

DURABILIDAD NATURAL DE DIEZ MADERAS DE MADRE DE DIOS A LA ACCION DE TRES HONGOS XILOFAGOS

Victor Raúl Gonzáles Flores¹
Alberto Yataco Pérez²

RESUMEN

En el presente trabajo se expone el método de laboratorio empleado (Norma ASTM: D2017-62T) y los resultados obtenidos al evaluar la Durabilidad Natural de la Madera de Diez Especies Forestales de Madre de Dios, en base a la acción de tres hongos xilófagos *Polyporus sanguineus* (L.ex.Fr.) Murr., *Polyporus versicolor* L.ex.Fr. y *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat. Determinándose maderas altamente resistentes: estoraque (*Myroxyton balsamum*), mashonaste colorado (*Claricia racemosa*), quina quina negra (*Pouteria sp*), requia (*Cabranea canjerana*) y tahuarí (*Tabebuia serratifolia*). Resistente: azúcar huayo (*Hymenaea oblongifolia*), caimito (*Chrysophyllum lucentifolium*), chimicua (*Pseudolmedia laevis*) y manchinga (*Brosimum alicastrum*). Moderadamente Resistente: sapote (*Pterigota amazonica*).

Asimismo, se halló alta correlación entre la resistencia a la pudrición con el porcentaje de extractivos y, menor correlación entre la resistencia a la pudrición con la densidad básica.

SUMMARY

This paper shows the results on natural durability obtained using the laboratory stands method ASTM D2017-62t for ten different wood species from Madre de Dios based on the attack of three xylophagous fungi: *Polyporus sanguineus* (L.ex.Fr.) Murr., *Polyporus versicolor* L.ex.Fr. and *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat. Estoraque (*Myroxyton balsamum*), mashonaste colorado (*Claricia racemosa*), quina quina negra (*Pouteria ap*), requie (*Cabranea canjerana*) and tahuarí (*Tabebuia serratifolia*) were found to be highly resistant, azúcar huayo (*Hymenaea oblongifolia*), caimito (*Chrysophyllum lucentifolium*), chimicua (*Pseudolmedia laevis*) and manchinga (*Brosimum alicastrum*) were resistant, and sapote (*Pterigota amazonica*) was moderately resistant to decay.

A high correlation was also found between decay resistance and extractive content, and a lower correlation between decay resistance and specific gravity.

1. INTRODUCCION

La madera es, sin duda alguno, el principal producto que nos brinda el bosque, y éste a su vez uno de los más importantes componentes del complejo recurso forestal del país. El empleo de la madera con el desconocimiento de sus propiedades básicas ha ocasionado el establecimiento de una explotación selectiva que ha ido en desmedro principalmente de las especies que tienen en común, entre otras propiedades, una adecuada durabilidad natural.

La durabilidad natural es importante porque de ella depende el tiempo en el cual las propiedades físicas y mecánicas de la madera, que lo brindan características para un determinado uso, se mantengan vigentes. Asimismo, nos posibilita obtener información básica para elegir y aplicar correctamente las técnicas de preservación y secado existentes en función del uso final, lográndose

¹ Profesor principal del Departamento Académico de Industrias Forestales - Universidad Nacional Agraria La Molina.

² Funcionario público del Instituto Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - INFOR.

así el empleo adecuado de la madera y por ende tender al aprovechamiento integral de las especies maderables existentes en el bosque.

Por tanto, el motivo de este trabajo es determinar la durabilidad natural de 10 especies forestales de Madre de Dios basándose en la resistencia de las maderas a la acción de tres hongos xilófagos en condiciones de laboratorio.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Durabilidad Natural

Cartwright y Findlay (1964) sostienen que debe entenderse por durabilidad natural de la madera a su capacidad para resistir el ataque de sus agentes de destrucción (bióticos y abióticos), pero siendo la acción de los hongos preponderantemente sobre la de los otros agentes, se ha acordado internacionalmente referir la durabilidad natural a la acción de los hongos, por ser los causantes mayores de pudriciones.

González (1979) afirma que la importancia real de clasificar a los maderas de acuerdo a su durabilidad natural, este en que por medio de esta se puede recomendar la preservación de las que lo requieran, así como los posibles niveles de toxicidad del preservador.

2.2. Razones de la Durabilidad Natural

Hunt y Garrat (1952) indican que la mayor durabilidad natural del duramen sobre la albura, se atribuye fundamentalmente a ciertos cambios químicos que se producen durante la transformación de la albura en duramen denominado duramización. La naturaleza exacta de estas alteraciones no está bien dilucidada, pero implican evidentemente el depósito de ciertos productos en las células del duramen llamadas extractivos, tales como aceites esenciales, resinas, compuestos fenólicos, gomas, taninos, sustancias hidrosolubles y diversos productos químicos.

Kollman (1959) menciona que la resistencia a la pudrición del duramen varía en la dirección radial, generalmente tiende a ser más resistente en el duramen externo y disminuye hacia la Medula; asimismo, se incremento de la base del árbol a la cabeza igualmente, el duramen externo de árboles viejos es más resistente a la pudrición que el de los árboles jóvenes, este incremento se atribuye a la formación de mayor cantidad de extractivos o a la producción de extractivos altamente tóxicos en árboles viejos.

Trujillo (1985) señala que la durabilidad natural de la madera está correlacionada con la mayor acumulación de sustancias tóxicas llamadas extractivos, mencionando además que no hay correlación marcada entre la densidad y la resistencia fungosa.

Varios autores coinciden en afirmar que existen otras razones de la durabilidad natural tales como: la complejidad del leño, el contenido de nitrógeno de la madera, la cristalinidad de la celulosa, el contenido de sílice entre otros.

2.3. Factores Fundamentales para el desarrollo del Hongo

- a) Humedad.- Panshin (1960) indica que la humedad óptima para el crecimiento del hongo, se sitúa por encima del punto de saturación de las fibras, entre 30% y 50% de contenido de humedad, donde pueda efectuar la libre difusión de las enzimas y de los productos resultantes de su acción y exista suficiente espacio para la circulación de los gases. Asimismo, Martínez

(1952) afirma que la madera que contiene menos del 20% de humedad, es inmune al ataque de los hongos de pudrición más comunes.

- b) Suministro de Oxígeno.- Kollman (1959) afirma que los hongos xilófagos necesitan de por lo menos un 20% del volumen de poros llenos de aire, para que puedan desarrollar actividades destructivas en la madera. González (1979) indica que el aire disponible aún en las zonas del duramen de la madera es suficiente para los hongos, cuando las demás condiciones lo son favorables.
- c) Temperatura.- Ames (1974) afirma que los hongos necesitan de una temperatura óptima para llevar a cabo su actividad vital lo cual se encuentra entre 20 °C y 30 °C. Martínez (1952) menciona que las temperaturas inferiores a 0 °C y superiores a 38 °C, aunque inhiban el crecimiento de los hongos, no los mata, manteniéndolos latente para cuando las condiciones lo sean favorables.
- d) Sustancia Nutritiva.- Hunt y Garrat (1952) señala que la madera es el alimento natural de los hongos, y aunque no pueden alimentarse directamente de ella por combinación sumamente compleja de celulosa y lignina, que constituye la madera, lo hace mediante la acción de enzimas que ellos mismos segregan (hifas) descomponiéndolas en sustancias más simples y fácilmente asimilables. Asimismo Ames (1974) indica que, por regla general, la glucosa es la mejor fuente de carbono, y los componentes orgánicos nitrogenados, la mejor fuente de nitrógeno, mencionando además que cada hongo tiene sus exigencias respecto al huésped que parasitan.

2.4. Tipos de Pudrición en la Madera

Alexoupulos (1966) indica que los hongos destructores de la madera, convencionalmente, se dividen en los que producen putrefacciones blancas y los que los producen pardas. Los primeros tienden a destruir o a modificar la lignina en tanto que los últimos, generalmente se concentran en la destrucción de la celulosa.

2.5. Proceso de pudrición en la madera

Ames (1974) y Bazán (1964) afirman que el hongo puede penetrar en la madera mediante dos formas: mecánica o química. La mecánica se realiza cuando la hifa infectiva del hongo toma un mayor tamaño y forma el apresorio al acercarse a la pared celular y ejerce presión, la química se realiza por secreción de enzimas capaces de convertir las sustancias insolubles en sustancias más simples y fácilmente asimilables.

Alexoupulos (1966) señala que en la etapa avanzada de pudrición la madera se hace blanda, esponjosa, espinosa, alveolada o fácilmente disgregable, según la naturaleza del hongo atacante y la extensión de su destrucción.

2.6. Método de Laboratorio

Gómez-Nava y Herrera (1980) y otros autores coinciden al indicar que el estudio para evaluar la durabilidad natural de la madera en áreas de cementerios, si bien proporcionan datos más precisos, el tiempo para obtenerlos es excesivo. De ahí la importancia de los métodos in vitro o de laboratorio que en poco tiempo nos permite obtener la información por medio de índices, por otro lado también señalan que la validez de los ensayos de durabilidad natural son coincidentes. Asimismo mencionan que la bibliografía existente sobre durabilidad natural de la madera, demuestra que en numerosas

experiencias realizadas en diversos, países, existe una buena correlación entre los resultados en los ensayos en laboratorio y la durabilidad de prueba en cementerio.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar y Ejecución.

Se llevó a cabo en el laboratorio de preservación y secado de la madera, Departamento de Industrias Forestales y en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Biología de la UNA La Molina.

3.2. Materiales y Equipos

3.2.1 Materiales

a) Madera

En vista que la albura de todas las especies forestales es putrescible se convino emplear sólo madera de duramen. Las maderas de las 10 especies estudiadas fueron colectadas por el convenio UNA-PEM de acuerdo a la norma ITINTEC 251.008 e identificadas en la sección de Dendrología del Departamento de Manejo Forestal de la UNA La Molina. (Cuadro 1)

b) Hongos Xilófagos

Se emplearon tres hongos xilófagos pertenecientes a la familia de las Poliporaceas, las cuales son recomendadas para estudios de este tipo, para especies tropicales, *Polyporus sanguineus*, *Ganoderma applanatum*, *Polyporus versicolor*.

c) Medio de Cultivo

El medio de cultivo utilizado fue el sustrato estándar malta-agar.

3.2.2 Equipos y Herramientas

- Botellas de 220 ml de capacidad, redondos con tapas.
- Esterilizador (autoclave) Chamberland.
- Incubadora Memmer.
- Equipo de extracción química.
- Volumenómetro de Brenll.
- Horno Thelco.
- Balanza de precisión.

3.2.3 Reactivos.

- Acido sulfúrico 0.1 N.
- Agua destilada.
- Alcohol 90°.
- Benceno.

3.3. Métodos y Procedimiento.

3.3.1 Durabilidad Natural.

Se tomó como referencia la norma ASTM D2017-62t y se siguió los siguientes pasos:

a. Preparación de Probetas de madera.

De las muestras de madera de las especies en estudio se obtuvieron probetas de 2x2x2 cm convenientemente orientadas. El número de probetas de madera empleada son 10 por especies forestales y por hongos xilófagos, determinándose su peso seco constante (peso seco inicial) en horno (24 horas a 105 °C + 2) hasta peso constante y esterilizándolas en húmedo a 110 °C y 15 libras de presión por 15 minutos, quedando apto para el ensayo.

b. Preparación del medio de cultivo.

El medio de cultivo empleado fue el sustrato estándar malta-agar, cuya composición es la siguiente: Agar-agar 25 gr, extracto de malta 20 gr, dextrosa 20 gr, peptona 1 gr., agua destilada 1000 cc.

c. Preparación de las Cámaras de Pudrición.

En botellas de 220 ml, se adicionó 25 ml del medio extracto malta-agar, previamente esterilizada. Seguidamente se realizó la inoculación de los hongos de prueba, para lo cual se inoculó secciones cuadradas (1 cm de lado) de los hongos xilófagos previamente cultivados en placas petri (2 semanas) al medio de extracto de malta agar solidificada de cada cámara de pudrición esterilizada (con las tapas abiertas 1/4 de vueltas) se incubaron a 26 °C ± 1 °C por 3 semanas.

d. Acondicionamiento de probetas de madera

Luego de tres semanas de desarrollo del hongo xilófago, en cada cámara de pudrición, se colocó una probeta de madera, con la cara de la sección transversal sobre el manto fungoso e inmediatamente se incubó, por espacio de 12 semanas, iniciándose así el proceso de pudrición.

e. Cálculo de Pérdida de Peso

Al término del período de exposición, las probetas fueron extraídas de las cámaras de pudrición, eliminando la vegetación fungosa de su superficie, luego se llevaron a la estufa a 105 °C ± 1 °C por 24 horas, hasta lograr el peso seco constante, registrándose dichos valores como el peso seco final (PSF) producto de la acción destructiva de los hongos xilófagos. Calculándose el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de cada probeta de madera empleando la siguiente relación:

$$\%PP = [(PSI - PSF)/PSI] \times 100$$

PSI = Peso seco inicial (gr) antes del proceso de pudrición.

PSF = Peso seco final (gr) después del proceso de pudrición.

Dichos valores (%PP) son Interpretados según la Norma ASTM 02017-62t (Cuadro 2), para la clasificación de las especies forestales en base a su durabilidad natural.

3.3.2 Porcentaje de Extractivos y Densidad Básica

a. Porcentaje de Extractivos (%E)

Para su determinación se siguió la Norma APPI TOS-59 para calcular el %E solubles en alcohol benceno (AB) y, el método SOVARD para calcular el %E solubles en agua caliente. Empleándose la siguiente relación.

$$\begin{aligned} \%E_{ab} &= [(PS1 - PS2) / PS1] \times 100 \\ \%E_{H_2O} &= [(PS2 - PS3) / PS2] \times 100 \\ \%E_t &= \%E_{ab} + \%E_{H_2O} \end{aligned}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \%E_{ab} &= \text{Extractivos solubles en alcohol benceno (\%)} \\ \%E_{H_2O} &= \text{Extractivos solubles en agua caliente (\%)} \\ \%E_t &= \text{Extractivos totales (\%)} \\ PS1 &= \text{Peso aserrín seco (gr)} \\ PS2 &= \text{Peso de aserrín seco tratado ab (gr)} \\ PS3 &= \text{Peso de aserrín seco tratado en agua caliente (gr)} \end{aligned}$$

b. Densidad Básica (Db)

Se siguió la norma IRAN 9544 empleándose 10 probetas por especie forestal (cubos de 2 cm de aristas con sus caras bien pulidas) realizándose los cálculos con la siguiente relación:

$$Db = Psh/Vv$$

Donde:

$$\begin{aligned} Db &= \text{Densidad básica (gr/cc)} \\ Psh &= \text{Peso saco al horno (gr)} \\ Vv &= \text{Volumen verde (cc)} \end{aligned}$$

3.3.3 Análisis Estadístico

a. Análisis de la acción de tres hongos xilófagos sobre las 10 especies forestales

Se emplea un Diseño de Bloques Completos Randomizados (DBCR).

El ANVA se realizó a un nivel de significancia del 1%, se emplean valores porcentuales promedio de pérdida de peso (de cada especie por acción de un hongo). La prueba de Duncan se realizó el 5%, se emplean valores porcentuales promedios totales de pérdida de peso de cada especie por acción de los cuatro hongos.

b. Análisis de la acción de los tres hongos sobre cada especie forestal

Se emplea un diseño completo randomizado (DCR). El ANVA se realizó a un nivel de significancia del 1%, se emplean valores porcentuales de pérdida de peso.

c. Análisis de correlación

Se determinaron los coeficientes de correlación entre los porcentajes promedio totales de pérdida de peso y porcentajes de extractivos y densidades básicas de las especies forestales evaluadas.

CUADRO 1 ESPECIES FORESTALES ESTUDIADAS

Nombre común	Nombre científico	Familia	Procedencia	Zona de Vida
Azúcar huayo	Hymenaea oblongifolia	Caesalpinaceae	M. DIOS	bs-St:bh-T
Caimito	Chrysophyllum lucentifolium	Sapotaceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Chimicua	Pseudolmedia laevis	Moraceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Estoraque	Myroxylon balsamum	Papilionaceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Manchinga	Brosimum alicastum	Moraceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Mashonaste colorado	Clarisia racemosa	Moraceae,	M. Dios	bs-St:bh-T
Quina Quina negra	Pouteria sp.	Sapotaceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Requia	Cabrlea canjerana	Meliaceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Tahuari	Tabebuia serratifolla	Bignoniaceae	M. Dios	bs-St:bh-T
Zapote	Pterygota amazonica	Sterculiaceae	M. Dios	bs-St:bh-T

bh-St = Bosque seco subtropical
 bh-T = Bosque húmedo Tropical

CUADRO 2 CRITERIO PARA LA INTERPRETACION DE RESULTADOS Y CLASIFICACION DE MADERAS RESPECTO A SU RESISTENCIA NATURAL A LAS PUDRICIONES

Promedio de pérdida de peso (%)	Promedio de peso residual (%)	Grado de resistencia hongo de prueba	Clase
0 - 10	90 - 100	altamente resistente	A
11 - 24	76 - 89	resistente	B
25 - 44	56 - 75	moderadamente resistente	C
45 o mas	55 o menos	no resistente	D

4. RESULTADOS

Se presenta a continuación los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con las maderas de duramen de las 10 especies forestales estudiadas.

El Cuadro 3 muestra los porcentajes promedio de pérdida de peso de la madera de las 10 especies forestales por acción de los hongos xilófagos empleados.

CUADRO 3 PORCENTAJE DE PERDIDA DE PESO DE LAS PROBETAS DE MADERA DELAS DIEZ ESPECIES FORESTALES EN ESTUDIO A LOS 90 DIAS DELATAQUE DE LOS HONGOS XILOFAGOS

Especie forestal	HONGOS XILOFAGOS		
	<i>Polyporus sanguineus</i>	<i>Ganoderma applanatum</i>	<i>Polyporus versicolor</i>
Azúcar huayo (<i>Hymenaea oblongifolia</i>)	14,51	10,75	11,12
Calmíto (<i>Chrysophyllun lucentifolium</i>)	11,33	10,67	10,90
Chimicua (<i>Pseudolmedia laevis</i>) *	10,28	11,34	10,51
Estoraque (<i>Myroxylon balsamum</i>)	2,22	4,39	6,06
Manchinga (<i>Brosimum alicastrum</i>)	22,33	18,95	25,33
Mashonaste colorado (<i>Clarisia racemosa</i>)	6,42	8,19	6,30
Quina quina negra (<i>Pouteria</i> sp.)	6,40	4,19	4,88
Requia (<i>Cabralea canjerana</i>)	8,97	7,78	8,29
Tahuarl (<i>Tabebuia serratifolia</i>)	5,49	3,80	3,55
Zapote (<i>Pterygota amazonica</i>)	38,37	21,20	26,20

El Cuadro 4 presenta la clasificación por durabilidad natural de las 10 especies forestales en base a la resistencia a la pudrición de sus maderas a la acción de los hongos.

El Cuadro 5 nos muestra los porcentajes de extractivos y densidades básicas determinados en las especies forestales evaluadas.

5. DISCUSION

El análisis de variancia a partir de un diseño de bloques completo el azar, de los porcentajes promedio de pérdida de peso (Cuadro 3), muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre dichos valores ($F_1\% = 3.60$; $F_c = 12.90$), deduciéndose que las resistencias a la pudrición de las maderas evaluadas son diferentes.

Las comparaciones simultáneas entre los porcentajes promedios totales de pérdida de peso de las especies evaluadas (Cuadro 6,) derivan en una clasificación de las especies, en grupos de comportamiento similar a la prueba de durabilidad natural, la cual coincide con el criterio de clasificación de durabilidad natural de la norma ASTM empleada. Asimismo, se observa que los porcentajes de extractivos tienden a variar directamente con la durabilidad natural e inversamente con los porcentajes promedio totales de pérdida de peso de las especies forestales evaluadas.

CUADRO 4 PORCENTAJE DE EXTRACTIVOS Y DENSIDAD BASICA DE LA MADERA DE LAS DIEZ ESPECIES ESTUDIADAS

Especie forestal (en orden de resistencia a la pudrición)	EXTRACTIVOS			
	Alcohol benceno	Agua caliente	Total	Densidad básica
Estoraque (Myroxylon balsamum)	8,91	4,97	13,88	0,78
Mashonaste colorado (Clarisia racemosa)	9,41	4,85	14,26	0,59
Quina quina negra (*) (Pouteria sp.)	4,20	5,82	10,02	0,85
Requia (Cabralea canjerana)	6,71	4,95	11,66	0,53
Tahuarl (Tabebuia serratifolia)	9,64	4,37	14,01	0,85
Azúcar huayo (Hymenaea oblongifolia)	2,28	3,37	5,65	0,75
Caimito (Chrysophyllum lucentifolium)	2,05	3,10	5,15	0,64
Chimicua (Pseudolmedia laevis)	4,01	1,02	5,03	0,69
Manchinga (Brosimum alicastrum)	2,53	1,72	4,25	0,70
Zapote (Pterygota amazonica)	2,05	1,65	3,70	0,51

(*) Madera con alto índice de sílice, 2.19% siendo la madera abrasiva

CUADRO 5 CLASIFICACION DE LA RESISTENCIA NATURAL A LA PUDRICION DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS POR LA ACCION DE LOS TRES HONGOS XILOFAGOS

<i>Especie forestal</i>	<i>Polyporus sanguineus</i>	<i>Ganoderma applanatum</i>	<i>Polyporus versicolor</i>	<i>Clasific. general</i>
Azúcar huayo (Hymenaea oblongifolia.)	B	B	B	B
Caimito (Chrysophyllum lucentifolium)	B	B	B	B
Chimicua (Pseudolmedia laevis)	A		B	B
Estoraque (Myroxylon balsamum)	A	A	A	A
Manchinga (Brosimum alicastrum)	B	B	C	B
Mashonaste colorado (Clarisia racemosa)	A	A	A	A
Quina quina negra (Poutoria sp.)	A	A	A	A
Requia (Cabrera canjerana)	A	A	A	A
Tahuari (Tabebuia serratifolia)	A	A	A	A
Zapote (Pterygota amazonica)	C	B	C	C

A = altamente resistente
 B = resistente
 C = moderadamente resistente

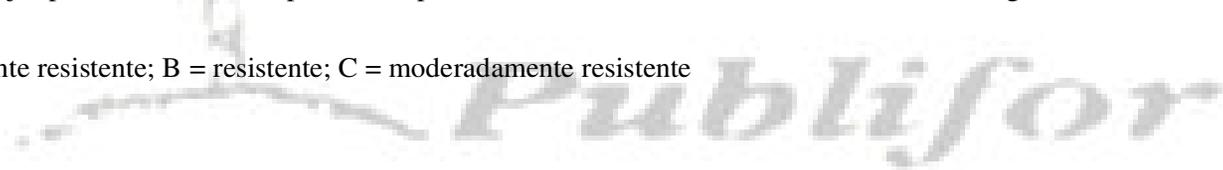
En el Cuadro 7 se observa que en las maderas clasificadas como altamente resistentes y las clasificadas como resistentes, la acción fungica no presenta diferencias significativas. Presentando también las primeras, mayores porcentajes de extractivos (igual o mayores de 11.66%), y las segundas, menores valores (entro 4.25% y 5.03%) que las hacen susceptibles a dicha acción.

CUADRO 6: PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN DE LOS PORCENTAJES PROMEDIO DE PESO EN LA MADERA DE DIEZ ESPECIES FORESTALES

Hongos Xilófagos	<i>Polyporus sanguineus</i>			<i>Ganoderma applanatum</i>				<i>Pollyporus versicolor</i>		
Especies Forestales	Tahuari	Estoraque	Quina Quina Negra	Mashonaste Colorado	Requia	Chimicua	Caimito	Azúcar huayo	Manchinga	Zapote
Extractivos (%)	14,01	13,88	10,02	14,26	11,66	5,03	5,15	5,65	4,25	3,7
Durabilidad(**) Natural	A	A	A	A	A	B	B	B	B	C
Porcentaje promedio de pérdida de peso	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Por acción de los 3 hongos xilófagos	4,28	4,64	5,16	6,97	8,35	10,71	10,97	12,13	22,2	24,6
Significación										

(*) Los porcentajes promedio totales de pérdida de peso unidos mediante la misma línea no difieren significativamente al nivel del 5%

(*) A= Altamente resistente; B = resistente; C = moderadamente resistente



CUADRO 7: Análisis de variancia de los porcentajes de pérdidas de peso por acción de los tres hongos xilófagos en cada especie forestal

Especie forestal			Hongo xilófago empleados	ANVA
Extractivos (%)	Durabilidad natural (clasificación)			
	tahuari		<i>Polyporus sanguineus</i>	
14,01		A		
	estoraque			
13,88		A		
	quina quina negra			
10,02		A		
	mashonaste		<i>Ganoderma appanatum</i>	
14,26		A		
	requia			
11,66		A		
	chimicua			
5,03		B		
	caimito		<i>Polyporus versicolor</i>	
5,15		B		
	azúcar huayo			
5,65		B		
	manchinga			
4,25		B		
	zapote			
3,70		C		**

A = altamente resistente; B = resistente; C = moderadamente resistente.

A su vez la madera del zapote, clasificada como moderadamente, presenta diferencia altamente significativa, deduciéndose que el efecto tóxico de la cantidad y tipo de extractivos presentes (menor o igual a 3.70%) es variable en los hongos xilófagos empleados, lo cual influye en su clasificación tanto parcial y final de esta especie (Cuadro 4).

En el Cuadro 8 se muestra la alta correlación existente entre los porcentajes promedio de pérdida de peso y los porcentajes de extractivos de las diez especies evaluadas, analizándose la acción de los hongos individualmente. Deduciéndose la cantidad de extractivos que influyen en la resistencia de la madera a la pudrición, faltando determinar para futuras investigaciones cada uno de los extractivos y probar su toxicidad. Por otro lado, la densidad de la madera no es necesariamente un criterio de resistencia de la madera a la pudrición, dado que no existe correlación entre ambos conceptos.

CUADRO 8 Correlación entre los porcentajes promedio de pérdida de peso de las probetas de las maderas en estudio versus los porcentajes de extractivos y densidad básica respectivamente

Porcentaje promedio de pérdida de peso por acción del:		coeficiente de correlación (r)
<i>Polyporus sanguineus</i>	extractivos (%)	0,73
	densidad básica (gr/cm3)	0,52
<i>Ganoderma applanatum</i>	extractivos (%)	0,80
	densidad básica (gr/cm3)	0,57
<i>Polyporus versicolor</i>	extractivos (%)	0,77
	densidad básica (gr/cm3)	0,49
Promedio	extractivos (%)	0,77
	densidad básica (gr/cm3)	0,53

6. CONCLUSIONES

1. La clasificación de las maderas de duramen de las 10 especies estudiados en base a su resistencia natural a la pudrición por acción de los tres hongos xilófagos empleados es como a continuación se detalla:

Madera altamente resistente: estoraque, mashonaste colorado, quina quina negra, requia y tahuari; madera resistente: azúcar huayo, caimito, chimicua y manchinga; madera moderadamente resistente: sapote.

2. El porcentaje de extractivos de la madera de las especies estudiadas, muestra una alta correlación con la durabilidad natural de la madera a la acción destructiva de los tres hongos xilófagos empleados. Sin embargo, se recomienda que para estudios futuros se hagan las investigaciones pertinentes para identificar a cada uno de los extractivos y someterlos a la prueba de toxicidad.
3. La densidad básica de las maderas estudiadas no presenta correlación significativa con la resistencia de las mismas a la acción destructiva de los tres hongos empleados. Sin embargo, debemos dejar constancia de que la densidad básica en forma general es un buen índice de durabilidad pero existen numerosas excepciones que son las que hay que determinar en futuros estudios.

BIBLIOGRAFIA

1. ALEXOUPoulos, S. J. 1966 Introducción a la micología. Editorial Universitaria de Buenos Aires (EUDEBA) Argentina. 615 p.
2. AMES DE ICOCHEA, T. 1974. Fitopatología General. Departamento de Sanidad Vegetal. UNA La Molina, Lima, Perú. 150 p.
3. BAZAN DE SEGURA, C. 1964. Patología Forestal. UNA La Molina, Lima, Perú. 131 p.
4. CARTWRIGHT and FINDLAY, W.1964. Decay of timber and its prevention. Forest Products Research Laboratory, Princes Risborough, Aylesbury. Bucks. 301 p.
5. GONZALES FLORES, V.R. 1979. Pudrición de la madera de diez especies forestales por acción de cinco (5) hongos xilófagos. Tesis para optar el grado de M.Sc. en la especialidad de Fitopatología P.A.G. UNA La Molina. Lima, Perú.
6. HERRERA R.J., GOMEZ-NAVA y BARRETERO, G.E. 1980. Durabilidad natural de la madera de catorce especies forestales mexicanas. Bol. Tec. Instituto Nacional de Investigación Forestal. 67 México
7. HUNT, G.M. y GARRAT, G.A.1952. Preservación de la madera. Madrid, España. 486 p.
8. KOLLMANN, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Segunda Edición Instituto Forestal de Investigación y Experiencias al servicio de la madera. Madrid, España. 789 p.
9. MARTINEZ, J.B. 1952. Conservación de la madera en su aspecto técnico, Industrial y económico, Instituto de Investigación y Experiencias. Madrid, España. 550 p.
10. PANSHIN, A.J. and CARL DEZEEUW. 1980. Text book of wood technology. 4th Edition, Mc Graw-Hill Book Company. 720 P.
11. TRUJILLO, C. F. 1985. Durabilidad natural de 8 especies forestales del Perú. Medio Nutritivo natural P.A.C.F. UNA La Molina, Lima, Perú. 112 p.