

Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales IZTACALA



B0234/83 Ej. I

Biología

ENSAYO DE LABORATORIO SOBRE AGRESIVIDAD DE HONGOS XILOFAGOS HACIA MADERAS TROPICALES MEXICANAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A:

JACOBO DEMETRIO MARTINEZ MARCIAL



MEXICO, D. F.

1983

M.40039



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.

A EL M. en C. LUIS MANUEL PINZON PICASEÑO POR SUS ILUSTRES

ENSEÑANZAS

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las autoridades del Instituto de Biología, UNAM. y muy especialmente al Dr. Alejandro Estrada Medina jefe de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Ver., por el financiamiento otorgado para este estudio.

Mi agradecimiento al Ing. Alfonso Mejía Buerba por las facilidades otorgadas para la obtención de madera.

Así mismo agradezco a los profesores: Biól. Ernesto Aguirre León, Biól. Irene Frutis Molina, Biól. Jaime Angeles Angeles y Biól. Rosa Elia Chio Achi por la revisión y sugerencias hechas al manuscrito.

Finalmente mi reconocimiento a la Biól. Ma. Teresa Germán Ramírez, el Lic. Daniel Montiel Espinoza y al Biól. Antonio Meyran Camacho por su oportuna cooperación.

CONTENIDO

1. RESUMEN.	1
2. INTRODUCCION.	2
2.1. Generalidades.	2
2.1.1. Deterioro micológico de la madera.	2
2.1.2. Fisiología de los hongos xilófagos.	7
2.1.2.1. Temperatura.	7
2.1.2.2. Contenido de humedad.	7
2.1.2.3. Respiración.	8
2.1.2.4. pH.	8
2.1.2.5. Nutrición.	9
2.1.2.5.1. Carbohidratos.	9
2.1.2.5.2. Lignina.	9
2.1.2.5.3. Nitrógeno.	9
2.1.2.5.4. Vitaminas.	10
2.1.2.5.5. Minerales.	10
2.1.2.6. Enzimas.	11
2.1.2.6.1. Degradación de celulosa.	11
2.1.2.6.2. Degradación de lignina.	12
2.1.2.6.3. Degradación de hemicelulosas.	12
2.1.3. Efecto de los hongos xilófagos en la madera.	13
2.1.3.1. Efecto en las propiedades físico-mecánicas de la madera.	13
2.1.3.2. Efecto en la estructura microscópica de la madera.	14
2.1.4. Resistencia natural de la madera a la pudrición <i>versus</i> agresividad.	16
2.2. Objetivos.	18
2.3. Antecedentes.	19
3. MATERIALES Y METODOS.	21
3.1. Cepas de hongos utilizadas.	21
3.2. Obtención de madera para el estudio.	23
3.3. Método para determinar la agresividad de los hongos.	23

3.3.1. Fase para el desarrollo del inóculo.	23
3.3.2. Técnica de suelo-bloque.	24
4. RESULTADOS Y DISCUSION.	27
5. LITERATURA CITADA.	42

1. RESUMEN.

El presente trabajo, tiene por objeto el evaluar la agresividad de dos cepas de hongos una neotropical Polyporus sanguineus LB-40, y otra pantropical Polystictus sanguineus FPRL-150A, hacia la madera de tres especies neotropicales: Cymbopetalum bailloni, Nectandra ambigens y Poulsenia armata.

Fue utilizado un método de laboratorio del tipo denominado "suelo-bloque".

Los resultados indican una marcada diferencia en la agresividad de los hongos estudiados. Polyporus sanguineus demostró ser ligeramente agresivo hacia la madera de las tres especies, mientras que Polystictus sanguineus fue altamente agresivo hacia la madera de C. baillonii y P. armata, y ligeramente agresivo hacia la de N. ambigens. Los resultados obtenidos fueron confrontados con los dos trabajos previos que incluían datos de agresividad de las mismas cepas de hongos hacia las maderas de pino y liquidámbar.

La muy baja actividad de estos hongos sobre la madera de N. ambigens, se considera debida a que ésta especie posee alta resistencia natural al ataque de los hongos.

Finalmente, son discutidas las ventajas y utilidad del método seguido y de este tipo de estudios.

2. INTRODUCCION.

2.1. Generalidades.

2.1.1. Deterioro micológico de la madera.

La pudrición de la madera incluye dos aspectos diametralmente opuestos pero de gran importancia. Por un lado, desde el punto de vista económico, el biodeterioro de la madera causa pérdidas cuantiosas por daños ocurridos durante el procesamiento, transporte y almacenamiento de ésta, o bien, durante la vida de servicio de este material. LINDGREN en 1953 (citado por KOLLMANN y CÔTÉ, 1968) estimó que las pérdidas, debidas a la pudrición, eran del orden de 300 millones de dólares por año en los Estados Unidos de Norteamérica.

Por otro lado, la biodegradación de la madera en la naturaleza, es un proceso necesario para el reciclaje de elementos. Su importancia puede ser comprendida claramente al considerar que cerca de un tercio de la materia orgánica producida por las plantas verdes es celulosa y que para degradar esta celulosa, es necesaria la producción de enzimas celulolíticas, labor realizada en su mayor parte por los hongos lignícolas (HUDSON, 1980).

La cantidad de carbono que retorna a la atmósfera cada año como resultado de la degradación microbiana de la celulosa ha sido estimada en 85 mil millones de toneladas por año (COWLING, 1963, citado por GILBERTSON, 1974). Si la incorporación de carbono atmosférico en la madera, a través de la fotosíntesis, continuara mientras que la pudrición cesara, el contenido de CO_2 en la atmósfera podría caer pronto a un nivel demasiado bajo para sostener la vida en el planeta (GILBERTSON, 1974).

Los organismos que degradan la madera juegan un papel natural y esencial en el mantenimiento productivo de los bosques, atacando los árboles viejos y dañados, cuya muerte y caída, permite el desarrollo de árboles jóvenes y vigorosos. Asimismo la acumulación de grandes cantidades de material leñoso sobre la tierra es evitada por su biodeterioro, y esto a su vez, proporciona materia orgánica y minerales al suelo (BAKSHI, 1971; GILBERTSON, 1974).

De los agentes que destruyen a la madera, los biológicos son los que so-

bresalen en importancia, los cuales pertenecen a grupos tales como: hongos, bacterias, insectos, taladradores marinos e inclusive aves. Dentro de éstos, los principales son los hongos y los insectos xilófagos (FINDLAY, 1967; HUNT Y GARRATT, 1962). El deterioro biológico de la madera se debe a que ésta es un material de origen orgánico, constituido por el xilema secundario, el cual es un tejido complejo formado a partir del cambium vascular. El xilema es en realidad un conjunto de paredes celulares constituidas en un 99% de celulosa, hemicelulosa y lignina (JANE, 1970; FINDLAY, 1975).

La celulosa, es una de las sustancias orgánicas más abundantes sobre la tierra. En los tejidos leñosos completamente maduros representa de un 40-60% de su peso seco (PANSWIN Y DE ZEEUW, 1970; HUDSON, 1980). La molécula de celulosa en general, se cree que consiste de 500 a 10000 residuos de β -D-glucosa unidos por los enlaces glucosídicos entre el primero y cuarto átomo de carbono del residuo contiguo, para formar cadenas lineares continuas (PANSWIN Y DE ZEEUW, 1970).

Las hemicelulosas forman alrededor de 10-30% de la madera. Consisten de cortos heteropolímeros de glucosa, manosa, xilosa, arabinosa, galactosa y ciertos ácidos urónicos (HUDSON, 1980). Las hemicelulosas son solubles en solución alcalina, no así la celulosa. Las hemicelulosas están compuestas de dos clases generales de sustancias: 1) xilanas, azúcares de cinco carbonos, y 2) glucomanas, compuestas de glucosa y manosa, azúcares de seis carbonos. En las gimnospermas prevalece la manosa (hexosa) y una que otra xilosa, mientras que en las angiospermas, prevalece la xilosa (pentosa) y un poco la manosa (HENNINGSSON, 1967; TSUMIS, 1968).

La madera contiene de 15-35% de lignina (PANSWIN Y ZEEUW, 1970), es un polímero tridimensional altamente ramificado, compuesto de monómeros de oxifenilpropano, derivados de alcoholes cinamilos sustituidos, tales como el paracoumarilo, el coniferilo y el sinapilo. La proporción de las unidades de oxifenilpropano varía entre gimnospermas y angiospermas y entre varias especies de angiospermas (KIRK, 1973; HUDSON, 1980). La lignina parece actuar como una barrera física que impide a las celulosas localizar suficientes enlaces glucosídicos en la celulosa para permitir una hidrólisis a gran escala (HUDSON, 1980).

Otras sustancias que se encuentran en la madera, pero en menor cantidad, son las sustancias pécticas, los extractivos y algunas sales minerales. Los extractivos son compuestos químicamente muy diversos, tales como gomas, grasa, resinas, azúcares, aceites, almidón, alcaloides y taninos (TSOUMIS, 1968). La resistencia o susceptibilidad de la madera al ataque de los hongos e insectos está estrechamente unida a la presencia de estos extractivos (PANSIN y DE ZEEUW, 1970).

En resumen, la madera contiene una buena cantidad de compuestos que pueden ser metabolizados por los organismos especialmente adaptados para ello, destacando por su importancia los hongos causantes de pudrición.

Existen muchos hongos que habitan la madera y varían ampliamente en sus efectos, en general se les denomina hongos lignícolas. De éstos, se ha hecho una distinción en grupos con base en la naturaleza de su desarrollo, dentro de la madera o sobre ella, y por el tipo de deterioro químico, microscópico y macroscópico que ocasionan (HUNT y GARRATT, 1962):

HONGOS LIGNICOLAS	{	Mohos o causantes de manchado superficial	- Ascomycetes y Fungi Imperfecti		
		Hongos Cromógenos o causantes de verdadero manchado	- Ascomycetes y Fungi Imperfecti		
		Hongos Xilófagos o causantes de pudriciones	{	Pudrición Suave	- Ascomycetes y Fungi Imperfecti
				Pudrición Morena	- Basidiomycetes
Pudrición Blanca	- Basidiomycetes				

Los mohos, causan manchado superficial en la madera, aunque las hifas de los mohos penetren profundamente. El enmohecimiento visible de las maderas de gimnospermas es producido parcialmente por el desarrollo superficial de masas de esporas coloreadas, que pueden ser blancas, verdes, anaranjadas o negras. El manchado puede ser eliminado fácilmente cepillando la madera. Los mohos se nutren de almidones y azúcares sencillos de los elementos parenquimatosos, afectando solamente la apariencia y la permeabilidad de la madera, mientras que la resistencia mecánica es poco afectada (SCHEFFER, 1973).

Las maderas atacadas por hongos cromógenos, adquieren un aspecto manchado, los compradores las aceptan sólo a un precio reducido o sencillamente son rechazadas. El manchado puede deberse al color obscuro de las hifas o bien a pigmentos liberados por los hongos. La coloración de la madera puede ser azul, morena, púrpura, roja o amarilla. El daño de los hongos cromógenos aumenta la permeabilidad de la madera, mientras que la resistencia mecánica se ve poco afectada. Estos manchados se limitan principalmente a la albura pero generalmente pueden profundizar hacia el duramen. Los hongos cromógenos dependen del tejido parenquimatoso para su nutrición por el contenido de azúcares y almidón en los elementos celulares. Algunos hongos cromógenos y mohos pueden causar pudrición si las condiciones son favorables para su desarrollo y suficientemente prolongadas (SCHEFFER, 1973).

Los hongos causantes de pudrición suave, tienen algunas semejanzas con los hongos causantes de pudrición morena. La pudrición suave generalmente se exhibe en las partes más externas de la madera, mostrando un patrón cúbico de agrietamiento (KOLLMAN y CÔTÉ, 1968). Estos hongos degradan celulosa y hemicelulosas en gran proporción y lignina en mucha menor cantidad (KIRK, 1973). Las hifas de estos hongos se encuentran dentro de la pared secundaria formando cavidades romboidales orientadas helicoidalmente, paralelas a las microfibrillas de la celulosa de la capa S_2 (KOLLMAN y CÔTÉ, 1968). Este tipo de deterioro es generalmente encontrado en superficies expuestas a condiciones persistentes de humedad. La madera de las angiospermas es más susceptible que la de las gimnospermas a este tipo de daño, tal vez esto se debe a la mayor proporción de lignina en las gimnospermas (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970)

Los hongos causantes de pudrición morena producen en la madera un patrón de agrietamiento transversal y longitudinal al grano confiriéndole un aspecto cúbico. En estado avanzado de la pudrición, la madera queda convertida en una masa pulverulenta de forma irregular y de color moreno. La pudrición morena ataca la celulosa y hemicelulosas de las paredes celulares, dejando más o menos intacta la lignina. Las hifas de los hongos que causan este tipo de pudrición liberan enzimas que se difunden desde el lumen celular, donde las hifas están localizadas, a través de la pared celular secundaria. La primera capa degradada es la S_2 , después sigue la S_1 y finalmente la S_3 , dejando a los componentes de la lámina media más o menos inalterados (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970). El color moreno u obscuro ad-

quirido por la madera podrida se debe a los residuos de lignina (HUDSON, 1980). La pudrición morena está comúnmente asociada a las gimnospermas (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970).

Los hongos causantes de pudrición blanca, convierten a la madera en una masa esponjosa o fibrosa de apariencia blanquecina, con ligera disminución de volumen pero con notable pérdida de peso. Lo cual se debe al gradual adelgazamiento de las paredes celulares, que se inicia del lumen hacia la lámina media, siendo la capa S_3 la atacada primero, siguiendo después las otras dos capas (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970). El aspecto blanquecino se debe a que hay degradación tanto de holocelulosa como de lignina (KOLLMAN y CÔTÉ, 1968) y de sustancias que le confieren color a la madera (SCHEFFER, 1973). La pudrición blanca está más comúnmente asociada a la madera de angiospermas (PANSHIN y DE ZEEUW, 1970), que generalmente no es tan rica en lignina como la madera de gimnospermas (HENNINGSSON, 1967).

Los tres tipos de pudrición causan severas alteraciones en las propiedades físico-mecánicas de la madera.

2.1.2. Fisiología de los hongos xilófagos.

En la fisiología de los hongos xilófagos directamente relacionada con la pudrición de la madera, destacan por su importancia factores tales como: temperatura, contenido de humedad, respiración, pH, nutrición y enzimas (HENNINGSSON, 1967)

2.1.2.1. Temperatura.

Generalmente las temperaturas óptimas para muchos hongos degradadores están entre 25 C y 30 C (HENNINGSSON, 1965). Las temperaturas más altas o más bajas que el óptimo, retardarán o inhibirán el crecimiento de los hongos, siendo las temperaturas más altas las que tienen mayor efecto nocivo sobre el crecimiento y el desarrollo de la pudrición que las temperaturas más bajas (PANSIN y DE ZEEUW, 1970). Los hongos duplican su velocidad de crecimiento cada 11.1 C (aprox.) al elevarse la temperatura, dentro del rango de temperatura mínima y máxima que permite el crecimiento activo. El resultado práctico de esto es que la pudrición de la madera es más rápida en verano que en invierno y mucho más rápida en los trópicos que en las regiones templadas (FINDLAY, 1967).

2.1.2.2. Contenido de humedad.

Desde un punto de vista práctico, el contenido de humedad es el factor más importante que influye en el desarrollo de los hongos sobre la madera. Los basidiomicetos xilófagos prosperan mejor en la madera que contenga entre 35 y 50% de humedad, el valor exacto depende tanto de la especie de hongo como del tipo de madera. El punto crítico o límite superior de contenido de humedad que permite la actividad del hongo, es alcanzado cuando los espacios inter e intracelulares están completamente saturados de agua, la ausencia de aire en la madera detiene el crecimiento fúngico. El límite inferior del contenido de humedad de la madera propicio para el ataque de los hongos xilófagos es alrededor de 20-22% de humedad, al parecer no importando que las esporas para germinar necesiten valores de 27-28% de humedad (FINDLAY, 1967). La condición más favorable para el crecimiento de los hongos en la madera parece ser cuando las paredes celulares están embebidas o cubier-

tas con una película de agua en la cual la libre difusión de las enzimas pueda llevarse a cabo en el sustrato dejando suficientes espacios de aire en las cavidades celulares, para que el intercambio de gases se efectúe (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958). Durante el proceso de biodeterioro fúngico de la madera, hay un incremento de humedad en la madera como resultado del metabolismo de los hongos xilófagos en la degradación de la celulosa (FINDLAY, 1967).

2.1.2.3. Respiración.

Muchos hongos demandan al menos un poco de aire para su crecimiento, necesitan oxígeno para realizar la oxidación de los carbohidratos que ellos usan para su crecimiento y para su suplemento de energía. Como resultado de la respiración, producen o liberan CO_2 , y si no hay intercambio de aire en las inmediaciones de las hifas en crecimiento, el CO_2 se acumulará y detendrá el crecimiento del hongo y eventualmente vendrá la muerte por sofocación. Por esta razón los hongos xilófagos no pueden crecer en madera que está sumergida en agua, ya que se reducen los espacios aéreos de la madera. Por ello el almacenamiento de la madera sumergida en agua reduce o excluye la colonización fúngica y el avance de la pudrición. Sin embargo este método no puede asegurar la muerte del hongo establecido en la madera, su efectividad por lo tanto está restringida a la madera libre de hongos xilófagos. En el caso donde los hongos xilófagos fueron encontrados atacando la superficie de la madera saturada de agua, generalmente pertenecen al grupo de hongos causantes de pudrición suave (PANSIN y DE ZEEUW, 1970; FINDLAY, 1967).

2.1.2.4. pH.

El pH óptimo para el funcionamiento general de los hongos xilófagos y su crecimiento, se sitúa entre 4.5-5.5 (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958). Los hongos xilófagos generalmente tienen una amplia tolerancia de pH en la región ácida, siendo capaces de crecer en el rango de 2-8. El extremo ácido es cubierto preferentemente por los hongos que causan pudrición morena, llegando a crecer en valores de 1.5, mientras que el extremo alcalino es preferentemente ocupado por los hongos que causan pudrición blanca (HENNINGSSON, 1967).

2.1.2.5. Nutrición.

La principal fuente de nutrientes de los hongos xilófagos son los polímeros de la pared celular: celulosa, hemicelulosa y lignina, y algunos carbohidratos contenidos en las cavidades celulares de la madera (PANSIN y ZEEUW, 1970).

2.1.2.5.1. Carbohidratos.

En el trabajo de HENNINGSSON (1967), menciona 15 hongos xilófagos ensayados con 16 diferentes fuentes de carbono, los carbohidratos mejor utilizados, por orden de importancia son: glicerol, D-celobiosa, manitol, D-manosa, almidón, D-glucosa, sorbitol, D-fructosa, D-maltosa; entre los moderadamente utilizados están: D-xilosa, D-sacarosa y rafinosa, los hongos exigüamente utilizaron lactosa, inulina, D-galactosa y D-arabinosa. Han sido experimentadas otras fuentes de carbono; L-ramnosa, D-ribosa, L-sorbosa y D-trehalosa, las que ensayadas con Polyporus betulinus, hongo de pudrición morena, fueron pobremente utilizadas (HENNINGSSON, 1965).

2.1.2.5.2. Lignina.

El producto químicamente aislado, conocido como lignina no es suficiente para la nutrición de los hongos xilófagos. Aunque ciertas enzimas producidas por los hongos causantes de pudrición blanca, son capaces de biodegradar la lignina en la madera, esta degradación ocurre simultáneamente con el metabolismo de los carbohidratos (KOLLMAN y CÔTÉ, 1968). En los medios de cultivo sintéticos hechos con lignina, no es fácilmente atacada. Algunos investigadores (GOTTLIEB, et al, 1950, citados por CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958) han logrado cultivar hongos xilófagos en medios que contienen lignina como única fuente de carbono, pero después de un proceso de adaptación.

2.1.2.5.3. Nitrógeno.

Ha sido observado que la presencia de nitrógeno orgánico es necesaria para el crecimiento de los hongos destructores de la madera, los que en general, no pueden utilizar nitratos como única fuente de nitrógeno (HUDSON, 1980). Los requerimientos son evidentemente muy bajos ya que la madera sólo contiene de 0.1-0.3%

de nitrógeno (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958; HENNINGSSON, 1965, 1967; KOLLMAN y CÔTÉ, 1968; HUDSON, 1980). Sin embargo, la adición de nitrógeno orgánico e inorgánico acelera la descomposición de la madera por los hongos xilófagos (KOLLMAN y CÔTÉ, 1968). Los últimos autores citados llegan a la conclusión de que los basidiomicetos xilófagos no requieren nitrógeno orgánico, pero el crecimiento en general es más notable en nitrógeno orgánico que en sales de amonio. A pesar de ello, las sales de amonio en comparación con los nitratos, son mejores fuentes de nitrógeno, ya que la incapacidad para utilizar nitratos es muy común en los basidiomicetos (HENNINGSSON, 1965).

En los trabajos realizados por HENNINGSSON (1965, 1967), demuestra que los hongos xilófagos pueden utilizar una variedad de fuentes de nitrógeno, casi todos los aminoácidos: L(+) lisina, L(-) histidina, L-triptófano, L(-) hidroxiprolina, L-cistina, L-tirosina, DL-isolucina, L(-)prolina, DL-metionina, DL-fenilalanina, DL-valina, L-ác. glutámico, DL-treonina, L-leucina, DL-ác. aspártico, L(+) arginina, glicina, DL-serina, DL-alanina y asparagina. Otros compuestos utilizados por estos hongos son caseína hidrolizada, tartrato de amonio, cloruro de amonio, sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio y nitrato de potasio, estos dos últimos, son de los más pobremente utilizados por los hongos destructores de la madera.

2.1.2.5.4. Vitaminas.

Los hongos generalmente requieren de tiamina (vitamina B₁) y biotina. La deficiencia de tiamina es particularmente común en los agaricales (HUDSON, 1980). El suplemento de nitrógeno no puede ser utilizado por los hongos xilófagos en la ausencia de la vitamina B₁, usualmente, ésta es la única vitamina esencial para el crecimiento de muchos hongos, aunque la adición de ciertas otras vitaminas pueden estimular el crecimiento (KOLLMAN y CÔTÉ, 1968).

2.1.2.5.5. Minerales.

Ciertos micronutrientes inorgánicos son necesarios para el crecimiento de los hongos xilófagos, (COCHRANE, 1958; citado por KOLLMAN y CÔTÉ, 1968), tales como el hierro, zinc, cobre, manganeso y molibdeno, en esta categoría, incluyó también fósforo, potasio, azufre y magnesio, pero éstos son requeridos en mayores cantidades

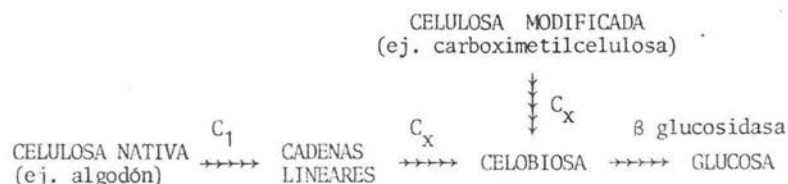
2.1.2.6. Enzimas.

Muchas de las reacciones degradativas involucradas en la pudrición de la madera son realizadas por enzimas catalíticas, y ciertas enzimas han sido parcialmente purificadas y caracterizadas (KIRK, 1973). Existen enzimas capaces de difundirse dentro de la matriz polimérica de la madera e hidrolizan u oxidan el sustrato a moléculas más simples a cierta distancia de las hifas. La habilidad de estas substancias extracelulares, para desplazarse dentro de la madera es importante, esto quiere decir que las superficies de los elementos xilemáticos, el tamaño, forma y distribución de las diversas estructuras que le confieren porosidad a la madera, la cantidad y localización de agua en la misma, así como, el tamaño, forma y cargas eléctricas de las enzimas, influirán en el patrón y desarrollo de la pudrición (KIRK, 1973). El catabolismo completo, por supuesto, no ocurre extracelularmente, una vez que las enzimas extracelulares han degradado los polímeros, las partículas de bajo peso molecular que son liberadas, pueden difundir a la hifa donde son metabolizadas intracelularmente (KIRK, 1973).

A continuación se mencionan algunas enzimas involucradas en la degradación de los principales componentes de la pared celular.

2.1.2.6.1. Degradación de celulosa.

El sistema de celulasas está hecho sobre un complejo de enzimas, una de las cuales C_1 parece ser responsable de la conversión de la celulosa cristalina en cadenas lineares, forma accesible para la endo-enzima hidrolítica C_x que puede ser considerada como una 1-4 β glucanasa, la cual cataliza el rompimiento de las cadenas lineares a celobiosa. La celobiosa es hidrolizada y convertida a glucosa por una β glucosidasa (REESE, 1975; HUDSON, 1980), como se indica a continuación:



2.1.2.6.2. Degradación de lignina.

Los hongos que causan pudrición blanca fácilmente descomponen y metabolizan lignina, pero ninguna enzima involucrada en la degradación de este complejo ha sido identificada, ni los mecanismos por los cuales pueda llevarse a cabo la descomposición, tan sólo se tienen evidencias de la acción de oxigenasas y deshidrogenasas extracelulares (KIRK, 1975). Las reacciones involucradas significativamente en el desdoblamiento de los anillos aromáticos de la lignina por los hongos causantes de pudrición blanca, sin duda son oxidativas y requieren de oxígeno molecular (KIRK, 1973). ERIKSSON, PETERSON y WESTERMARK (1975), mencionan cinco diferentes endoenzimas (endo-1,4- β -glucanasas) y una exoenzima (exo-1,4- β -glucanasa) y en sus resultados sobre la purificación y determinación de enzimas de un hongo causante de pudrición blanca demuestran la existencia de una enzima adicional, de importancia para la degradación microbiológica de la celulosa, la celobiosa:quinona oxidorreductasa, parece estar involucrada en la degradación enzimática tanto de la celulosa como de la lignina en la madera.

2.1.2.6.3. Degradación de hemicelulosas.

Poco se ha elucidado de los detalles de la hidrólisis enzimática de las hemicelulosas de la madera, la depolimerización de estos compuestos, se complica por la ramificación de sus cadenas, por la formación heteropolimérica de las mismas y por la presencia de grupos sustituybles (KIRK, 1973).

Los hongos que causan pudrición blanca degradan los azúcares individuales de las hemicelulosas de la madera en diferentes grados. La actividad de la β -(1 \rightarrow 4) xilanasas, β -(1 \rightarrow 4) mananasas, β -(1 \rightarrow 4) xilosidasas y β -(1 \rightarrow 4) manosidasas ha sido demostrada en cultivos filtrados de los hongos causantes de pudrición blanca: Fomes annosus, Stereum sanguinolentum y Chrysosporium lignorum (KIRK, 1973).

2.1.3.2. Efecto en la estructura microscópica de la madera,

El efecto que los hongos xilófagos producen en la madera, difieren según el tipo de pudrición.

En la pudrición suave, es difícil separar los cambios microestructurales en la pared celular de los elementos del xilema de la penetración de las hifas. Han sido reconocidos dos tipos de degradación producidos por los hongos causantes de pudrición suave (CORBETT, 1965, citado por WILCOX, 1973), llamado el tipo 1, que es la forma clásica del deterioro atribuido a los hongos de pudrición suave en el ataque hacia las maderas de gimnospermas, se caracteriza por la formación de cavidades romboidales o por cadenas de cavidades romboidales en la capa intermedia de la pared celular secundaria, más o menos paralelas con las microfibrillas de la celulosa. Estas cavidades normalmente contienen en su interior a la hifa que las desarrolló. El tipo 2, el cual ocurre predominantemente en angiospermas, consiste en la erosión enzimática de la superficie de la pared celular, a partir del lumen de la fibra en las zonas de contacto con la hifa, así como en la formación de hendiduras, que en corte transversal tienen forma de "V" con la abertura hacia el lumen y el ápice hacia la lámina media. Estas hendiduras penetran hasta la capa más externa de la pared secundaria o a la lámina media. Las hendiduras de las fibras adyacentes frecuentemente contienen en su interior una fina rama hifal que pasa a través de la pared celular en ángulo recto al eje de la fibra.

En la pudrición morena, los efectos sobre la pared celular de los elementos anatómicos de la madera son irregulares, debido a la proporción de lignina que posee cada capa de la pared celular. La distribución de las hifas dentro de la madera puede ser uniforme o irregular, la penetración de los hongos hacia los elementos de la madera es a través de las punteaduras o también horadando transversalmente la pared celular. En algunos casos hay formación de cavidades más o menos paralelas a las microfibrillas de la pared secundaria u orientadas axialmente a las células. Los efectos en la microestructura son irregulares y abruptos, causando contracciones y colapso en las paredes celulares en estadios avanzados de la pudrición. El colapso probablemente ocurre cuando el material residual no posee suficiente resistencia para mantener la forma ori

ginal de las células (WILCOX, 1973).

Los efectos sobre la pared celular de los elementos de la madera en la pudrición blanca son más uniformes, aunque la distribución de las hifas dentro de la madera pueda ser irregular o uniforme, en comparación con la pudrición morena. La penetración de las hifas es a través de las punteaduras o también horadando transversalmente la pared celular de los elementos xilemáticos. Los hongos de pudrición blanca pueden producir cavidades más o menos paralelas a las microfibrillas de la pared secundaria o también axialmente a la célula (WILCOX, 1973). Los cambios microestructurales en la madera debidos a la acción de los hongos, consisten principalmente en un adelgazamiento paulatino de la pared secundaria que principia en el lumen y avanza progresivamente hacia la lámina media. Aunque en estado avanzado de la pudrición blanca, poca o ninguna contracción y/o colapso de las células ocurren, por lo que la forma original y la apariencia exterior de la madera se conserva (WILCOX, 1973).

2.1.4. Resistencia natural de la madera a la pudrición *versus* agresividad de los hongos xilófagos.

La madera es uno de los materiales de origen orgánico más resistentes a la degradación por agentes bióticos. Esto se debe a su alto contenido de lignina al formar el complejo lignocelulósico de las paredes celulares. El bajo contenido de nitrógeno es otro factor que contribuye en la baja susceptibilidad de la madera a la degradación microbiana, pues significa que es un medio empobrecido para una amplia gama de organismos. Pero la principal causa de resistencia al biodeterioro se debe al contenido de sustancias tóxicas, depositadas en la madera durante la formación del duramen. Estas sustancias, por ser de naturaleza química muy diversa, reciben el nombre de extractivos (HUDSON, 1980).

Otras propiedades de la madera no tienen influencia en la resistencia natural de la madera al ataque de los hongos xilófagos. Por ejemplo, no ha sido demostrada una verdadera correlación entre la densidad de la madera, proporción de madera temprana y tardía o anchura de los anillos de crecimiento (debida a la velocidad del crecimiento secundario), con la resistencia natural a la pudrición. Algunas variaciones en la resistencia natural a la pudrición de una madera determinada pueden ser correlacionadas con variaciones de densidad, pero solamente si las variaciones en densidad se deben a la acumulación de extractivos (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958).

Por otro lado, la agresividad de los hongos xilófagos hacia la madera es un parámetro del potencial fisiológico de estos organismos, particularmente en cuanto a la producción de los sistemas enzimáticos involucrados en la degradación de la madera.

Generalmente, en la literatura se expresa la mayor o menor actividad de los hongos xilófagos por la magnitud de los valores porcentuales de peso perdido en madera expuesta a su ataque. Esta actividad ha sido denominada capacidad de producir pudrición (CARTWRIGHT y FINDLAY, 1958; CAREY, 1975), y sólo fortuitamente ha sido empleado el término de agresividad, para facilidad de re

dacción, en algunos trabajos mexicanos como el de HERRERA RODRIGUEZ et al. (1980).

El concepto de agresividad, tal como es utilizado en este trabajo, fue su gerido inicialmente por LOPEZ GUERRERO (1979) y después utilizado también por VELIZ AVILA (1982), con el fin de traducir los valores porcentuales de pérdida de peso en la madera atacada, a términos significativos y de fácil utilización como categorías de agresividad.

Los estudios sobre resistencia natural de la madera a la pudrición y la agresividad de los hongos xilófagos, constituyen dos puntos de vista de un pro ceso biológico en el que ambas interactúan. Los primeros están enfocados a la obtención de información de una propiedad de la madera, los segundos a la evaluación de la actividad de los hongos sobre la madera. Aunque los métodos para el estudio de estos dos aspectos pueden ser los mismos, es idóneo que se tomen en cuenta ciertos detalles. Para los ensayos de resistencia natural de la made ra a la pudrición, es preciso tener mucho cuidado en la selección, la proceden cia y el procesamiento del material para asegurar que tal propiedad no sea alterada o que los resultados no sean influenciados por otras variables. También, es deseable que el método concuerde con las normas establecidas para este tipo de ensayo, lo que permitirá una comparación válida de los resultados obtenidos con otros investigadores en otras regiones. Y además, es particularmente importante la selección de hongos para el ensayo, puesto que deben ser empleados los de reconocida alta agresividad. Para la determinación de agresividad, es deseable utilizar madera que no posea en gran medida la propiedad de resistencia al ataque de los hongos. También, debe tomarse en cuenta el empleo de dos tipos principales de madera, de gimnospermas y de angiospermas, para detectar algún grado de especificidad de los hongos, o que esta misma selectividad sea la causa de una subestimación de la agresividad si sólo se emplea uno de los dos tipos. Y finalmente, deberá tenerse cuidado en seleccionar el método de cultivo más favorable para la expresión del potencial de los hongos por estudiar.

2.2. Objetivos.

Los objetivos planteados para este trabajo, son los siguientes:

- 1) Evaluar y comparar la capacidad de producir pudrición de dos cepas de hongos basidiomicetos, una neotropical y otra pantropical, hacia la madera de tres especies neotropicales. Así como transformar estos valores a términos significativos de agresividad.
- 2) Comparar la agresividad de las cepas seleccionadas hacia la madera de las especies utilizadas en este trabajo, con la agresividad de las mismas cepas, hacia la madera de pino y liquidambar, estimada en trabajos anteriores.
- 3) Comparar la actividad de una cepa de hongo sobre la madera de especies de su localidad, con respecto a la actividad de otra cepa que no es de la localidad.
- 4) Obtener una estimación relativa de la resistencia natural de la madera de las especies utilizadas al ataque de las cepas de ensayo.

2.3. Antecedentes.

Los antecedentes en nuestro país sobre los hongos xilófagos considerados como organismos biodegradadores de la madera, son relativamente escasos.

Han sido llevados a cabo evaluaciones experimentales de laboratorio, sobre la resistencia natural de la madera al ataque de los hongos xilófagos, como los de GARCIA CARMONA (1948), GOMEZ NAVA et al. (1969), HERRERA RODRIGUEZ et al. (1976), DE LA PAZ PEREZ OLVERA y SALINAS QUINARD (1977), PEREZ-MORALES et al. (1977) y HERRERA RODRIGUEZ et al. (1980). En estos estudios, el interés estuvo dirigido a la obtención de información sobre esta propiedad particular de la madera y no sobre la actividad de los hongos.

Por otro lado, OBREGON ARCEO y ECHENIQUE-MANRIQUE (1974) aislaron e identificaron tres especies de hongos xilófagos, habitando en postes de madera de la Comisión Federal de Electricidad, sin llegar a estimar experimentalmente el papel e importancia de los organismos aislados.

Finalmente, han sido realizados dos trabajos, considerados como los antecedentes directos del presente estudio, ya que fueron orientados a obtener información sobre la actividad de los hongos y no sobre las propiedades de la madera, aportando datos sobre tipo de pudrición, agresividad y tolerancia a la creosota de los hongos investigados. El primero (LOPEZ GUERRERO, 1979), comprendió un estudio sobre 20 cepas de hongos xilófagos de procedencia extranjera, incluyendo a Polystictus sanguineus cepa FPRL-150A, y el segundo, (VELIZ AVILA, 1982) comprendió un total de 22 cepas mexicanas, incluyendo a Polyporus sanguineus cepa LB-40. La información aportada en estos dos trabajos será ampliada en detalle con el presente estudio para las cepas de Polystictus sanguineus y Polyporus sanguineus

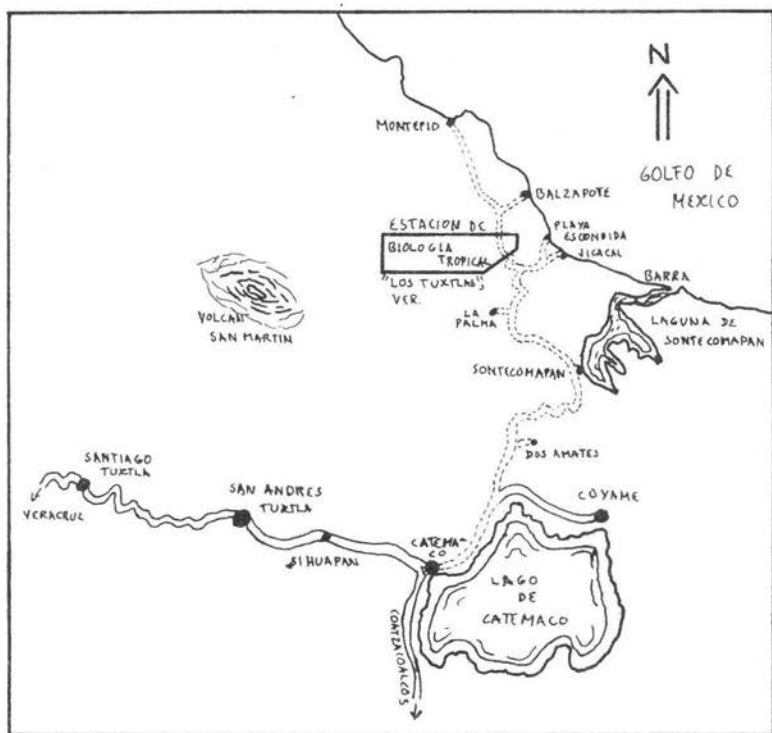


Figura 1. Sitios de colecta de una de las cenizas fúngicas y de la madera de las tres especies.

3. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Cepas de hongos utilizadas.

Para esta investigación han sido seleccionadas, dos cepas de hongos xilófagos, una pantropical, Polystictus sanguineus (L.) Mey. cepa FPRL 150-A, procedente de la India, obtenida de la colección de cultivos del Princes Risborough Laboratory, U.K.; y una neotropical, Polyporus sanguineus L. ex Fr. cepa LB 40, de la colección de cultivos del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales, Instituto de Biología, UNAM, aislada a partir del contexto de un basidiocarpo recolectado en la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas", Ver., México, del Instituto de Biología de la UNAM. La estación se localiza aproximadamente entre los 95°04' y 95°09' de longitud Oeste y los 18° 34' y 18° 36' de latitud Norte. Es decir, se encuentra ubicada en la vertiente del Golfo de México, al Sureste del Estado de Veracruz, enclavada en las estribaciones del volcán de San Martín, aproximadamente en la parte central de la región de los Tuxtlas. La altitud de los terrenos de la Estación varía de los 150 a los 530 msnm. El clima en el área es cálido húmedo con unos 4560 mm de precipitación anual, 23.7 C de temperatura media, 29 C de temperatura máxima y 17 C de temperatura mínima. La vegetación de la Estación es del tipo Selva Alta Perennifolia (LOT-HELGUERAS, 1975).

El aislamiento de la cepa de "Los Tuxtlas", Ver., fue realizado de la siguiente manera. Como medio de cultivo, fue utilizado Benomyl Agar, una composición que restringe el crecimiento de micromicetos, permitiendo así el libre desarrollo de basidiomicetos. Este medio ha sido recomendado por LEVY (1976) para el aislamiento de hongos de la madera. Su composición es la siguiente:

Benomyl Agar

(modificado de HUNT y COBB, 1971)

Extracto de malta	15.0	g
Agar	7.5	g
Fenol en cristales	0.025	g
Benomyl (Benlate)	0.004	g
Agua destilada	500.0	ml

Para la preparación de este medio, el extracto de malta, el agar y el agua fueron colocados en matraces de un litro y esterilizados en autoclave a 15-20 lb/pul² de presión durante 20 min. Después de esterilizado y enfriado el medio a unos 40-60 C, fueron añadidos el fenol y el benomyl habiendo sido mezclados previamente en unos 2 ml de alcohol al 50%. El medio fue agitado perfectamente para permitir una distribución homogénea de los nuevos ingredientes, quedando entonces, listo para ser vaciado a frascos de cultivo.

El medio preparado de esta manera fue distribuido en dosis de 10 ml a frascos pastilleros rectangulares de 40 ml de capacidad, con tapaderas de rosa sin empaque. Estos frascos fueron previamente esterilizados en autoclave. Los frascos con medio fueron inclinados a 45°, o bien en un ángulo tal que el medio formara una capa de espesor decreciente desde el fondo de los frascos hasta una distancia de 2.5 cm aproximadamente, de la tapa. Para obtener una inclinación correcta, los frascos fueron colocados con las coronas apoyadas sobre un perfil de aluminio en forma de "L". Esto fue llevado a cabo en una campana de flujo laminar de aire estéril. Una vez que el medio solidificó, los frascos fueron cerrados herméticamente e incubados durante tres días a 26C en obscuridad, para probar su esterilidad.

Estos frascos con medio fueron llevados al campo donde fueron inoculados con una fracción del contexto del basidiocarpo, con pinzas y asas estériles. Una vez desarrollado el inóculo inicial, fueron realizadas resiembras sucesivas para llegar al estado axénico, condición bajo la cual fueron incorporados a la colección de cultivos del Laboratorio de Biodeterioro y Preservación de Productos Forestales, del Instituto de Biología, UNAM.

El aislamiento fue llevado a cabo en el campo utilizando una caja de cartón forrada de papel aluminio, con un pliego de papel filtro impregnado de hipoclorito de sodio al 3% en la superficie de trabajo y una lámpara de alcohol.

3.2. Obtención de madera para el estudio.

Para determinar la agresividad de las cepas, fue obtenida la madera de tres especies tropicales mexicanas; Cymbopetalum baillonii Fries "huevo de mono" (Annonaceae), Poulsenia armata (Miq.) Standl. "chirimoya" (Moraceae) y Nectandra ambigens Blake Allen "laurel contra" (Lauraceae), recolectadas en el municipio de Coyame, Región de los Tuxtlas, Veracruz, México (fig.1). Derribado el árbol con motosierra, fueron obtenidas trozas de aproximadamente 1.80 m, las cuales fueron transportadas al aserradero para obtenerse tablones los que a su vez, fueron transportados al Laboratorio de Biodeterioro donde fueron mantenidos estibados para su secado a la temperatura ambiente.

A partir de una de estas tablas constituidas por madera de duramen, fueron cortados bloques de 30 X 10 X 5 mm, con la dimensión mayor paralela al grano de la madera.

3.3. Método para determinar la agresividad de los hongos xilófagos.

La metodología planeada coincide fielmente con la técnica de suelo-bloque descrita por LOPEZ GUERRERO (1979) y VELIZ AVILA (1982), la cual a su vez, fue desarrollada a partir de un método rutinario empleado en el Princes Risborough Laboratory, U.K.

3.3.1. Fase para el desarrollo del inóculo.

Para esta etapa, fue empleado un medio de cultivo compuesto por:

Extracto de malta	30.0 g
Agar	15.0 g
Agua destilada	1.0 l

El medio preparado fue esterilizado en autoclave a 15-20 lb/pul² durante 20 min. y vertido en dosis de 20 ml en cajas de petri estériles, en la campana de flujo laminar de aire estéril. Una vez solidificado el medio, las ca-

jas fueron colocadas en el interior de cajas de plástico Cipsa tipo camisera, de 38 X 27 X 16 cm, conteniendo agua destilada en el fondo y una malla de plástico apoyada en soportes, para sostener a las cajas petri sobre el nivel del agua. El agua destilada proporciona una humedad relativa alta que evita la desecación del medio de cultivo. Las cajas así preparadas fueron incubadas durante tres días a 26 C en obscuridad para probar su esterilidad.

Transcurridos los tres días, las cajas de petri fueron inoculadas con las cepas de ensayo: Polyporus sanguineus LB-40 y Polystictus sanguineus FPRL 150-A. Las cajas inoculadas fueron rotuladas e incubadas en las cajas de plástico camiseras bajo las mismas condiciones de la prueba de esterilidad, durante 14 días.

3.3.2. Técnica de suelo-bloque.

Para llevar acabo esta técnica, son requeridos los siguientes materiales: recipientes adecuados para preparar las llamadas cámaras de pudrición, suelo apropiado y bloques de madera de las especies seleccionadas.

Los recipientes para las cámaras de pudrición consistieron en frascos de vidrio del tipo tarro conserva, de 235 ml de capacidad, 6 cm de diámetro y con tapadera de plástico con rosca, sin empaque.

El suelo fue obtenido de las faldas del volcán el Xitle, en la Sierra del Ajusco, D.F., a 3000 msnm, y del horizonte 0-20. Las muestras secadas al aire y homogeneizadas tuvieron las siguientes características: capacidad de retención de agua 39.3%, pH 5.7, el volumen normalizado del suelo (118 cc) secado al aire, tamizado en un tamiz N°10 (2mm) y compactado ligeramente tuvo un peso de 98.8 g. Todos estos valores están de acuerdo con las especificaciones de las normas ASTM-1413-61 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1967) y AWWA M 10-71 (AMERICAN WOOD PRESERVERS' ASSOCIATION, 1971), propuestas para bioensayos similares de madera y preservadores.

Los bloques de madera de duramen de las especies seleccionadas, de 30 X

10 X 5 mm, fueron preparados de la siguiente manera. Primeramente fueron rotulados con lápiz en numeración progresiva para identificarlos correctamente. Después los bloques fueron colocados por grupos en pequeñas charolas de aluminio, para ser secados al horno durante 24 hrs. a 105 C. Transcurrido el tiempo de secado, las charolas con los bloques fueron transferidas a un desecador con pentóxido de fósforo y estos mantenidos así durante 30 min. para su enfriamiento, sin rehidratación. En seguida cada bloque fue pesado en una balanza analítica con aproximaciones de 0.0001 g, obteniéndose así el peso inicial para cada uno, (P_i). Entonces los bloques estuvieron listos para ser colocados en las cámaras de pudrición.

Fueron utilizados 20 bloques como repeticiones de cada tipo de madera para cada cepa de hongo. Como testigos fueron empleados 20 bloques de cada tipo de madera.

Las cámaras de pudrición fueron preparadas de la siguiente manera. A cada frasco le fueron añadidos 30 ml de agua destilada, calculados para obtener un 130% de la capacidad de retención de agua del suelo. Después fue agregado el suelo hasta la mitad de la capacidad del frasco (118 ml) nivelando su superficie. Más tarde, fueron colocados dos bloques de madera de la misma especie en cada cámara de pudrición, paralelos entre sí y semienterrándolos, es decir, nivelando su cara superior con la superficie del suelo.

Una vez preparadas las cámaras de pudrición con sus bloques, tanto los testigos como los de prueba, se procedió a esterilizarlos en autoclave a 15-20 lb/pul² durante una hora, con las tapaderas de rosca aflojadas a un cuarto de vuelta.

Posteriormente, se procedió a inocular las cámaras de pudrición a partir de las cajas petri con micelio desarrollado durante 14 días en la fase inicial. Del total de cajas petri inoculadas, fueron seleccionadas aquellas cuyo micelio mostró mejor y más homogéneo desarrollo. Con la ayuda de un sacabocados esterilizado en alcohol y flameado, fueron tomados bloques de micelio y medio de cultivo de 1 cm². Estas muestras fueron obtenidas a la misma distancia radial del

centro de la colonia, para homogeneidad y vigor de crecimiento en todos los inóculos. Para cada cámara de pudrición fueron transferidos dos inóculos, uno por cada bloque de ensayo, procurando que una parte del inóculo quedara sobre el bloque de la madera y la parte restante sobre el suelo.

El proceso de inoculación fue repetido en 30 cámaras por cada cepa; 10 cámaras por cada una de las 3 especies de madera, sumando un total de 120 bloques de madera ensayados.

Las 30 cámaras de pudrición no inoculadas (testigo) correspondieron a 10 cámaras por especie de madera, equivalentes a 20 bloques de madera por especie, que sumaron un total de 60 bloques testigo.

La incubación de las cámaras de pudrición de prueba y testigos se efectuó durante 46 días en las cajas de plástico tipo camisera con agua destilada para proporcionar una humedad relativa alta, a 26 C y obscuridad.

Transcurrido el tiempo de incubación, los bloques de las cámaras de pudrición fueron extraídos individualmente cepillándoseles cuidadosamente para eliminar el micelio superficial, inmediatamente después fueron pesados cada uno de los bloques para obtener así el peso hidratado final (P_h). En seguida, fueron sometidos a otro proceso de secado y enfriado similar al antes descrito, y vueltos a pesar para obtener el peso final (P_f). Con los valores obtenidos fueron obtenidas las siguientes relaciones:

$$\text{Capacidad de producir pudrición} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{P_h - P_f}{P_f} \times 100$$

Donde: P_i = Peso anhidro inicial
 P_h = Peso hidratado final
 P_f = Peso anhidro final

4. RESULTADOS Y DISCUSION.

Los resultados obtenidos en este ensayo, están reunidos en las tablas 1 y 3 y en la gráfica 1. En la tabla 1, los datos están expresados como porcentajes de pérdida de peso de los bloques de madera y contenido de humedad de los mismos al final del período de exposición al ataque. La tabla 3, contiene las categorías de agresividad de las dos cepas de hongos hacia la madera de las tres especies. Y la gráfica 1, es un diagrama de barras que facilita la comparación de los valores de la tabla 1 para porcentajes de pérdida de peso.

Analizando estos resultados, para la cepa Polyporus sanguineus LB-40, puede observarse en la tabla 1 y gráfica 1, que este hongo causó bajas pérdidas de peso, en la madera de Cymbopetalum baillonii y de Poulsenia armata, y pérdidas todavía más bajas o prácticamente nulas en Nectandra ambigens. El mayor valor de pérdida de peso causada por esta cepa, fue de 4.50 % en C. baillonii. El contenido de humedad de los bloques de madera al final de la fase de exposición del ataque del hongo (tabla 1), indica que durante este período, el contenido de humedad fue el adecuado para la actividad del micelio. Los valores porcentuales de contenido de humedad fueron mayores cuando fue mayor la pérdida de peso, aunque no exista una correlación muy estricta.

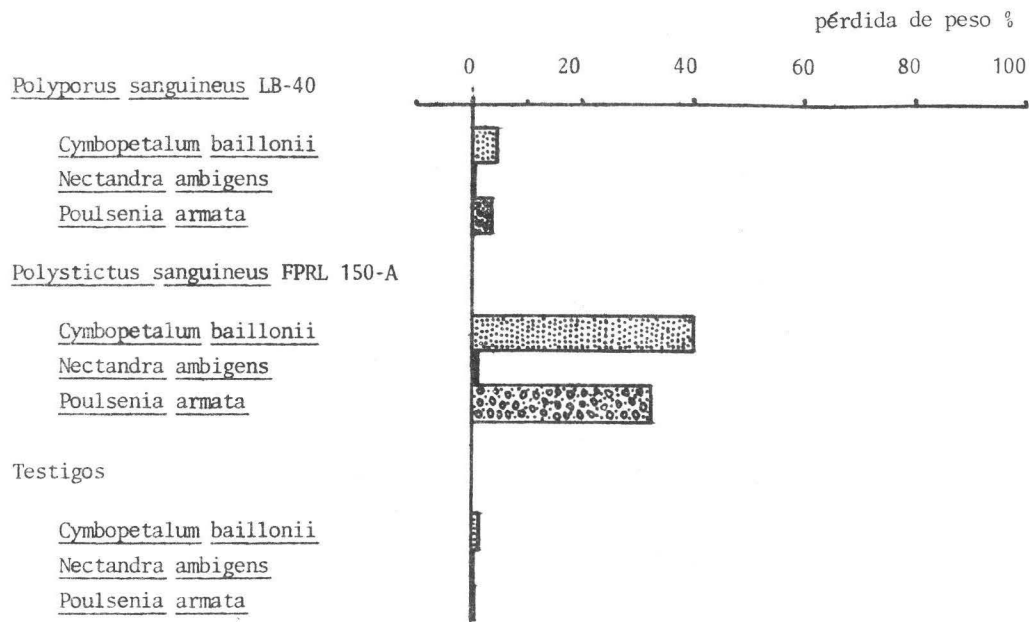
Para la conversión de los valores porcentuales de pérdida de peso de la capacidad de producir pudrición a categorías de agresividad, fue utilizada la escala de la tabla 2, originalmente propuesta por LOPEZ GUERRERO (1979) y utilizada también por VELIZ AVILA (1982). Así, se puede observar que Polyporus sanguineus LB-40 mostró la categoría de agresividad más baja hacia la madera de las tres especies utilizadas, es decir, ligeramente agresiva (A).

Los datos obtenidos en el presente trabajo confrontados con los datos obtenidos por VELIZ AVILA (1982), mostrados en la tabla 4, coinciden en que Polyporus sanguineus LB-40 causó baja pérdida de peso y en consecuencia se le ubica en la menor categoría de agresividad hacia la madera de pino y liquidámbar con dos técnicas de ensayo, agar-bloque y suelo-bloque. La gráfica 2 permite comparar visualmente los datos obtenidos en el presente trabajo y en el antes citado. En ella se observa que la actividad de la cepa LB-40 es muy similar en la madera

TABLA 1

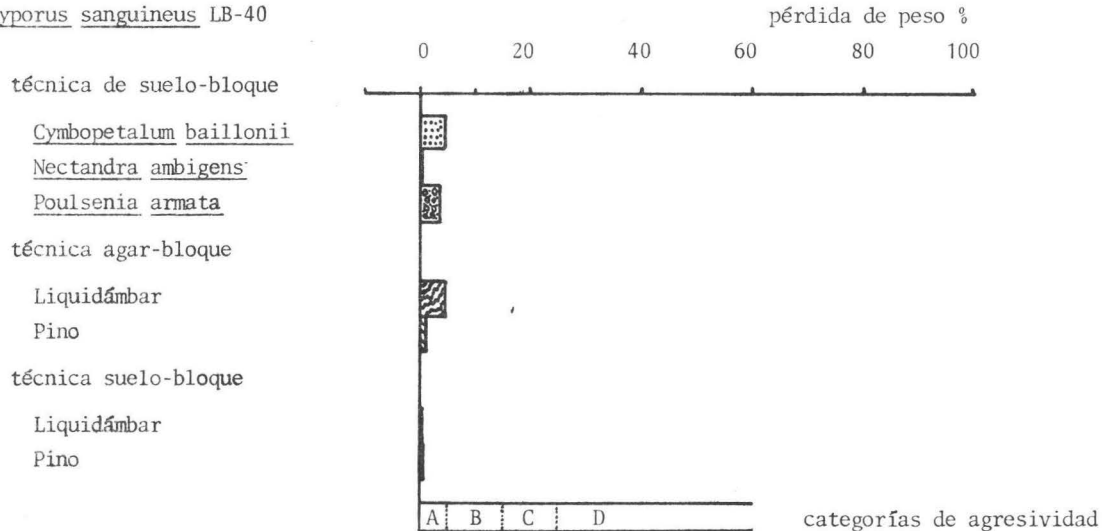
DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICION CON BASE EN EL PESO PERDIDO DE LOS BLOQUES DE LAS TRES ESPECIES DE MADERA, ENFRENTADOS A LOS HONGOS DE PRUEBA, SEGUN LA TECNICA DE SUELO-BLOQUE SE INCLUYEN LOS TESTIGOS Y LOS VALORES DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS BLOQUES AL FINAL DEL ENSAYO. PROMEDIOS DE 20 REPETICIONES.

HONGO	CEPA	MADERA					
		<u>Cymbopetalum baillonii</u>		<u>Nectandra ambigens</u>		<u>Poulsenia armata</u>	
		peso perdido %	contenido de humedad %	peso perdido %	contenido de humedad %	peso perdido %	contenido de humedad %
<u>Polyporus sanguineus</u>	LB-40	4.50	145.57	0.33	63.08	3.67	152.61
<u>Polystictus sanguineus</u>	FPRL 150-A	40.37	234.37	1.02	67.03	32.66	227.09
Testigos		1.63	124.59	0.43	71.44	0.71	114.75



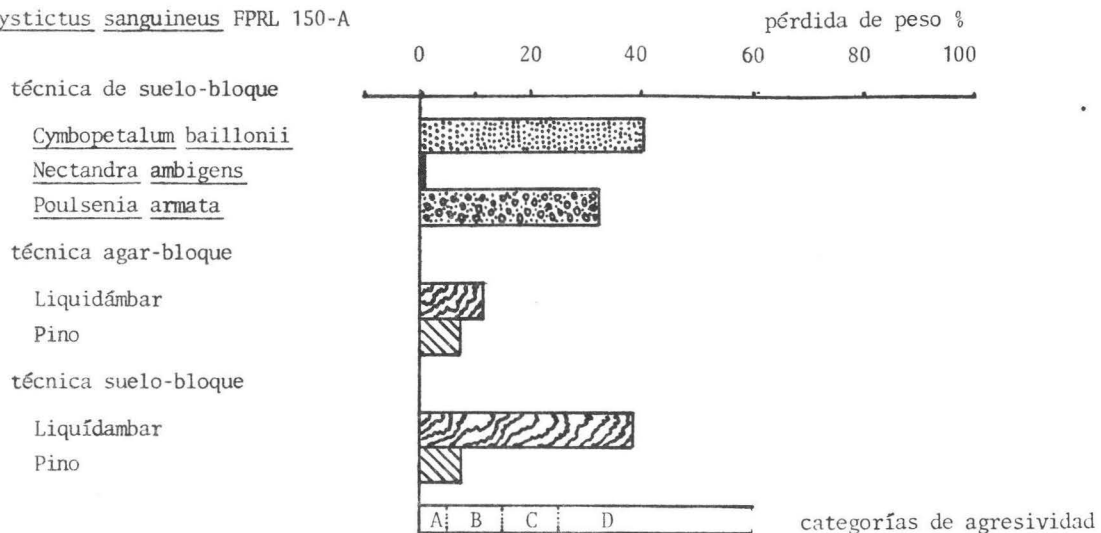
GRAFICA 1. Pérdida de peso de los bloques de madera de tres especies, expuestos al ataque de dos cepas de hongos, según la técnica de suelo-bloque. Se incluyen los testigos. Promedios de 20 repeticiones.

Polyporus sanguineus LB-40



GRAFICA 2. Capacidad de producir pudrición y agresividad de Polyporus sanguineus LB-40 hacia cinco maderas: tres utilizadas en el presente ensayo y dos ensayadas por VELIZ AVILA (1982) con dos técnicas. Todas las maderas fueron expuestas durante 46 días al ataque del hongo.

Polystictus sanguineus FPRL 150-A



GRAFICA 3. Capacidad de producir pudrición y agresividad de Polystictus sanguineus FPRL 150-A, ha cia cinco maderas: tres utilizadas en el presente estudio y dos ensayadas por LOPEZ GUERRERO (1979) utilizando dos técnicas. En todos los casos, la exposición al ataque del hongo fue de 46 días.

TABLA 2

ESCALA PARA CLASIFICAR A LOS HONGOS XILOFAGOS EN CATEGORIAS DE AGRESIVIDAD DE ACUERDO CON SU CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICION (SEGUN LOPEZ GUERRERO, 1979 Y VELIZ AVILA, 1982).

Promedio de peso perdido (%)	Categorías de agresividad	Clave
< 5	Ligeramente agresivo	A
6 - 15	Moderadamente agresivo	B
16 - 25	Agresivo	C
26 >	Altamente agresivo	D

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

TABLA 3

CATEGORIAS DE AGRESIVIDAD DE LOS HONGOS ENSAYADOS CON BASE EN LOS VALORES DE CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICION DE LA TABLA 1.

HONGO	CEPA	MADERA		
		<u>Cymbopetalum baillonii</u>	<u>Nectandra ambigens</u>	<u>Poulsenia armata</u>
<u>Polyporus sanguineus</u>	LB-40	A	A	A
<u>Polystictus sanguineus</u>	FPRL 150-A	D	A	D

TABLA 4

CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICION Y AGRESIVIDAD DE POLYPORUS SANGUINEUS LB-40 (SEGUN VELIZ AVILA, 1982).

	METODO EMPLEADO			
	AGAR-BLOQUE		SUELO-BLOQUE	
	PINO	LIQUIDAMBAR	PINO	LIQUIDAMBAR
	Peso	perdido %	Peso	perdido %
Bloques experimentales	1.33	4.58	0.87	0.44
Categoría de agresividad	A	A	A	A
Bloques testigo	-1.07	-0.45	1.02	1.34

TABLA 5

CAPACIDAD DE PRODUCIR PUDRICION Y AGRESIVIDAD DE POLYSTICTUS SANGUINEUS FPRL 150-A (SEGUN LOPEZ GUERRERO, 1979).

	METODO EMPLEADO			
	AGAR-BLOQUE		SUELO-BLOQUE	
	PINO	LIQUIDAMBAR	PINO	LIQUIDAMBAR
	Peso	perdido %	Peso	perdido %
Bloques experimentales	7.34	11.45	7.40	38.32
Categoría de agresividad	B	B	B	D
Bloques testigo	0.51	0.08	0.78	1.05

de C. baillonii y liquidámbar (4.50 y 4.58 % de pérdida de peso, respectivamente), pero estos dos datos fueron obtenidos con técnicas diferentes, el primero con la de suelo-bloque y el segundo con la de agar-bloque. En el trabajo citado, la actividad de esta cepa sobre liquidámbar en la técnica de suelo bloque, fue menor. Así que sería interesante, para un futuro trabajo, determinar la actividad de esta cepa en la madera de C. baillonii con la técnica de agar-bloque, para conocer con que técnica se expresa mejor su actividad.

Con respecto al comportamiento de la cepa Polystictus sanguineus FPRL 150-A, puede ser apreciado en la tabla 1, que este hongo causó las mayores pérdidas de peso en la madera de C. baillonii y de P. armata (40.37 y 32.66 %, respectivamente), mientras que la madera de N. ambigens, prácticamente no sufrió pérdida de peso. El contenido de humedad de los bloques durante el ensayo fue adecuado y nuevamente puede observarse que a mayor pérdida de peso corresponde un mayor contenido de humedad en los bloques al final del experimento.

Los valores de la tabla 1, transformados en categorías de agresividad, de acuerdo con la tabla 2, están contenidos en la tabla 3, en la que se puede observar que este hongo quedó clasificado con la más alta categoría de agresividad hacia la madera de C. baillonii y P. armata, es decir, altamente agresivo (D).

La tabla 5, contiene los valores porcentuales de pérdida de peso reportados por LOPEZ GUERRERO (1979), para la madera de pino y liquidámbar enfrentadas a la misma cepa, utilizando dos métodos de ensayo. En dicha tabla, se puede decir, que la actividad de Polystictus sanguineus FPRL 150-A fue mayor sobre liquidámbar que sobre pino y que en liquidámbar fue mayor en la técnica de suelo-bloque que en la de agar-bloque. Comparando estos datos con los obtenidos en el presente estudio, en la gráfica 3, se puede notar que los valores de pérdida de peso causados en la madera de C. baillonii, de P. armata y liquidámbar con la técnica de suelo-bloque son altos y bastante cercanos entre sí. De modo que hacia estas especies, la cepa queda clasificada como altamente agresiva (D).

En cuanto a los bloques de madera testigo de las especies utilizadas para el presente ensayo, puede observarse en la tabla 1 y gráfica 1, que sufrieron

pérdidas de peso muy ligeras, siendo el valor más alto de 1.63 % para la madera de C. baillonii. Aunque a primera vista estos datos pudieran sorprender, puesto que no deberían ocurrir pérdidas de peso en los testigos, este hecho es muy común en este tipo de ensayos, pues se debe al manejo experimental de los bloques. Tales casos están contemplados en métodos de ensayos normalizados similares a los aquí realizados. Sugiriendo entonces, que si los valores de pérdida de peso en los bloques testigo son superiores al 10 %, el ensayo no es válido, en el caso de que los valores estén entre 5 y 10 %, debe de aplicarse un factor de corrección a los valores de los bloques experimentales, mientras que si los valores son inferiores al 5 % no hace falta realizar ningún ajuste (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1967). Como los valores testigo fueron mucho menores al 5 % de pérdida de peso, no fue necesario realizar este tipo de ajuste.

La capacidad de producir pudrición, aunque es una información objetiva por estar basada en datos cuantitativos, también es variable y poco significativa. Los valores obtenidos en cada caso, varían por muy diversas causas, por ejemplo, los valores individuales de un sólo ensayo, los valores representativos de un ensayo frente a una repetición del mismo, o los datos obtenidos para varias cepas de una misma especie de hongo. El rango comprendido para cada categoría, permite atenuar esta variabilidad de modo que datos dispersos, demasiado precisos, como ocurrirían en los casos ejemplificados, podrían ser más fácilmente interpretados por su agrupación en categorías. Además, esta información es poco significativa, porque los valores porcentuales de peso perdido son difíciles de interpretar, por quienes no tienen experiencia en su manejo.

Confrontando los porcentajes de pérdida de peso y las categorías de agresividad de las cepas estudiadas, de acuerdo con las gráficas 2 y 3, resulta fácil notar que la cepa LB-40 (Polyporus sanguineus) es mucho menos agresiva que la cepa FPRL 150-A (Polystictus sanguineus), hacia los cinco tipos de maderas considerados, aunque para la madera de N. ambigens los valores son bajos y muy cercanos entre sí (0.33 y 1.02 %, respectivamente). Tomando en cuenta los datos disponibles para la madera de pino y liquidambar, es posible decir que la cepa aislada en Los Tuxtlas, Ver., se comportó de manera similar, ligeramente agresiva, hacia la madera de especies recolectadas en la misma región, que hacia la madera de diferentes procedencias (pino y liquidambar), mientras que la cepa ori-

ginaria de la India se comportó como altamente agresiva hacia la madera de dos de las tres especies de Los Tuxtlas y también hacia liquidámbar (aunque solamente con la técnica de suelo-bloque).

Estos datos indican que no hubo tendencias de especificidad hacia sustratos locales o no locales, por parte de la cepa mexicana, que pudiera sugerir algún tipo de adaptación ecológica, y que quizá lo mismo podría decirse para la cepa de la India, puesto que difícilmente sería esperable que expresara mucha mayor capacidad de producir pudrición en maderas de especies de su localidad. En cuanto a la especificidad de los hongos ensayados hacia la madera de gimnospermas o angiospermas, podría decirse, aunque la comparación este desbalanceada por el número de cepas, que ambas cepas mostraron mayor actividad en angiospermas, pero los datos disponibles no permiten afirmarlo categóricamente.

En cuanto al efecto del método, los datos de las gráficas 2 y 3, indican que sobre pino y liquidámbar, Polyporus sanguineus fue más activo con la técnica agar-bloque, mientras que Polystictus sanguineus expresó mayor actividad con la técnica de suelo-bloque, y similar actividad sobre pino, con ambas técnicas.

Del análisis de las gráficas 2 y 3, resulta también evidente que la cepa de origen pantropical (Polystictus sanguineus FPRL 150-A) fue más agresiva hacia la madera de especies neotropicales, que la cepa neotropical (Polyporus sanguineus LB-40). Esto es interesante por ser indicativo de potenciales fisiológicos diferentes en cepas, que como será discutido posteriormente, en realidad pertenecen a una misma especie. La elucidación de las posibles causas de diferencias fisiológicas tan considerables, está más allá del alcance de este trabajo, si éstas sean debidas al efecto de procedencia geográfica, variabilidad intraespecífica, o a comportamiento de razas fisiológicas diferentes.

De este conjunto de datos, surgen aspectos muy importantes, pues otras cepas mexicanas de Polyporus sanguineus han sido utilizadas, para evaluaciones sobre resistencia natural de la madera al ataque de hongos xilófagos de un buen número de especies mexicanas (GOMEZ-NAVA et al., 1969; HERRERA RODRIGUEZ et al.,

1976; HERRERA RODRIGUEZ et al., 1980), y si en estos estudios fueron utilizadas cepas de esta especie con ligera agresividad, las maderas evaluadas resultarán más resistentes de lo que podrían ser frente a cepas altamente agresivas, y por lo tanto, se puede incurrir en errores de consecuencias prácticas serias.

Por otro lado, la actividad degradadora prácticamente nula y por lo tanto ligera agresividad de los hongos ensayados hacia la madera de Nectandra ambigens (ver gráfica 1), debe interpretarse más desde el punto de vista de la madera que de los hongos, pues parece ser que los valores de pérdida de peso tan bajos, fueron debidos a que la madera de esta especie posee la propiedad de ser altamente resistente, al ataque de estos dos hongos, por lo menos. Vale la pena que este aspecto sea estudiado en futuros trabajos. Desde el punto de vista de la madera también, la madera de Poulsenia armata y Cymbopetalum baillonii podría considerarse de manera relativa, con una resistencia natural muy inferior. La metodología utilizada y el enfoque de este trabajo no permiten llevar a cabo una evaluación estricta de esta propiedad.

Acerca de los problemas taxonómicos de estos hongos, es pertinente explicar que en el texto han sido utilizados los nombres de Polyporus sanguineus y Polystictus sanguineus, porque a la especie mexicana, a la cual pertenece la cepa LB-40, los micólogos nacionales la reconocen de esta manera y en el caso de la cepa FPRL 150-A, porque así se encuentra registrada en la Lista de Cultivos de Macromicetos Degradadores de la Madera del Laboratorio de Princes Risborough, de cuya colección proviene la cepa utilizada (FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY, 1969). El nombre correcto para ambas cepas debe ser Pycnoporus sanguineus (L. ex Fr.) Murr., según NOBLES y FREW (1962), quienes llevaron a cabo un extenso estudio morfológico de basidiocarpos, de características culturales de micelio y pruebas de interfertilidad de 103 cepas de poliporaceos rojos procedentes de varias partes del mundo, pudieron discriminar tres especies válidas de este grupo de organismos: "Pycnoporus cinnabarinus (Jacq. ex Fr.) Karst., que ocurre en la zona templada Norte; Pycnoporus coccineus (Fr.) Bond. & Sing., que ocurre en la zona templada Sur y en países que limitan con el océano Pacífico e Indico; Pycnoporus sanguineus (L. ex Fr.) Murr. de las regiones tropicales y subtropicales. En este trabajo incluyeron la cepa FPRL 150-A, la cual que-

dó ubicada como perteneciente a la especie Pycnoporus sanguineus.

Para este trabajo fue seleccionada la técnica de suelo-bloque, tomando en cuenta que LOPEZ GUERRERO (1979) determinó la más alta categoría de agresividad con Polystictus sanguineus FPRL 150-A, para la madera de liquidámbar, mientras que con la técnica de agar-bloque, la misma cepa fue moderadamente agresiva hacia la misma madera. Es decir, se optó por el método con el que fue lograda mayor actividad. Esta elección puede ser inadecuada para Polyporus sanguineus LB-40, puesto que VELIZ AVILA (1982) encontró que esta cepa fue menos activa en la técnica de suelo bloque que con la de agar-bloque. Sin embargo, los datos de la gráfica 2 indican que la actividad de Polyporus sanguineus LB-40 fue muy cercana a la mayor actividad lograda por esta cepa en la técnica de agar-bloque en el trabajo citado, lo que permite suponer que la elección no fue tan inadecuada. Sería recomendable que los mismos organismos aquí considerados, pudieran ser ensayados con la técnica de agar-bloque, para realizar una confrontación más adecuada de los resultados con las dos técnicas.

Ampliando un poco lo anterior, cabe mencionar que la técnica de suelo-bloque empleada en este trabajo, demuestra ser confiable por la reproducibilidad manifestada en la confrontación de trabajos previos. Como la aproximación entre los valores obtenidos aquí con C. baillonii y P. armata con respecto a los de liquidámbar enfrentados a Polystictus sanguineus FPRL 150-A. Su sencillez, rapidez y escasos recursos de realización con respecto a otras técnicas, aun la de agar-bloque (VELIZ AVILA, 1982; LOPEZ GUERRERO, 1979) permite considerarla como altamente recomendable para ensayos sobre evaluación de agresividad, determinación de resistencia natural de la madera a la pudrición, o evaluación toximétrica de preservadores para madera.

Trabajos, como el realizado en el presente estudio, pueden ser útiles como complemento a estudios florístico-taxonómicos, de patología forestal, también podrían ser empleados como ensayos previos de estudios sobre bioconversión de desperdicios lignocelulósicos y fisiología de hongos. El estudio de la agresividad de los hongos xilófagos, es necesario que se continúe para la elaboración de inventarios de especies con indicaciones de su importancia biológica como organismos

mos productores de materia orgánica para el suelo forestal o recicladores de elementos de la naturaleza; así como su importancia económica como destructores de la madera en servicio.

Finalmente, los aspectos más importantes del presente trabajo están resumidos en la siguiente lista:

- La cepa de Polyporus sanguineus LB-40 fue ligeramente agresiva hacia la madera de las especies utilizadas. La cepa de Polystictus sanguineus FPRL 150-A fue altamente agresiva hacia la madera de Cymbopetalum baillonii y Poulsenia armata, mientras que hacia Nectandra ambigens fue ligeramente agresiva.
- La cepa pantropical, Polystictus sanguineus, resultó más agresiva que la neotropical, Polyporus sanguineus, hacia las maderas neotropicales mexicanas.
- Polyporus sanguineus LB-40 fue de modo similar ligeramente agresivo tanto hacia la madera de las tres especies tropicales ensayadas aquí, como hacia la madera de pino y liquidámbar, utilizadas por VELIZ AVILA (1982). Polystictus sanguineus FPRL 150-A, fue altamente agresivo hacia la madera de C. baillonii y P. armata utilizadas en este trabajo, al igual que hacia liquidámbar ensayada por LOPEZ GUERRERO (1979), con la misma técnica de suelo-bloque. Hacia la madera de N. ambigens, fue ligeramente agresivo. Mientras que hacia la madera de pino con la técnica de agar-bloque y suelo-bloque y hacia la madera de liquidambar con la técnica de agar-bloque utilizadas en el trabajo citado, fue moderadamente agresivo.
- La cepa de Los Tuxtlas, Ver., fue ligeramente agresiva hacia la madera de las especies de su localidad, así como a la madera que no es de su localidad (pino y liquidámbar); mientras que la cepa procedente de la India mostró mayor agresividad hacia madera que no era de su localidad, excepto en el caso de N. ambigens.
- La resistencia natural de la madera al ataque de estas cepas fueron relativamente mucho mayor en N. ambigens que en C. baillonii y P. armata

5. LITERATURA CITADA.

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1967. Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. ASTM Designation: D 2017-63. *1967 Book of ASTM Standards. Part 16. Structural Sandwich Constructions, Wood, Adhesives.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, pp 682-689.
- AMERICAN WOOD PRESERVERS' ASSOCIATION, 1971. Revised standard method for testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Designation M 10-71. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 67:75-82.
- BAKSHI, B. K., 1971. *Indian Polyporaceae.* Indian Council of Agricultural Research. New Delhi, 246 p.
- CAREY, J. K., 1975. Isolation and characterization of wood-inhabiting fungi. In: LOVELOCK, D. W. & R. J. GILBERT (Eds.). *Microbial aspects of the deterioration of materials.* Academic Press. London, 261 p.
- CARTWRIGHT, K. St. G. & W. P. K. FINDLAY, 1958. *Decay of timber and its prevention.* Her Majesty's Stationery Office. London, 332 p.
- DE LA PAZ PEREZ OLVERA, C. y R. SALINAS-QUINARD, 1977. Prueba rápida de laboratorio indicadora de resistencia a la pudrición de 2 especies de encino. *Ciencia Forestal* 2(6):3-19.
- ERIKSSON, K. E., B. PETTERSON & U. WESTERMARK, 1975. Enzymic mechanisms of cellulose degradation caused by the rot fungus *Sporotrichum pulverulentum* (*Chrysosporium lignorum*). In: LIESE, W. (Ed.). *Biological transformation of wood by microorganisms.* Springer-Verlag. Berlin, 203 p.
- FINDLAY, W. P. K., 1967. *Timber pests and diseases.* Pergamon. Oxford, 280 p.
- , 1975. *Timber: properties and uses.* Crosby Lockwood Staples. London, 224 p.
- FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY, 1969. *List of cultures of wood-rotting macrofungi.* Ministry of Technology. Forest Products Research Laboratory. Princes Risborough, 17 p.
- GARCIA CARMONA, G., 1948. *Resistencia relativa de algunas maderas tropicales mexicanas a los hongos xilófagos.* Tesis Profesional. Fac. de Química, UNAM. México, D.F., 138 p.
- GILBERTSON, R. L., 1974. *Fungi that decay ponderosa pine.* The University of Arizona Press. U.S.A., 197 p.

- GOMEZ-NAVA, M. S., R. ECHENIQUE-MANRIQUE y R. SALINAS-QUINARD, 1969. Indices de laboratorio sobre resistencia de la madera a la pudrición de 11 especies forestales mexicanas. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For.* 31. México, 40 p.
- HENNINGSSON, B., 1965. Physiology and decay activity of the birch conk fungus *Polyporus betulinus* (Bull.) Fr. *Stud. for. suec.* 34:1-77.
- , 1967. Physiology of fungi attacking birch and aspen pulpwood. *Stud. for. suec.* 52:1-54.
- HERRERA RODRIGUEZ, J. A., M. S. GOMEZ-NAVA y A. HERRERA BAILON, 1976. Durabilidad natural de la madera de especies forestales mexicanas. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For.* 52. México. 32 p.
- , --- y E. BARRETERO GOMEZ, 1980. Durabilidad natural de la madera de 14 especies forestales mexicanas. Serie III. *Bol. Téc. Inst. Nac. Invest. For.* 67. México. 21 p.
- HUDSON, H. J., 1980. *Fungal saprophytism*. 2nd. ed. Arnold. London, 76p.
- HUNT, G. M. y G. A. GARRAT, 1962. *Preservación de la madera*. Salvat. Barcelona, 480 p.
- HUNT, R. S. & F. W. COBB, 1971. Selective medium for the isolation of wood-rotting basidiomycetes. *Can. J. Bot.* 49(11):2064-2065.
- JANE, F. W., 1970. *The structure of wood*. 2nd. ed. Adam and Charles Black. London, 478 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.
- , 1975. Chemistry of lignin degradation by wood-destroying fungi. In: LIESE, W. (Ed.). *Biological transformation of wood by microorganisms*. Springer-verlag. Berlin, 203 p.
- KOLLMAN, F. P. & W. A. COTE Jr., 1968. *Principles of wood science and technology. Vol. 1. Solid wood*. Springer-Verlag. Berlin, 592 p.

- LEVY, J. F., 1965. The soft rot fungi: their mode of action and significance in the degradation of wood. In: PRESTON, R. D. (Ed.). *Advances in botanical research*. Vol. 2. Academic Press. London, 382 p.
- , 1976. Isolation and identification of the fungal flora in treated wood. *The International Research Group on Wood Preservation Document No. IRG/WP/144*. 5 p.
- LOPEZ GUERRERO, M. T., 1979. *Caracterización de algunos cultivos de hongos causantes de pudrición en la madera*. Tesis Profesional de Biólogo. Fac. de Ciencias, UNAM. México, D. F., 76 p.
- LOT-HELGUERAS, A., 1975. La Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas: pasado, presente y futuro. In: GOMEZ POMPA, A., C. VAZQUEZ-YANES, S. DEL AMO RODRIGUEZ y A. BUTANDA CERVERA (Eds.). *Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México*. CECSA. México, 676 p.
- NOBLES, M. K. & B. P. FREW, 1962. Studies in wood-inhabiting hymenomyces V. The genus *Pycnoporus* Karst. *Can. J. Bot.* 40:987-1016.
- OBREGON ARCEO, M. C. y R. ECHENIQUE-MANRIQUE, 1974. Identificación de hongos habitantes de postes de madera. *An Inst. Biol. Univ. Nat. Autón. México* 45, Ser. *Botánica* (1):11-20.
- PANSHIN, A. J. & C. DE ZEEUW, 1970. *Textbook of wood technology*. Vol. 1. McGraw-Hill. New York, 705 p.
- PEREZ-MORALES, J. 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.
- REESE, E. T., 1975. Polysaccharases and the hydrolysis of insoluble substrates. In: LIESE, W. (Ed.). *Biological transformation of wood by microorganisms*. Springer-Verlag. Berlin, 203 p.
- SCHEFFER, 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 University Press. Syracuse, 380 p.
- TSOUMIS, G., 1968. *Wood as raw material*. Pergamon. London, 276 p.
- VELIZ AVILA, F. A., 1982. *Caracterización de 22 cepas de hongos basi-*

diomicetos causantes de pudrición en la madera. Tesis Profesional de Biólogo. ENEP-Iztacala, UNAM. MÉXICO, D. F., 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. Degradation and protection of wood.* Syracuse University Press. Syracuse, 380 p.