

DURABILIDAD NATURAL DE OCHO ESPECIES FORESTALES DEL PERU EN MEDIO NUTRITIVO NATURAL

F.T. Trujillo C.¹
V.R. González F.²

RESUMEN

En el presente trabajo se expone el método de laboratorio empleado (Norma ASTM D 2017-71) y los resultados obtenidos al evaluar la Durabilidad Natural de la Madera de 8 Especies Forestales, en base a la acción de cuatro hongos xilófagos *Polyporus sanguineus* (L. ex Fr.) Murr.; *Polyporus versicolor* L. ex. Fr., *Lenzites trabas* (Pers.) Fr. y *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat. Determinándose maderas altamente resistentes: Alcanfor (*Ocotea costulata*), Estoraque (*Myroxylon balsamum*) y Tulpay (*Clarisia racemosa*) maderas resistentes: Almendro (*Caryocar glabrum*) y Lagarto caspi (*Calophyllum brasiliense*); maderas moderadamente resistentes: Moena amarilla (*Endlicheria* sp.), Pashaco (*Albizzia* sp.) e Ishpingo (*Amburana cearensis*).

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 standard method ASTM D 2017-71 for 8 different wood species based on the attack of 4 xylophagous fungi: *Polyporus sanguineus*, (L. ex. Fr.) Murr, *Polyporus versicolor* L. ex. Fr., *Lenzites trabea* (Pers.) Fr. y *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat.

Alcanfor (*Ocotea costulata*), Estoraque (*Myroxylon, basamum*) and Tulpay (*Clarisia racemosa*) were tested to be highly resistant; Almendro (*Caryocar glabrum*) and Lagarto caspi (*Callophylum brasiliense*) were resistant whereas Moons amarilla (*Endlicheria sp.*), Pashaco (*Albizzia sp.*) and Ishpingo (*Amburana cearensis*) were moderately resistant to decay.

Also, was found a high correlation between decay resistance and extractive content; and a lower correlations was obtained between decay resistance and specific gravity.

INTRODUCCION

La madera en sus diferentes etapas de transformación y en la variedad de condiciones ambientales en las que se desempeña, está sometida a distintos tipos de deterioro por agentes bióticos y abióticos, destacándose los agentes bióticos por la gravedad de los daños que causan, y dentro de este grupo sobresalen los hongos xilófagos y termitas, los cuales originan las mayores pérdidas en volumen de madera con y sin valor agregado; erigiéndose como factor limitante M empleo integral de las especies forestales, al desacreditar a la madera frente a los usuarios, por ser empleadas con desconocimiento de una propiedad de gran importancia, tal cual es la durabilidad natural.

Esta propiedad representa la resistencia de la madera a la acción de sus agentes de deterioro, y determina el tiempo en el cual las propiedades físicas y mecánicas (que le confieren características

¹ Profesor Contratado. Departamento Académico de Industrias forestales de la U.N.A. La Molina

² Profesor Principal. Departamento Académico do Industrias Forestales de la U.N.A. La Molina.

para un determinado uso) se mantendrán vigentes. Asimismo, nos brinda información para la elección y correcta aplicación de los métodos de preservación y secado existentes.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar en laboratorio, la durabilidad natural de la madera de 8 especies forestales, en base a resultados de existencia de sus maderas a la acción de cuatro hongos xilófagos.

REVISION DE LITERATURA

3.1 Durabilidad Natural

Cartwright y Findlay (4) sostienen que debe entenderse por durabilidad natural de la madera a su capacidad para resistir el ataque de los agentes bióticos y abióticos de destrucción, pero dada la acción preponderante de los hongos xilófagos, se ha acordado internacionalmente referir la durabilidad natural a su acción.

Darrel (5) afirma que en la práctica es muy importante conocer la resistencia de la madera frente a los principales hongos xilófagos y efectuar una gradación de su resistencia, para lograr el uso adecuado de las maderas.

3.2 Razones de la Durabilidad Natural

Los Extractivos son ciertos productos en las células del duramen que se forman cuando las células de parénquima pierden el protoplasma y mueren. Dentro de ellos tenemos: aceites esenciales, resinas, gomas, taninos, compuestos fenólicos, sustancias, hidrosolubles y diversos productos químicos; a los cuales se les atribuye fundamentalmente la mayor durabilidad natural del duramen sobre la albura. Findlay (8) indica que la validez de la importancia de los extractivos tóxicos en la duración de la madera al ataque de organismos, fue probada repetidamente por lixiviación con solventes apropiados, en bloques de madera tomados del duramen de especies durables, invariablemente los bloques así extraídos se pudren más rápidamente en comparación con los bloques no lixiviados y la toxicidad relativa de los extractivos del duramen es comparable a la durabilidad relativa del duramen.

Highley y Scheffer (12) y Fergus (7) indican que existen maderas ligeras más durables que otras relativamente pesadas que se hallan entre las maderas menos resistentes; esto se debe a que la durabilidad natural está correlacionada con la mayor acumulación de sustancias tóxicas, ya que no existen diferencias significativas en la resistencia la pudrición del extractivo libre y la madera que posee dicho extractivo. A su vez Hunt (13) señala que no existe correlación marcada entre la densidad y la resistencia fungosa, por lo cual la densidad de la madera no es factor que sirva para relacionarlo con la durabilidad.

Otras razones de la durabilidad natural de menor preponderancia son:

La complejidad del leño.- Bazán (2) y González (11) afirman que la madera lignificada crea una barrera física al ataque enzimático sobre los polisacáridos, por lo cual sólo los organismos que posean enzimas capaces de destruir la lignina o alterar la asociación con los polisacáridos, serán capaces de destruir la madera.

La cristalinidad de la celulosa según Fergus (7) provee gran resistencia a la degradación de hongos y bacterias, debido a que la acción de despolimerización de las enzimas se restringe principalmente a la región no cristalizada de la celulosa.

Con respecto al contenido de nitrógeno de la madera, Cartwright y Findlay (4) indican que el bajo contenido de nitrógeno de la madera reduce su susceptibilidad a la pudrición (0.03 a 0.1 % por peso) por lo cual los hongos xilófagos lo economizan mucho y lo transportan también siempre a las zonas de máximo crecimiento.

3.3 Factores indispensables para el desarrollo del hongo

a) La humedad.- Eades y Roff (6) señalan que es un factor muy necesario para la actividad fisiológica de los hongos como germinación de las esporas, secreción de las enzimas fúngicas, disolución del sustrato leñoso, absorción y transporte de sustancias nutritivas y constitución de sus nuevos tejidos. Es decir para toda actividad vital de los hongos xilófagos. Findlay (8) afirma que la condición óptima de humedad para el crecimiento del hongo, se sitúa por encima del punto de saturación de las fibras, entre 30 % y 50 %, 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. Fergus (7) indica que está comprobado que los hongos no sólo disponen del agua necesaria para la asimilación de sustancias, sino que también durante la respiración forman agua ellos mismos.

b) La Temperatura.- Hunt (13) afirma que los hongos necesitan de una temperatura óptima para llevar a cabo su actividad vital, la cual se encuentra entre 20°C y 30°C. Eades y Roff (6) y Bazán (2) indican que las temperaturas inferiores a 0°C y superiores a 38°C, aunque inhiban el crecimiento de los hongos, no los matan inmediatamente.

c) El Aire.- Hunt (13) y Bazán (2) afirman que es muy necesario para el desarrollo del hongo, ya que no puede hacerlo en verdaderas condiciones anaeróbicas, y es preciso que exista una cantidad de aire equivalente a más del 20 % del volumen la madera. A su vez González (10) indica que cuando la proporción de anhídrido carbónico del aire que rodea al hongo es superior al 19 o/o retrasa su crecimiento, al 60 % lo detiene totalmente.

El alimento requerido por el hongo para su nutrición, es suministrado principalmente por la misma materia que constituye las paredes celulares del hospedante; pero las sustancias almacenadas en las cavidades celulares, tales como almidones azúcares y otros, facilitan su alimentación. Bazán (2) menciona que cuando disponen de carbohidratos en cualquier forma, preferiblemente glucosa, sacarosa o maltosa, la mayoría de los hongos pueden sintetizar sus propias proteínas, utilizando fuentes inorgánicas u orgánicas de nitrógeno y diversos alimentos minerales esenciales para un crecimiento como: C, O, H, N, P, K, Mg, S, Mn, Cu, Mo, F, y Zn; indicando además que debido a esto se les puede cultivar en medios sintéticos. Findlay (8) 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 alimenticias respecto al huésped que parasita.

3.4 Proceso de Pudrición en la Madera

Bazán (2) señala que la penetración de los hongos en la madera puede ser mecánica o química. La primera se realiza cuando la hifa infectiva del hongo toma un mayor tamaño y forma el apresorio al acercarse a la pared y ejerce presión; la segunda se realiza por secreción de enzimas capaces de convertir las sustancias insolubles de la madera a formas solubles.

Hunt (13) indica que las hifas infectivas de los hongos, se extienden por la madera, pasando de célula en célula, buscando aberturas naturales o taladrando orificio en las paredes celulares.

Garcés (9) señala que en la etapa avanzada de pudrición, la madera se hace blanda, esponjosa, espinosa y alveolada o fácilmente disgregable, según la naturaleza del hongo atacante y la extensión de su destrucción.

3.5 Hongos xilófagos empleados en el estudio

Cartwright y Findlay (4) y González (11) señalan que los hongos *Ganoderma applanatum*, y *Polyporus sanguineus*, son los hongos xilofagos que causan la mayoría de las pudriciones en las especies tropicales de interés comercial.

Scheffer (15) y Pavlich (14) mencionan que el hongo *Ganoderma applanatum* es un hongo saprofito de la madera, causante de la pudrición blanca.

Parlich (14) indica que el hongo *PolyPorus sanguineus* produce la pudrición corrosiva de la madera, caracterizada por la destrucción de la lignina, dejando sólo un complejo de celulosa de color blanquecino, al igual que el hongo *Polyporus versicolor*.

A.S.T.M. (1) recomienda el uso del hongo *Polyporus versicolor* para el ensayo de maderas duras, ya que al igual que *Polyporus sanguineus* se trata de especies tropicales. -

González (11) afirma que los hongos *Ganoderma applanatum*, *Polyporus sanguineus* y *Polyporus versicolor* se hallan representados en el país, asimismo, señala que desarrollan bien en condiciones normales de laboratorio.

Findlay (8) y Hunt (13) afirman que el hongo *Lenzites trabea* es un hongo patrón en pruebas de laboratorio, el cual debe ser comparado con hongos específicos que afectan a la madera en servicio. A su vez Pavlich (14) sostiene que este hongo es causante de la pudrición destructiva de la madera, denominándola carbonizante.

3.6 Método "Soil - Block"

Hunt (13) señala que los procedimientos para determinar la Durabilidad Natural de la Madera en condiciones de laboratorio son numerosos, pero que el método "Soil-Block" es uno de los mejores procedimientos acelerados de hoy en día.

Eades y Roff (6) manifiestan que el método suelo-bloque, fue formalizado en los EE. UU. por Lentriz en 1946; investigaciones posteriores introdujeron modificaciones para mejorar el método, y en 1962 fue aceptado por la Sociedad Americana de Pruebas de Materiales, para la realización de pruebas aceleradas de laboratorio sobre la Durabilidad Natural de las maderas o resistencia de productos de madera, expuestos a pudriciones por hongos.

Cartwright y Findlay (4) indican que la validez de los ensayos de laboratorio, está plenamente respaldada por la Sociedad Americana de Prueba de Materiales y la Asociación Americana de Preservadores de la Madera, con sus respectivas normas para ensayos de durabilidad que son coincidentes e informan que en la bibliografía existente sobre durabilidad natural de la madera en base a experiencias realizadas en diversos países, existe una buena correlación entre los resultados de los ensayos de laboratorio, y la durabilidad en pruebas de cementerio.

MATERIALES Y METODOS

4.1 Lugar de Ejecución

Se llevó a cabo en la Sección de Preservación y Secado de la Madera, Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria, en el año 1983.

4.2 Materiales y Equipos

4.2.1 Materiales

a) *Madera*.- Se empleó madera de durámen de ocho (8) especies forestales con cinco (5) repeticiones (muestras de árbol) cada una; las muestras fueron recolectadas en depósitos de Lima e identificadas anatómicamente en la Sección de Anatomía de la Madera del Departamento Académico de Industrias Forestales (Cuadro i).

b) *Medio de Cultivo*.- Para el desarrollo inicial del hongo xilófago se emplea madera putrescible y suelo.

- Madera.- Se empleó madera de "Copaiba" (*Copaifera reticulata* (10))
- Suelo.- Se empleó 200 gr. de suelo (Tierra y arena) en cada botella de cultivo.

c) *Hongo Xilófago*.- Se emplearon cuatro hongos xilófagos pertenecientes a la familia de las Poliporaceas, los cuales son recomendados por diversos autores para estudios de este tipo. *Ganoderma applanatum* (Walls) Pat.; *Lenzites trabea* (Pers.) Fr.; *Polyporus sanguineus* (L. ex. Fr.) Murr. y *Polyporus versicolor* L. ex. Fr.

CUADRO 1 ESPECIES FORESTALES

Nombre común	Nombre científico	Familia
Alcañor	Ocotea costulata (Nees) Mez.	Lauraceae
Almendro	Caryocarglabrum (Aubl) Pers.	Caryocaraceae
Estoraque	Myroxylon balsamum (L.)Harms.	Papilionaceae
Ishpingo	Amburana cearensis (Fr. A. Lem.) A. C. Smith	Papilionaceae
Lagarto caspi	Calophyllum brasiliense Cambers	Guttiferae
Moena amarilla	Endlicheria sp.	Lauraceae
Pashaco	Albizia sp.	Mimosaceae
Tulpay	Clarisia racemosa R. et P.	Moraceae

4.2.2 Equipo y Herramientas

- Botellas de 220 ml de capacidad, redondas con tapa.
- Esterilizador (autoclave) Chamberland.
- Incubadora Memmer.
- Equipo de extracción química.
- Volumenómetro de Brenil.
- Horno Thelco.
- Balanza.

4.2.3 Reactivos

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

4.3 Métodos y Procedimiento

4.3.1 Durabilidad Natural.- Se tomó como referencia la Norma ASTM D-2011762 T(1) 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 2 x 2 x 2 cm convenientemente orientadas. El número de probetas de madera empleadas son 10 (2 por muestra) por especie forestal y por hongo xilófagos, determinándose su peso seco constante (Peso seco inicial) en horno (24 horas a 105°C ± 2) y esterilizándolas en húmedo a 110°C y 15 libras de presión por 15 minutos, quedando listas para el ensayo.

b) Preparación del Medio de Cultivo

Suelo.- El suelo seco al aire convenientemente tamizado (Tamiz No. 60) estaba compuesto por 80 % de tierra y 20 % de arena. Dado que el o/o CH y el ph del suelo son factores importantes para el desarrollo los hongos xilófagos, se determinó que es necesario agregar 30 ml de agua destilada (Met. Bouyoucos) y 0.8 ml. de Ac. Sulfúrico 0.1 N. a cada 200 g. de suelo.

Madera.- La madera de Copaiba se cortó en tiras de 0.5 x 2.5 x 3.5 cm. con el largo del eje en el sentido del grano, luego éstas se humedecieron hasta saturar sus células con agua destilada.

c) *Preparación de las Botellas de Cultivo.* En botellas de 220 ml, se adicionó el agua destilada (30 ml) con el ácido sulfúrico 0.1 N (0.8 ml). Luego se agregó 200gr de suelo seco al aire; sobre una superficie nivelada se colocó una tira de madera de "Copaiba" El conjunto fue esterilizado a 120°C y 15 lb de presión por 20 minutos (Autoclave Thelco), encontrándose en este momento en condiciones para recibir el repique del hongo sobre la tira de madera de copaiba y llevar la unidad al incubador.

d) *Acondicionamiento de Probetas de Madera.*- Luego de 2 semanas de desarrollo del hongo xilófagos, en cada botella de cultivo se colocó una probeta de madera, con la cara de la sección transversal sobre el manto miceliar e inmediatamente se incubó durante 3 meses, rotulando convenientemente cada botella de cultivo.

e) *Cálculo de Pérdida de Peso.*- Finalizado el periodo de exposición, se retiraron las probetas de madera, eliminando la vegetación fungosa de sus superficies. Luego, se llevaron al horno a 105°C ± 2°C por 24 horas, hasta lograr el peso seco constante (Peso Seco Final). Calculándose el porcentaje de pérdida de peso (o/o PP) de cada probeta de madera. empleando la siguiente relación:

$$\%PP = \frac{PSI - PSF}{PSI} \times 100$$

donde:

PSI = Peso seco inicial (gr.) PSF = Peso seco final (gr.)

Dichos valores (% PP) son interpretados según la Norma ASTM D-2017-71 (Cuadro 2), para obtener la clasificación de las especies forestales en base a su durabilidad natural.

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 (olo)	Promedio de Peso Residual (%)	Grado de Resistencia al Hongo de la Prueba	Clase
0-10	90-100	Altamente resistente	A
11 -24	76- 89	Resistente	B
25-44	56- 75	Moderadamente resistente	C
45 hacia adelante	55 o menos	Ligera o no resistente	D

FUENTE: Norma ASTM D-2017-62 T (6)

4.3.2. Porcentaje de extractivos y Densidad básica

a) Porcentaje de extractivos (%E): En su determinación se siguió la Norma TAPPI T 05-59 para calcular el %E solubles en Alcohol Benceno (AB) y, el método SOVARD para calcular el % E solubles en agua caliente. Se empleó las siguientes relaciones:

$$\% E_{AB} = \frac{PS_1 - PS_2}{PS_1} \times 100$$

$$\% E_{H_2O} = \frac{PS_2 - PS_3}{PS_2} \times 100$$

$$\% E_T = \% E_{AB} + \% E_{H_2O}$$

donde:

%EAB = Extractivos solubles en Alcohol Benceno (o/o)

% EH₂ O = Extractivos solubles en agua caliente (o/o)

%ET = Extractivos Totales (o/o)

PS₁= Peso de aserrín seco (gr.)

PS₂= Peso de aserrín seco tratado con AB (gr.)

PS₃= Peso de aserrín seco tratado con agua caliente (g r)

b) Densidad básica (Db): Se siguió la Norma RAM 9544 empleándose probetas de madera (10 repeticiones por especie) de 2 x 2 x 2 cm. realizándose los cálculos con la siguiente relación.

$$Db = \text{PSh} / V_v$$

donde:

Db = Densidad básica (gr./cc)
PSh = Peso seco al horno (gr.)
 V_v = Volumen verde (cc)

4.3.3 Análisis Estadístico:

- a) Análisis de la acción de los 4 hongos xilófagos sobre las 8 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 promedios de pérdida de peso (de cada especie por acción de un hongo). La Prueba de Duncan se realizan 5 o/o; se emplean valores porcentuales promedios totales de pérdida de peso (de cada especie por acción de los cuatro hongos). Cuadro 6.
- b) Análisis de la acción de los 4 hongos xilófagos 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. Cuadro 7.
- c) Análisis de correlación.- Se determinaron los coeficientes de correlación entre los porcentajes promedios totales de pérdida de peso y porcentajes de extractivos y densidades básicas de las especies forestales evaluadas. Cuadro 8.

RESULTADOS

Se presenta a continuación los resultados obtenidos en las pruebas realizadas con las maderas de duramen de las 8 especies forestales estudiadas.

El Cuadro 3 muestra los porcentajes promedios de pérdida de peso de la madera de las 8 especies forestales por acción de los hongos xilófagos empleados.

El Cuadro 4 presenta la clasificación por durabilidad natural de las 8 especies forestales en base a la resistencia a la pudrición de sus maderas a la acción de los hongos.

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

CUADRO 3 PORCENTAJE DE PERDIDA DE PESO PROMEDIO DE LAS PROBETAS DE MADERA DE LAS ESPECIES FORESTALES A LOS 90 DIAS DEL ATAQUE DE LOS HONGOS XILOFAGOS (*)

ESPECIE FORESTAL	HONGOS XILOFAGOS			
	Polyporus Sanguineus	Polyporus versicolor	Lenzites trabea	Ganoderma applanatum
ALCANFOR(Ocotea costulata)	2,76	3,48	3,68	4,53
ESTORAQUE(Myroxylon bolsamum)	5,95	6,21	5,89	5,85
TULPAY(Pariisia recemosa)	7,53	7,90	8,18	8,28
ALMENDRO(caryocar glabrum)	10,86	12,23	4,63	16,65
LAGARTO CASPI(Catophylum brasiliense)	15,37	16,37	12,08	18,91
MOENAAMARILLA(Endlichorio sp.)	20,87	12,86	14,58	28,76
PASHACOWbizzis sp.)	41,98	40,21	43,27	32,66
ISHPINGO(Amburano cearensis)	39,46	48,83	44,67	40,67

* Cada valor porcentual es promedio de los valores porcentuales.

CUADRO 4 CLASIFICACION DE LAS ESPECIES FORESTALES POR SU DURABILIDAD NATURAL

ESPECIE FORESTAL	Polyporus Sanguineus	Polyporus versicolor	Lenzites trabea	Ganoderma applanatum	Clasificación general
ALCANFOR	A	A	A	A	A
ALMENDRO	A	B	A	B	B
ESTORAQUE	A	A	A	A	A
ISHPINGO	C	D	C	C	C
LAGARTO CASPI	B	B	B	B	B
MOENAAMARILLA	C	B	a	C	C
PASHACO	C	C	C	C	C
TULPAY	A	A	A	A	A

A : Altamente resistente
B : Resistente

C: Moderadamente resistente
D: No resistente

CUADRO 5 PORCENTAJE DE EXTRACTIVOS Y DENSIDAD BASICA DE LAS OCHO (8) ESPECIES FORESTALES

ESPECIE FORESTAL (En Orden de Resistencia a la Pudrición)	EXTRACTIVOS			Densidad Básica
	Alcohol - Benceno	Agua Caliente	Total	
ALCANFOR (Ocotea costulata)	11,57	346	15,03	0,50
ESTORAQUE (Myroxylon balsamurn)	13,41	4,64	18,05	0,77
TULPAY (Clarisia racemosa)	10,12	6,03	16,15	0,61
ALMENDRO (Caryocar glabrum)	6,62	3,50	10,12	0,68
LAGARTO CASPI (Calophyllum brasiliense)	5,67	7,26	12,93	0,54
MOENA AMARILLA* (Endlicheria sp.)	477	3,48	8,25	48
PASHACO (Albizia sp.)	2,42	1,65	4,07	0,50
ISHPINGO (Amburana cearensis)	2,82	1,27	4,09	0,45

* Tomado del "Estudio de las Posibilidades Industriales de las Maderas Nacionales para la Fabricación de Pulpa para Papel" de Bueno Z.

DISCUSION

El análisis de variancia a partir de un diseño de bloques completa al azar, de los porcentajes promedios de pérdida de peso (Cuadro 3), muestra la existencia de diferencias altamente significativas entre dichos valores ($F_{1\%} = 3.65$; $F_c = 55$), deduciéndose que las resistencias a la pudrición de las maderas evaluadas son diferentes.

Las comparaciones múltiples 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 promedios totales de pérdida de peso de las especies forestales evaluadas.

En el Cuadro 7 se observa que en las maderas clasificadas como altamente o moderadamente resistentes (excepto la Moena amarilla), la acción fúngica no presenta diferencias significativas. Presentando las primeras mayores porcentajes de extractivos ($\geq 16.15\%$) que inhiben la acción fúngica, y las segundas menores valores (≤ 4.09 o/o) que las hacen susceptibles a dicha acción. A su vez las maderas clasificadas como resistentes y la Moena amarilla presentan diferencias altamente significativas, deduciéndose que el efecto tóxico de la cantidad y tipo de extractivos presentes entre 4.09 y 16.15 %, es variable en los hongos xilófagos empleados, lo cual influyó en las clasificaciones parciales y finales de estas especies (Cuadro 4).

El Cuadro 8 muestra la alta correlación existente -entre los porcentajes promedios de pérdida de peso y los porcentajes de extractivos de las ocho especies evaluadas, analizándose la acción de los hongos individualmente. Deduciéndose que los factores determinantes en la resistencia de la madera

a la pudrición son los extractivos, por otro lado la Densidad no es necesariamente un criterio de resistencia de la madera a la pudrición, dado que no existe correlación marcada entre ambos conceptos.

CONCLUSIONES

1. La Durabilidad Natural de la madera de durámen de las 8 especies forestales en base a su resistencia natural a la pudrición por acción de los cuatro hongos empleados es como sigue:

- I. Altamente resistentes: Alcanfor, Estoraque, Tulpay.
- II. Resistentes: Almendro, Lagarto caspi
- III. Moderadamenre resistentes: Moena amarilla, Pashaco, Ishpingo

2. El porcentaje de extractivos de la madera de las especies estudiadas, muestran, una alta correlación con la resistencia a la pudrición de las mismas.

3. La Densidad Básica de la madera de las especies estudiadas, muestran una correlación no significativa con la resistencia a la pudrición de las mismas.

CUADRO 6 PRUEBA DE SIGNIFICACION DE DUNCAN DE LOS PORCENTAJES PROMEDIOS TOTALES DE PERDIDA DE PESO EN LA MADERA DE OCHO ESPECIES FORESTALES

Hongos xilófagos	Polyporus sanguineus		Polyporus versicolor		Lenzites trabea		Ganoderma applanatum	
Especies Forestales	Alcanfor	Estoraque	Tulpay	Almendro	Lagarto Caspi	Moena amarilla	Pashaco	Ishpingo
Extractivos(o/o)	15,03	18,05	16,15	10,12	12,93	8,25	4,09	407
Durabilidad Natural (**)	A	A	A	B	B	C	C	C
Porcentaje Promedio de pérdida de peso Por acción de los 4 hongos xilófagos	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Significación (*)	361	5,98	7,97	10,48	15,68	19,27	3.953	43,41

(*) Los porcentajes promedios totales de pérdida de peso unidos mediante una misma línea no difieren significativamente al nivel de 5%.
 (**) A = Altamente resistente; B = Resistente; C = Moderadamente resistente.

CUADRO 7 ANALISIS DE VARIANCIA DE LOS PORCENTAJES DE PERDIDA DE PESO POR ACCION DE LOS CUATRO HONGOS XILOFAGOS EN CADAESPECIE FORESTAL

Especie Forestal		Hongos Xilofagos empleados	ANVA
Extractivos %	Durabilidad Natural (Clasificación)		
Alcanfor		Polyporus sanguineus	-
15,03	A		
Estoraque		Polyporus versicolor	-
18,05	A		
Tulpay		Lenzites trabes	-
16,15	A		
Almendra		Genodorma applanatum	**
10	B		
Lagarto caspi		-	**
12,93	B		
Moena amarilla		-	**
8,25	C		
Ishpingo		-	-
4,09	C		
Pashaco		-	-
4,07	C		

A = Altamente resistente; B = Resistente; C = Moderadamente resistente.

CUADRO 8 CORRELACION ENTRE LOS PORCENTAJES PROMEDIOS DE PERDIDA DE PESO DE LAS PROBETAS DE LAS MADERAS EN ESTUDIO, VERSUS LOS PORCENTAJES DE EXTRACTIVOS Y DENSIDAD BASICA RESPECTIVAMENTE

Porcentaje X de pérdida de peso por acción del		Coeficiente de correlación		
		(r)	$(r^2 \times 100)\%$	$\{(1 - r) \times 100\}\%$
Polyporus sanguineus	Extractivos (%)	0,93	87	13
	Densidad (gr/cm3) Básica	0,60	36	64
Polyporus versicolor	Extractivos (%)	0,87	76	24
	Densidad (gr/cm3) Básica	0,55	30	70
Lenzites trabes	Extractivos (%)	0,85	72	28
	Densidad (gr/cm3) Básica	0,59	35	65
Ganoderma applanatum	Extractivos (%)	0,95	90	10
	Densidad (gr/cm3)	0,65	42	58

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. A.S.T.M. 1971. Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. Reprinted from copyrighted. Supplement to book of ASTM Stand D-2017-71. 11 Pág.
2. BAZAN DE SEGURA, C. 1964. Patología Forestal. UNA-La Molina. Lima, Perú. 131 Pág.
3. BAZAN, F. 1981. Efecto de Hongos Xilófagos en el Índice de Valor de importancia del Bosque de Puerto Almendras Iquitos. P.A.C.F.; UNA La Molina. Lima, Perú. 150 Pág.
4. CARTWRIGHT K.B.T. and FINDLAY W.P.K. 1964. Decay of Timber and its Prevention. Forest Products Research Laboratory Princess Risborough, Aylesbury. Buks. 301 Pág.
5. DARREL, DAN. 1973. Woods Deterioradation and Protection of woods, Syraense University Press USA. 219 Pág.
6. EADES, H.W. and ROFF J.M. 1953. The Regulation of Aeration in wood soil Contact Culture Technique. Forest Product Journal III. 70-95 Pág.
7. FERGUS, L.Ch. 1960. Ilustrated Genera of wood Decay Fungi, Burgess Publishing, Co. Minnesota, EE.UU. 131 Pág.
8. FINDLAY, W.P.K. 1.940. Studies in Physiology of Woods Destroying Fungi. Anuals of Botany N.S. Vol. IV. No. 16.701-711 pig.
9. GARCES, C. 1968. La Patología Forestal en Latinoamérica, Seminario Latino-Americano de Profesores de Patología y Entomología de Instituciones de Educación Agr(cola Superior. 11 CA. Lima, Perú. 13 pág. 10. GONZALEZ, F.R. 1979. Pudrición de la Madera de Diez (10) Especies Forestales por acción de Cinco(5) Hongos Xilófagos. Tesis para optar el Grado de M.S. en la especialidad de Fitopatología. P.A.G. UNA-La Molina, Lima, Perú. 108 Pág.
11. 1970. Durabilidad Natural de 53 especies Forestales de Yurimaguas. Revista Forestal del Perú. 4(1-2). 75-89 pág.
12. HIGHLEY, T.L. and SCHEFFER, T.C. 1970. Natural Decay Resistance of 30 Peruvian Woods.
13. HUNT, G.M. 1941. Factors that Influence the *Decay of Untreated Wood in Service and Comparative Decay Resistance of Different Species. U.S. Dep. of Agric. Forest Products. Lab. R. 68.
14. PAVLICH, M. 1976. Ascomycetes y Basidiomycetes del Perú con Énfasis en Especies de la Ceja de Montaña y Selva Tropical. Univer. Nac. Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 86 Pág.
15. SCHEFFER, T.C. and DUNCAN, G.G. 1947. The Decay Resistance of certain Central American and Ecuatorian Woods. Tropical woods. No. 92; 1-24 pág.
16. WOLF, F.A. and WOLF, F.T. 1941. The Fungi. Vol. 11. John Willey E. sons. Inc. New York. 265 pág.