34	126.7	+ 26.32
<i>P. hartwegii</i>	269.0	282.7	+ 4.84
<i>A. xalapensis</i>	121.0	118.8	- 1.85
<i>Q. urbanii</i>	85.81	88.70	+ 3.25

Donde: $\Delta\%$ C.h.P.s. = Diferencia porcentual del contenido de humedad a favor de la degradación efectuada por *P. sanguineus*

C.m.h.T.v. = Contenido de humedad de los bloques de madera al final -- de la exposición al ataque de *I. versicolor*.

C.h.m.P.s. = Contenido de humedad de los bloques de madera al final de la exposición al ataque de *P. sanguineus*.

NOTA: Los valores positivos representan la ganancia proporcional del contenido -- de humedad en favor del ataque de *P. sanguineus*, mientras que los valores -- negativos, representan la ganancia de los contenidos de humedad en favor -- del ataque a *Iranetes versicolor*.

5. ANALISIS Y DISCUSION

5.1 TIPO DE PUDRICIÓN

De acuerdo con las observaciones obtenidas *T. versicolor* y *P. sanguineus* con el método de Badcock mostraron una pudrición blanca (cuadro Nº 2) que fue determinada por la reacción del sustrato al adquirir una coloración parda, el aserrín que se utilizó fue de *Pinus hartwegii* estos resultados concuerdan con las observaciones realizadas por LOPEZ GUERRERO (1979), VELIZ -- AVILA, (1982), HERNANDEZ JIMENEZ (1984), PEREYRA VENEGAS (1988) y RUIZ RODRIGUEZ (1991), que en la pudrición blanca la coloración es parda con sustrato de pino, y no blanquecina como puede ocurrir al utilizar otro tipo de sustrato.

La certeza de los resultados se estableció al utilizar una segunda prueba específica para determinar la pudrición blanca; la prueba de Aserrín Guayacol en Malta Agar, las observaciones obtenidas fueron determinantes por la presencia de un cambio de coloración del medio de cultivo con micelio desarrollado por 14 días, la reacción positiva fue de color azul indigo (RUIZ RODRIGUEZ y PINZON PICASEÑO, 1986; RUIZ RODRIGUEZ, 1991) confirmando que en ambas especies se presenta pudrición blanca (cuadro Nº 3) por el contrario si no se hubiera presentado reacción alguna, entre las alternativas de interpretación de la prueba, esta-

ría una posible reacción de pudrición morena, lo cual no ocurrió con estas cepas.

Lo anterior confirma la utilidad y confiabilidad de ambas pruebas para evidenciar los tipos de pudrición de las especies fúngicas sobre todo aquellas que no se han evaluado, entre las que destacan los hongos xilófagos de clima tropical.

El empleo del medio de aserrín en el método de Badcock, resulta de gran utilidad por su bajo costo y confiabilidad y sobre todo porque facilita el crecimiento del micelio, en un sustrato de origen orgánico que optimiza la expresión enzimática de las cepas fúngicas.

Respecto al método de cultivo en Malta Agar con Aserrín Guayacol si bien es cierto que no se produce una reacción propia para la pudrición morena, si es recomendable hacer otras pruebas como lo requiere el método de Badcock, la ventaja con el método de cultivo en Malta Agar con Aserrín-Guayacol es con respecto al tiempo empleado ya que requiere únicamente de dos a tres semanas mientras que la prueba de Badcock se requieren de 4 a 6 semanas para obtener resultados, el método de cultivo en Malta Agar con Aserrín Guayacol, puede ser utilizada como una prueba preliminar, sin embargo, también puede servir para confirmar resultados de otras pruebas, como ocurrió en el presente estudio.

Bibliográficamente estos resultados son correctos ya

que las cepas en cuestión de acuerdo a CARTWRIGHT Y FINDLAY, -- 1958; NOBLES, 1965; BAKSHI, 1971; *Pycnoporus sanguineus* y *Trametes versicolor* son causantes de pudrición blanca.

5.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICIÓN, LA AGRESIVIDAD Y VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Se muestra en los cuadros Nº 4 y 6 que con la técnica de suelo bloque *T. versicolor* mostró la categoría más alta de agresividad hacia la madera de *Ceiba pentandra*, *Guazuma ulmifolia* y *Cedrela odorata*, es decir, altamente agresiva (D). Para *Quercus urbanii* y *Arbutus xalapensis*, la cepa se mantuvo en la categoría de moderadamente agresiva (B). En *Pinus hartwegii* la actividad fue menor, adoptando la categoría de ligeramente agresiva (A).

Pycnoporus sanguineus quedó clasificado con la más alta categoría de agresividad hacia la madera de *Ceiba pentandra*, es decir altamente agresivo (D). En *Cedrela odorata*, *Guazuma ulmifolia*, *Arbutus xalapensis* y *Quercus urbanii*, la actividad fue moderada, adoptando la categoría de moderadamente agresivo (B) y en *Pinus hartwegii* la pérdida de peso fue muy ligera. Comportándose como ligeramente agresiva (A).

Comparando las categorías de agresividad de *T. versi*

color con *P. sanguineus*, para las mismas seis especies se tiene: D,D,D,B,B y A versus D,B,B,B,B y A respectivamente, por lo mismo - se puede aseverar que *T. versicolor* tiene mayor agresividad que *P. sanguineus*.

Confrontar los valores numéricos de la pudrición que realiza *T. versicolor* con los de *P. sanguineus* como se muestra - en el cuadro N° 7, permite apreciar con detalle que *T. versicolor* mostró una mayor capacidad degradadora en cuatro de seis especies de madera expuestas al ataque del micelio de esta especie. Puesto que la diferencia porcentual de pudrición a favor de *T. versicolor* es de 8.83% a 60.69% en comparación a la diferencia porcentual de pudrición de -19.11% a -36.39%, llevada a cabo por *P. sanguineus*.

Al mostrar ambas cepas fúngicas el mismo tipo de pudrición, esto es, que degradan tanto holocelulosa como lignina, y experimentalmente ambas cepas se sometieron a las mismas condiciones de laboratorio, durante el proceso de degradación, los resultados evidencian que una especie tiene mayor capacidad degradadora que otra, por lo tanto, se puede decir que los hongos destructores de la madera desarrollan una degradación lenta o rápida en la madera, de acuerdo a la cepa o especie fungica que intervenga. Por lo mismo, convendría orientar estudios que determinen el "bagaje" enzimático de las especies xilófagas; lo cual permitirá conocer con más detalle, el por qué se presen-

tan en cada especie tasas diferentes de degradación.

También en los trabajos que evalúan la capacidad degradadora de los hongos, intervienen factores propios de la madera, como la composición química y la estructura morfológica de la misma, pero que bajo las condiciones de laboratorio y metodología, más o menos similar, permite apreciar mejor el rango de agresividad de los hongos, por lo que es prudente confrontar los resultados obtenidos en el presente trabajo con estudios realizados en México, con la misma técnica de suelo bloque.

Por ejemplo, LOPEZ-GUERRERO (1979) obtuvo las siguientes categorías de agresividad para *Polystictus sanguineus* - FPRL 150-A en madera de Pino como (B) y en Liquidámbar (D) y para *Polystictus versicolor* FPRL 28-A en Pino fue (A) y en Liquidámbar (D).

PINZON PICASEÑO et al., 1987, las categorías de agresividad para *P. sanguineus* FPRL 150-A determinadas fueron en Pino (B) y en Liquidámbar (D). Con *P. sanguineus* LB-40, en Pino (A) y en Liquidámbar (A).

PINZON PICASEÑO y HERNANDEZ JIMENEZ (1987), las categorías de agresividad determinadas para *P. sanguineus* LB-216, fue en Pino (C) y en Liquidámbar (C).

Por lo tanto, se puede decir que no obstante que la fluctuación de la agresividad de ambas cepas enfrentadas a diversas especies de madera, yace de A - D, la cepa de *P. sanguineus*

debe ser considerada como una especie moderadamente agresiva, -- porque en *P. sanguineus* predomina la categoría de agresividad -- (B) y para las evaluaciones de resistencia natural de la madera, los valores serían sobrevaluados, cosa que no ocurriría al em--- plear especies con alta capacidad degradadora. Respecto a *T. ver*
sicolor se tienen menos reportes bibliográficos, pero con los da
tos aportados en el presente trabajo, la información se amplia - para esta especie, por lo que de manera preliminar se puede co-- mentar que es una especie recomendable para estudios de resisten
cia natural al ataque de hongos, por su alta capacidad de produ- cir pudrición, en razón de que en esta cepa predomina la catego- ría de agresividad (D) o sea altamente agresiva.

El otro aspecto motivo de análisis es el contenido - de humedad de los bloques que se registran en los cuadros N° 4 y 5 estos valores fueron muy variables para cada una de las espe-- cies de madera, sin embargo, la mayoría de las maderas atacadas_ por *P. sanguineus* presentaron mayor contenido de humedad que los bloques de madera degradados por *T. versicolor*. Como a continua- ción se muestran: C.p. 388.1 - 326.8%, C.o. 257.4 - 257.3%, G.u. 126.7 - 93.34%, P.h. 282.7 - 269.0%, A.x. 118.8 - 121.0%, Q.u. - 88.70 - 85.81% el primer valor corresponde a *P. sanguineus* y el_ valor después del guión a *T. versicolor* para cada especie de ma- dera.

Para conocer en qué proporción los bloques de madera

atacados por *P. sanguineus* presentaron mayor contenido de humedad se calculó la diferencia porcentual del contenido de humedad a favor de la degradación efectuada por *P. sanguineus*, respecto a *T. versicolor*. Resultando que en cinco de las seis especies de madera ensayadas el contenido de humedad, fue mayor cuando la degradación fue realizada por *P. sanguineus* y que expresado en datos numéricos la diferencia porcentual osciló de + 0.03 a - - + 26.32% como se observa en el cuadro N° 8.

El que ambos hongos se hayan sometido bajo las mismas condiciones de laboratorio y degradaron a las mismas especies de madera, el posible significado de la diferencia porcentual del contenido de humedad a favor de la degradación efectuada por *P. sanguineus*, es que este hongo posee una mayor capacidad para trasladar agua del suelo al sustrato expuesto a la degradación, ya que los valores de la diferencia porcentual de contenido de humedad no pueden ser atribuidos a la capacidad degradadora de *P. sanguineus*, puesto que *T. versicolor* registró valores mayores en la capacidad de producir pudrición.

De confirmarse más adelante, este posible significado lo anterior se traduciría en que *P. sanguineus* posee una estrategia biológica que le permite resistir condiciones adversas en su hábitat.

Otro análisis interesante radica en que no obstante que *P. sanguineus* presenta .03 a 26% de mayor contenido de hume-

dad en los bloques degradados, en relación a *T. versicolor*; *T. versicolor* presenta de 8.83 a 60.69% de mayor capacidad degradadora que *P. sanguineus*, por lo cual, se puede decir que aunque generalmente hay correspondencia que a mayor degradación mayor contenido de humedad; como se citan en la bibliografía, se pueden encontrar algunos casos en los que a menor contenido de humedad se va a presentar una mayor degradación como ocurrió en el presente estudio.

Por lo anterior, es de interés analizar con mayor profundidad la actividad degradadora de los hongos con relación a los contenidos de humedad de los bloques.

De esta manera surgen las siguientes interrogantes o líneas de futuras investigaciones; por qué *P. sanguineus* aunque tiene menor capacidad degradadora, los bloques de madera presentan mayores contenidos de humedad, y a la inversa, por qué *T. versicolor*, a pesar de presentar mayor agresividad, sus bloques tuvieron menor contenido de humedad.

Por último, sirva esta aportación para conocer un poco más el heterogéneo comportamiento biológico de los hongos xilófagos y motivar a otros a seguir las diferentes líneas de estudio en las que se puede abordar el campo de la biodegradación fúngica.

6. CONCLUSIONES

Los aspectos que resaltan por su importancia, que -- han quedado evidenciados por los resultados, se pueden resumir - de la siguiente manera:

Trametes versicolor es un hongo causante de pudri--- ción blanca. Clasificado como altamente agresivo en las maderas_ de *C. pentandra*, *G. ulmifolia* y *C. odorata*, moderadamente agresivo en madera de *A. xalapensis* y *Q. urbanii* y ligeramente agresivo en madera de *P. hartwegii*.

Pycnoporus sanguineus es un hongo causante de pudri- ción blanca. Clasificado como altamente agresivo en madera de *C. pentandra*, moderadamente agresivo en madera de *C. odorata*, *G. ulmifolia*, *A. xalapensis* y *Q. urbanii* y ligeramente agresivo en ma- dera de *P. hartwegii*.

Trametes versicolor causó una mayor diferencia por-- centual de pudrición que la alcanzada por *P. sanguineus* en el or- den de 8.83 a 60.69%.

Los bloques de madera degradados por *P. sanguineus* - presentaron una mayor diferencia porcentual de contenido de hume- dad (+ .03 a 26.32%) que los bloques degradados por *T. versico-- lor*. Esta característica puede tener un significativo papel en - la naturaleza, a pesar de que *P. sanguineus* no tenga una alta ca- pacidad degradadora.

Finalmente, *T. versicolor* se puede considerar como - una especie altamente recomendable para los estudios de resistencia natural de la madera al ataque de los hongos xilófagos, aspecto que no puede cubrir aceptablemente *P. sanguineus*.

7. LITERATURA CITADA

- ALEXOPOULOS, C.J. y C.W. MIMS, 1979. Introductory Micology. 3ª -
ed. Wiley Nueva York, 632 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1967. Standart Method
for accelerated laboratory test of natural decay re-
sistence of woods. ASTM D 2017-63. In: 1967 ASTM - -
Book of standarts. Part 16 Structural sandwich cons-
tructions, wood, adhesives. American Society for - -
Testing and Materials. Filadelfia, 682-689 pag.
- BAKSHI, B.K., 1971. Indian Polyporaceae (on tress and timber). -
Indian Council of Agricultural Research. Nueva Dehli,
246 p.
- BEGUIN, P., 1990. Molecular Biology of Cellulose Degradation. -
Annu. Rev. Microbiol. 44: 219 - 248.
- BLANCHETTE, R.A., 1991. Delignification by wood-decay fungi.
Annu. Rev. Phytopathol. 29: 381 - 398.
- CASTELAN SANCHEZ, L.A., 1992. Anatomía de la madera y la corteza
de Salacia megistophylla de la región de los Tuxtlas
Veracruz. Tesis de licenciatura, E.N.E.P. Iztacala,
Universidad Nacional Autónoma de México, 74 p.
- CAREY, J.K., 1975. Isolation and characterization of wood-inhabi

- ting fungi. In LOVELOCK, D.W. and R.J. GILBERT (eds) Microbial aspects of deterioration of materials. Academic Press. Londres, 23 - 38.
- CARTWRIGHT, K. ST. G. AND P.K. FINDLAY, 1946. Decay of timber -- and its prevention. Her Majesty's Stationery office. Londres, 332 p.
- DE LA PAZ PEREZ-OLVERA, Y SALINAS QUINARD, 1977. Prueba rápida - de laboratorio indicadora de resistencia a la pudrición en dos especies de encinos. Ciencia Forestal 2 (6): 3 - 19.
- DEACON J.W., 1988. Introducción a la Micología moderna. 1ª ed. Ed. LIMUSA, S.A. México D.F. 350 p.
- DIRECCION GENERAL DE GEOGRAFIA DEL TERRITORIO NACIONAL, 1981. - Síntesis Geográfica del Estado de México. SPP. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México D.F. - - 174 pp.
- DICKINSON, C AND J. LUCAS, 1979. The Encyclopedia of Mushrooms G.P. Putnams Sons. New York, 280 p.
- FINDLAY, W.P.K., 1967. Timber pest and disease. Pergamon Press. Oxford, 280 p.
- GARCIA E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Instituto de Geografía, Universi

dad Nacional Autónoma de México. D.F. 2ª ed.

- GILBERTSON, R.L., 1980. Wood-rootting fungi of North America. My-
cología 72: 1 - 49.
- GILBERTSON, R.L. AND L. RYVARDEN, 1986. North American Polypores
Fungiflora. Oslo, 433 p.
- GILBERTSON, R.L. AND L. RYVARDEN, 1987. North American Polypores
Vol. 11. Fungiflora. Oslo, 433 p.
- GOLOVLEVA, A.L., MYASOEDOVA, N.M., BASKUNOV, B.P. Y V.I. SHEV---
CHENKO, 1989. Descomposition of model compounds of -
lignin of B-I and B-0-4 Types By Fungi Panus tigri--
nus and Coriolus versicolor Mikrobiologiya, 58 (2):
256 - 261.
- GOMEZ NAVA, M.S., R. ECHENIQUE MANRIQUE Y R. SALINAS-QUINARD, --
1969. Indices de Laboratorio sobre resistencia de la
madera a la pudrición de once especies forestales me-
xicanas. Bol. Tec. Inst. Nac. Invest. For. México. -
31: 1 - 50.
- GUZMAN, G., 1977. Identificación de los hongos comestibles, y --
venenosos, alucinantes y destructores de la madera.
Limusa, México. D.F., 450 p.
- GUZMAN DEL PROO, S.A., 1963 Efectos del alquitrán del coyol - --
(Sheela liebmanii Becc.) contra algunos hongos xiló-
fagos. Tesis de licenciatura, E.N.C.B., Instituto Po-
litécnico Nacional, México, 50 p.

- HAWKSWORT, D.L., SUTTON, B.C., AND AINSWORTH G.C., 1983. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 7ª ed. Commonwealth Mycological Institute Kew. Surrey, 445 p.
- HERNANDEZ JIMENEZ, J., 1984. Tipo de pudrición, agresividad y tolerancia a la creosota de algunos hongos xilófagos. Tesis de licenciatura, E.N.E.P. Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 49 p.
- HERRERA RODRIGUEZ, J.A., M.S. GOMEZ NAVA Y A. HERRERA BAILON, -- 1976. Durabilidad natural de la madera de especies Forestales Mexicanas. Bol. Tecn. Inst. Nac. Invest. For. México. 51: 32 p.
- HERRERA RODRIGUEZ, J.A., 1977. Preservación de maderas por métodos sencillos y de bajo costo. Ciencia Forestal 2(8): 25 - 49.
- HERRERA RODRIGUEZ, J.A., M.S. GOMEZ NAVA Y E. BARRETERO GOMEZ, -- 1980. Durabilidad natural de la madera de catorce especies Forestales Mexicanas. Serie 111. Bol. Tec. Inst. Nac. Invest. For. México. 67: 1 - 21.
- HUDSON, H.J. 1980. Fungal Saprophytism Edward Arnold. Londres, -- 76 p.
- HUNT, G.M. AND G.A. GARRAT, 1962. Wood Preservation, Graw-Hill -- Bookc. New York, 361 p.
- INEGI, 1987. Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del Estado de México, S.P.P. México. 223 p.

- KIRK, K.T., 1973. The chemistry and biochemistry of decay. In --
NICHOLAS, D.D. (Ed). Wood deterioration and its prevention by preservative Treatments. Vol. 1. Degradation and protection of wood. Syracuse University - -
Press. Syracuse, 380 p.
- KOLLMAN, F.P. & W.A. COTE Jr., 1968. Principles of wood science and technology. Vol. 1. Solid wood. Springer Verlag.
Berlin, 592 p.
- LEWIS, G.N., y E. YAMAMOTO, 1990. LIGNING: ocurrence, biogenesis and biodegradation. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol Biol. 41: 455 - 496 p.
- LOPEZ GUERRERO, M.T., 1979. Caracterización de algunos cultivos de hongos causantes de la pudrición de la madera. --
Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 76 p.
- LUNA-VEGA, I., ALMEIDA-LEÑERO, L. Y J. LLORENTE-BOUSQUETS, 1989. Florística y aspectos fitogeográficos del bosque mesófilo de montaña de las cañadas de Ocuilán, Estados de Morelos y México. An. Inst. Biol. U.N.A.M. Ser. - Bot. 59(1): 63 - 87.
- MARTINEZ MARCIAL, J.D., 1983. Ensayo de laboratorio sobre agresividad de hongos xilófagos hacia maderas tropicales mexicanas. Tesis de licenciatura, E.N.E.P. Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México, 45 p.

- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, 1992. Control de plagas de plantas y animales. Desarrollo y control de enfermedades de plantas. Tomo 1 Ed. Limusa México, D.F. 223 p.
- NOBLES, M.K., 1958. A rapid Test for extracellular oxidase in -- cultures of wood-inhabiting hymenomycetes. Canadian Journal of Botany 36: 91 - 99.
- NOBLES, M.K., 1965. Identification of cultures of wood-inhabiting hymenomycetes. Can. Jour. Botany 43: 1 079 - 1 139.
- OVERTHOLTS, L.O., 1953. Polyporaceae of the United States Alaska and Canada. University of Michigan, Press. Ann Arbor 446 p.
- PANSHIN, A.J. & E.C. DE ZEEUW, 1970. Textbook of wood techology Vol. 1. Structure, identification, uses, and properties of the commercial woods of the United States -- and Canada. McGraw-Hill. New York, 705 p.
- PEREZ MORALES, V., L.M. PINZON PICASEÑO y R. ECHENIQUE MANRIQUE, 1977. Ensayo de laboratorio sobre resistencia natural de la madera de especies tropicales mexicanas al ataque de hongos xilófagos. Bol. Soc. Mex. Mic. 11: 99 - 107.
- PEREYRA VENEGAS, J., 1988. Prueba indicadora en laboratorio de -- tipo de pudrición y agresividad de algunos hongos -- xilófagos del Estado de México sobre cuatro maderas comerciales. Tesis de Licenciatura, E.N.E.P. Iztaca-

- la, Universidad Nacional Autónoma de México, 43 p.
- PINZON PICASEÑO, L.M. Y R. ECHENIQUE MANRIQUE, 1974. Ensayo de toxicidad de cuatro preservadores para madera sobre algunos hongos xilófagos. An. Inst. Biol. Univ. Nac. Aut. Méx. Ser. Bot. 45(1): 57 - 74.
- 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. Méx. Mic. 17: 147 - 157.
- 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 (1983), Ser. Botánica (Nº único): 233 - 240.
- PINZON PICASEÑO, L.M., VELIZ AVILA, F.A., y M.E. 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 (1983), Serv. Botánica (Nº único): 227 - 232.
- PINZON PICASEÑO, L.M. y F.A. VELIZ AVILA., 1984. Tipo de pudrición y agresividad hacia la madera en cuatro cepas de hongos xilófagos mexicanos. Bol. Soc. Méx. Mic. -

19: 65 - 72.

- PINZON PICASEÑO, L.J. y J. HERNANDEZ JIMENEZ, 1987. Tipo de pudrición y agresividad hacia la madera de pino y Liquidámbar de algunos hongos xilófagos mexicanos. An. Inst. Biol. U.N.A.M., 57 (1986) Serv. Botánica (Nº único): 1 - 10.
- RUIZ RODRIGUEZ, M.E. y L.M. PINZON PICASEÑO, 1986. Ensayo de un nuevo método para determinar el tipo de pudrición -- que causan los hongos xilófagos de importancia forestal. Resúmenes del Segundo Congreso Nacional de Micología. Oaxtepec Mor. México 125 p.
- RUIZ RODRIGUEZ, M.E., 1991. Estudios fisiológicos integrales con hongos de importancia forestal: acción xilofágica y comportamiento en cultivo. Tesis de licenciatura, E. N.E.P. Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, 152 p.
- RZEDOWSKI, J., 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, - 432 p.
- SANCHEZ RAMIREZ, R., 1980. Macromicetos patógenos y destructores de la madera en los bosques de la Meseta tarasca - Mich. Ciencia Forestal 5(23): 3 - 19.
- SHEFFER, T.C., 1973. Microbiological Degradation and the Causal Organisms. In: Nicholas, D.D. (Ed.) Wood deterioration and its prevention by preservative treatments.

- Vol. 1. Degradation and protection of wood. Syracuse, 380 p.
- SMITH, V.H. AND A. H. SMITH., 1973. The non-guilled fleshy fungi
Wm. C. Brown. Iowa, 402 p.
- SNELL H.W. AND A.E. DICK., 1971. A glossary of Mycology. Harvard
University Press. Cambridge, Massachusetts. 181 p.
- ULLOA, M. y R.T. HANLIN, 1978. Atlas de micología básica. Ed. --
Concepto. México, D.F., 158 p.
- ULLOA, M., 1991. Diccionario ilustrado de Micología. Instituto -
de Biología. UNAM. México, D.F., 310 p.
- UNESCO/PNUMA/FAO., 1980. Investigaciones sobre los recursos na--
turales, ecosistemas de los bosques tropicales. - --
UNESCO/CIFCA. Madrid, 771. p.
- VELIZ AVILA, F.A., 1982. Caracterización de 22 cepas de hongos -
basidiomicetos causantes de pudrición en la madera.
Tesis de licenciatura, E.N.E.P. Iztacala, Universi--
dad Nacional Autónoma de México, 109 p.
- WILCOX, W.W., 1973. Degradation in Relation to Wood Structure. -
In: Nicholas, D.D. (Ed.) Wood deterioration and its
prevention by preservative treatments. Vol. 1. De--
gradation and protection of wood. Syracuse, 380 p.