

Durabilidad natural de la madera de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*, proveniente de plantaciones forestales en San Alberto, Oxapampa

Natural durability of *Pinus oocarpa* and *Pinus tecunumanii* wood from forest stands in San Alberto, Oxapampa

José L. Claros Cuadrado¹, Hernán Baltazar Castañeda¹, Florencio Trujillo Cuellar²
y Martín Araujo Flores³

Resumen

En el presente trabajo se han realizado pruebas de durabilidad natural de las maderas de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltldl y *Pinus tecunumanii* Eguiluz & J.P. Perry, proveniente de las plantaciones de la Estación Experimental de Oxapampa-UNCP, ubicada en San Alberto, Oxapampa. Para el desarrollo del estudio, se tomó como referencia la metodología de la Norma ASTM D 2017: "Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods"; empleando para ello cultivos de los hongos xilófagos *Pycnoporus sanguineus* (L) Murril y *Schizophyllum commune* Fries, causantes de pudrición blanca. Los resultados obtenidos en base a la resistencia a la pudrición, según la tabla de interpretación de resultados de la Norma ASTM D 2017, corresponden a la clase B: "Madera Resistente" para *Pinus oocarpa*; y a la clase C: "Madera Moderadamente Resistente" para *Pinus tecunumanii*. Asimismo, se determinó el porcentaje de extractivos presentes en la madera, empleando como referencia la metodología de la Norma TAPPI 05 para extractivos solubles en alcohol-benceno, y el método SOVARD para extractivos solubles en agua caliente. Ambas especies mostraron contenidos similares de extractivos solubles en alcohol-benceno (entre 4,09% y 6,64%), lo cual guarda relación con los resultados de las pruebas de durabilidad natural, y explica el grado de resistencia de ambas maderas.

Palabras clave: madera; durabilidad natural; plantaciones forestales; pino.

¹ Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú.

² Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

³ Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. E-mail: maraujof@lamolina.edu.pe

Abstract

The present paper shows the results of natural durability tests for *Pinus oocarpa* Schiede ex-Schlttl and *Pinus tecunumanii* Eguiluz & J.P. Perry, originally from the plantations of the Experimental Station of Oxapampa-UNCP, located in San Alberto, Oxapampa. For the development of the study, the methodology of ASTM D 2017 Standar: "Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods", was used as a reference. Cultures of the fungi *Pycnoporus sanguineus* (L) Murril and *Schizophyllum commune* Fries, which are the cause of white rotting, were used in this process. The results obtained on the basis of the natural decay resistance, correspond in both cases, according to the table of interpretation of results of ASTM D 2017 Standar, to class B: "Resistant Wood" for *Pinus oocarpa*, and to class C: "Moderately Resistant Wood" for *Pinus tecunumanii*. In addition, the percentage of extractive found in the wood was determined by using the methodology of TAPPI 05 Standar for extractive soluble in Alcohol-Benzene and the SOVARD method for water-soluble extractive compounds as sources of reference. Both species showed similar contents of alcohol-benzene-soluble extractive compounds (between 4,09% and 6,64%), which bears relation to the test results of natural durability, and explains the degree of resistance of both types of wood.

Key words: wood; natural durability; forest plantations; pine.

Introducción

Una de las propiedades más importantes de la madera es la durabilidad natural; es decir, la resistencia que ésta ofrece frente a la acción de agentes destructores biológicos. Esta depende fundamentalmente de los constituyentes orgánicos e inorgánicos que las especies leñosas fijan durante su formación; así como también, de las condiciones que son favorables para el desarrollo de los organismos destructores presentes en el medio ambiente en el que la madera es utilizada.

Los más importantes agentes causales de la degradación de la madera son los hongos, y particularmente los que causan pudriciones al alterar los elementos estructurales, lignina y celulosa, además de las sustancias de reserva, por lo cual estos hongos reciben el nombre de xilófagos (Martínez 1952, González 1981). Los hongos causantes de pudrición blanca, donde todos los componentes de la pared celular son atacados, pueden destruir totalmente la madera, mientras que los hongos causantes de pudrición marrón, al no poder degradar la lignina, la máxima pérdida de leño que pueden causar es cercana al 70% del peso seco original (Cartwright y Flinday 1958).

Las maderas presentan distintos grados de resistencia a los organismos de deterioro; en la albura suele encontrarse sustancias de reserva como azúcares y almidones que la hacen apetecible para los organismos xilófagos; sin embargo el duramen, según la especie, mostrará una mayor resistencia al contener sustancias propias del proceso de duramización, como aceites, taninos, gomas y sustancias hidrosolubles de alta toxicidad (Durán y Tuset 1980). Por otro lado, la lignificación de las paredes celulares reduce la susceptibilidad de la madera a la pudrición, dado que la lignina constituye una barrera física para el ataque enzimático sobre los polisacáridos (Kollman y Coté 1984).

Los extractivos son responsables de algunas características de las maderas como resistencia natural a la pudrición, sabor y propiedades abrasivas. Son sustancias que no forman parte de la pared celular y que pueden ser extraídos con solventes neutros (Pashin y Harrar 1959). Pueden ser extraídos de diferentes partes de los árboles de coníferas y latifoliadas mediante agua, disolventes orgánicos, vapor de agua o mediante estrujado (Vidorov 1987, citado por Alvarez 2005). La distribución de éstos en la madera, su composición y cantidad relativa depende de diversos factores como la especie,

edad y ecología. Aproximadamente de 3 – 10% de la madera seca está constituida por sustancias extraíbles (Otero 1988, citado por Alvarez 2005). Por otro lado, las maderas lixiviadas se pudren más rápidamente en comparación con las maderas no lixiviadas, demostrando esto que los extractivos detienen o inhiben la actividad de los hongos xilófagos (Martinez 1952, Panshin 1980).

La durabilidad natural es una propiedad que condiciona el uso de la madera e influye en el tiempo en el que sus propiedades físicas y mecánicas se mantienen vigentes. Asimismo, cobra especial interés para el sector industrial a fin de emplear la madera convenientemente y evitar pérdidas económicas considerables como consecuencia de su uso inadecuado.

En la actualidad, el número de especies maderables utilizadas es bastante reducido, y se usan especialmente aquellas de comprobada resistencia biológica. Esta situación, sumada al empleo limitado de técnicas que permiten incrementar la resistencia biológica de las maderas, ha conducido al empobrecimiento de los bosques.

Por lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de realizar estudios que conduzcan a la utilización adecuada de un mayor número de especies maderables, y de esta manera contribuir en disminuir la presión en los bosques debida a la extracción selectiva. Con este propósito, el presente trabajo busca determinar la durabilidad natural de la madera de las especies forestales *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*, en base a la acción destructiva de dos hongos xilófagos, en condiciones de laboratorio.

Materiales y Métodos

El estudio de durabilidad de la madera se llevó a cabo en el Laboratorio de Agentes destructores de la madera de la Sección de Preservación y Secado de la Madera, Departamento de Industrias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú).

Se empleó madera de duramen de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl y *Pinus tecunumanii*

Eguiluz & Perry. La madera en estudio proviene de las plantaciones de la estación experimental de Oxapampa, que se encuentra ubicada en San Alberto, Oxapampa, Pasco, cuyos bosques son administrados por la Universidad Nacional del Centro del Perú. Las parcelas se encuentran ubicadas a 0,8 km de la ciudad de Oxapampa, a una altitud de 1850 m.s.n.m.

Los hongos xilófagos empleados fueron *Pycnoporus sanguineus* (L) Murril y *Schizophyllum commune* Fries, y el medio de cultivo empleado para su propagación fue Extracto Malta Agar (EMA) al 2%, cuya composición fue la siguiente:

- Agar – agar, 15 g
- Extracto de malta, 20 g
- Dextrosa, 20 g
- Peptona, 6 g
- Agua destilada, 1000 ml

Metodología

Para la determinación de la durabilidad natural de la madera se usó como referencia lo indicado en la Norma ASTM D 2017. Adicionalmente, se determinó el porcentaje de extractivos solubles en agua caliente mediante el método SOVARD y porcentaje de extractivos solubles en alcohol – benceno usando como referencia la norma TAPPI 05 – 59.

Procedimiento

Se seleccionaron 2 individuos por especie que cumplieron con los siguientes criterios:

- Fuste: recto
- Diámetro: entre 25 y 30 cm
- Estado fitosanitario: bueno

Luego de la extracción, se tomó la troza de la parte basal del fuste de cada individuo seleccionado, haciendo un total de 4 trozas, las cuales fueron transportadas hasta un centro de transformación para obtener las probetas orientadas.

Para la determinación de la durabilidad natural, se obtuvieron probetas de duramen de 2 x 2 x 2 cm; y para la determinación de la den-

sidad básica, se obtuvieron probetas de duramen de 3 x 3 x 10 cm.

Las probetas fueron secadas hasta peso constante en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, con el objetivo de obtener el peso seco de estas (PSi). Luego, las probetas fueron sometidas a un tratamiento de inmersión en agua destilada durante 72 horas para darles una humedad adecuada para el ensayo. Finalmente, las probetas fueron esterilizadas en autoclave, quedando aptas para ser inoculadas.

Paralelamente se colectaron carpóforos de madera en estado avanzado de pudrición, procedentes de San Alberto, Oxapampa, los cuales fueron repicados y aislados en el Laboratorio de Preservación de la Madera – UNALM para su posterior propagación en medio de cultivo EMA (2%). Previamente, las muestras fueron identificadas por el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA).

Se prepararon cámaras de pudrición empleando frascos de vidrio de 220 ml, adicionando 40 ml del medio de cultivo (EMA) previamente esterilizadas. Después de que se solidificó el medio de cultivo se procedió al repique de las cepas de hongos en cada una de las cámaras de pudrición las cuales se incubaron por un periodo de 8 días a $27 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta que el hongo formó una capa de micelio bien desarrollado sobre la superficie del medio.

Las probetas de madera fueron colocadas asépticamente sobre el micelio desarrollado en las cámaras de pudrición, e incubadas por un periodo de 90 días a $27 \pm 2^\circ\text{C}$.

Culminada la prueba, las probetas fueron limpiadas de todo vestigio de tejido miceliar y posteriormente secadas en estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hasta peso constante, determinándose de esta manera el peso seco final (PSf). Luego, se determinó el consumo porcentual o pérdida de peso porcentual de la madera por efecto de la pudrición con el empleo de la siguiente ecuación:

$$\%C = \frac{PSi - PSf}{PSi} \times 100\%$$

Donde:

%C: consumo o pérdida de peso en porcentaje.

PSi: peso seco inicial.

PSf: peso seco final.

Los valores de %C se interpretaron según la norma ASTM D 2017 para obtener la clasificación de las especies por su durabilidad natural, como se muestra en el Cuadro 1.

Los resultados fueron analizados estadísticamente, aplicando un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores y 10 repeticiones.

Factor “A”: Especies forestales

a1 = *Pinus oocarpa* Schiede ex Schldl.

a2 = *Pinus tecunumanii* Eguluz & J.P. Perry.

Factor “B”: Hongos Xilófagos.

b1 = *Pycnoporus sanguineus* (L) Murril

b2 = *Schizophyllum commune* Fries

Para las pruebas de comparación se utilizó las pruebas de Tukey al 95% de los resultados en porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de las dos especies forestales estudiadas.

Por otro lado, para la determinación de los extractivos solubles se emplearon astillas de madera de duramen de ambas especies y se sometieron a procesos de extracción, siguiendo los procedimientos del método SOVARD y la norma TAPPI T 05 - 59, empleando las siguientes relaciones:

$$\%E_{H_2O} = \frac{(PS_1 - PS_2)}{PS_1} \times 100\%$$

Promedio de la pérdida de peso (%)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación
0 - 10	Altamente resistente	A
11 - 24	Resistente	B
25 - 44	Moderadamente resistente	C
45 a más	No resistente	D

Cuadro 1. Clasificación de la madera por su resistencia biológica. Fuente: ASTM D 2017.

$$\%E_{AB} = \frac{(PS_2 - PS_3)}{PS_2} \times 100\%$$

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

Donde:

$\%E_{H_2O}$: extractivos solubles en agua caliente (%)

$\%E_{AB}$: extractivos solubles en alcohol benceno (%)

$\%E_T$: extractivos totales (%)

PS_1 : peso seco inicial de astillas (g)

PS_2 : peso seco de astillas tratadas con agua (g)

PS_3 : peso seco de astillas tratadas con alcohol-benceno (g)

Finalmente, para la determinación de la densidad básica se emplearon probetas de duramen, utilizando como referencia la Norma Técnica Peruana 251.011 (INDECOPI, anteriormente ITINTEC), empleando la siguiente ecuación:

$$DB = PS/Vs$$

Donde:

DB: densidad básica (g/cm³)

PS: peso seco constante en estufa a 103 ± 2° C (g)

Vs: volumen saturado (cm³)

Resultados

Luego del periodo de exposición de las probetas de madera por 90 días a la acción destructiva de los hongos xilófagos, se obtuvieron los siguientes resultados:

El Cuadro 2 muestra los valores porcentuales de pérdida de peso de las probetas de madera de las dos especies forestales estudiadas.

Con estos resultados se realizó un análisis de varianza con un diseño factorial, el cual se muestra en el Cuadro 3.

El Cuadro 4 muestra el análisis realizado para determinar la Amplitud Límite de Significación (ALS) para la prueba estadística de Tukey. El Cuadro 5 muestra el ordenamiento de medias de los tratamientos establecidos para

Rep.	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	14,80	17,20	14,50	17,00	12,70	12,10	19,10	22,10
2	12,10	17,40	17,40	15,00	14,70	15,30	19,00	17,20
3	15,50	15,90	23,70	22,10	13,90	14,50	16,30	25,80
4	15,30	14,80	18,90	15,00	15,50	13,10	18,80	22,50
5	13,60	12,20	14,80	22,80	12,60	16,40	22,70	19,00
6	16,80	14,10	17,20	16,10	14,50	13,90	20,40	24,70
7	14,70	12,70	21,70	18,80	15,90	16,80	24,60	18,20
8	15,20	14,60	16,50	20,60	16,60	11,20	23,90	20,50
9	13,60	12,20	17,60	19,00	14,10	15,20	23,20	18,30
10	13,50	15,70	20,40	20,70	15,00	16,50	24,20	24,60
Xi	14,51	14,68	18,27	18,71	14,55	14,50	21,22	21,29

Cuadro 2. Pérdida de peso de las probetas de madera de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii* sometidas a la acción de dos hongos xilófagos en diferentes tratamientos. Donde: T1 = tratamiento de probetas de *Pinus oocarpa*, árbol n°1 con *Schizophyllum commune*, T2 = tratamiento de probetas de *Pinus oocarpa*, árbol n°2 con *Schizophyllum commune*, T3 = tratamiento de probetas de *Pinus oocarpa*, árbol n°1 con *Polyporus sanguineus*, T4 = tratamiento de probetas de *Pinus oocarpa*, árbol n°2 con *Polyporus sanguineus*, T5 = tratamiento de probetas de *Pinus tecunumanii*, árbol n°1 con *Schizophyllum commune*, T6 = tratamiento de probetas de *Pinus tecunumanii*, árbol n°2 con *Schizophyllum commune*, T7 = tratamiento de probetas de *Pinus tecunumanii*, árbol n°1 con *Polyporus sanguineus*, T8 = tratamiento de probetas de *Pinus tecunumanii*, árbol n°2 con *Polyporus sanguineus* y Xi = promedio de tratamiento.

Fuentes de variabilidad	g.l.	SC	CM	F. cal.	F. tab.	Sig.
Tratamientos	7	640,26	91,47	16,09	2,14	*
Factor A	3	37,05	12,35	2,17	2,74	NS
Factor B	1	563,07	563,07	99,03	3,98	*
Interacción A x B	3	40,13	13,38	2,35	2,74	NS
Error	72	409,38	5,69			
Total	79	1049,64				

Cuadro 3. Análisis de varianza de los resultados de pérdida de peso de las probetas de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii* sometidas a la acción de dos hongos xilófagos. Donde: NS= No significativo, *= Significativo, Factor A = Especies maderables y Factor B = Hongos xilófagos.

Prueba de Tukey, α = 0.05						
Fuentes	SC	gl	CM	Sx	ALS(T)	ALS(T)
Trat.	1605,26	7	229,32	-	4,42	3,33
Error	407,71	72	5,66	0,75		
Total	2012,96	79	-	-		

Cuadro 4: Determinación de la Amplitud Límite de Significación (ALS) para la prueba estadística de Tukey de los tratamientos establecidos.

Nº de orden	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Tratamientos	T6	T1	T5	T2	T3	T4	T7	T8
Promedio	14,50	14,51	14,55	14,68	18,27	18,71	21,22	21,29

Cuadro 5. Ordenamiento de las medias de los tratamientos establecidos para las maderas de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii* para la prueba estadística de Tukey.

Comparaciones	Dif. medias	ALS(T)	Sig.
VIII - I	6,79	3,33	*
VIII - II	6,78	3,33	*
VIII - III	6,74	3,33	*
VIII - IV	6,61	3,33	*
VIII - V	3,02	3,33	NS
VIII - VI	2,58	3,33	NS
VIII - VII	0,07	3,33	NS
VII - I	6,72	3,33	*
VII - II	6,71	3,33	*
VII - III	6,67	3,33	*
VII - IV	6,54	3,33	*
VII - V	2,95	3,33	NS
VII - VI	2,51	3,33	NS
VI - I	4,21	3,33	*
VI - II	4,20	3,33	*
VI - III	4,16	3,33	*
VI - IV	4,03	3,33	*
VI - V	0,44	3,33	NS
V - I	3,77	3,33	*
V - II	3,76	3,33	*
V - III	3,72	3,33	*
V - IV	3,59	3,33	*
IV - I	0,18	3,33	NS
IV - II	0,17	3,33	NS
IV - III	0,13	3,33	NS
III - I	0,05	3,33	NS
III - II	0,04	3,33	NS
II - I	0,01	3,33	NS

Cuadro 6. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos establecidos para las maderas de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*. Donde: NS= No significativo y *= Significativo.

las maderas estudiadas, los cuales se comparan por pares para encontrar diferencias significativas, como se muestra en el Cuadro 6.

Finalmente, se consideraron los resultados obtenidos con el hongo xilófago que causó mayor consumo de madera para la clasificación de la madera por su durabilidad natural, lo cual se muestra en el Cuadro 7.

El Cuadro 8 presenta los porcentajes de extractivos solubles en alcohol benceno y agua caliente; así como también los porcentajes totales de extractivos del duramen de las dos especies forestales estudiadas, según la Norma TAPPI T OS - 59 y el método SOVARD respectivamente. Asimismo, en el cuadro se presenta la densidad básica de las maderas en estudio determinados según la ITINTEC 251.011.

Discusión

En el Cuadro 2 se observa que la resistencia a la pudrición de ambas especies forestales es similar frente a la acción de *Schizophyllum commune*; sin embargo, la madera de *Pinus*

Especie	Categoría	Calificación durabilidad natural
<i>Pinus oocarpa</i>	B	Resistente
<i>Pinus tecunumanii</i>	C	Moderadamente Resistente

Cuadro 7. Clasificación general de la durabilidad natural de la madera de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii* en base a su resistencia a la acción de dos hongos xilófagos.

Especie	Porcentaje de extractivos (%)			DB (g/cm³)
	Alcohol - benceno	Agua caliente	Tot.	
<i>Pinus oocarpa</i>	4,09	4,59	8,68	0,48
<i>Pinus tecunumani</i>	6,64	9,99	16,63	0,40

Cuadro 8. Porcentaje de extractivos y densidad básica de la madera de duramen de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*.

oocarpa presentó mayor resistencia biológica que *Pinus tecunumanii*, frente a la acción de *Polyporus sanguineus*. Sin embargo, el análisis de varianza de estos resultados muestra que los valores porcentuales de pérdida de peso encontrados para ambas especies no presentan diferencias significativas, lo cual indica que ambas especies tienen un comportamiento similar frente a la acción de los hongos xilófagos empleados en la prueba. Asimismo se observa que las diferencias entre las interacciones de los hongos xilófagos y las maderas estudiadas no son significativas, lo cual indica que estas influyen de manera similar en los resultados obtenidos para cada especie forestal.

Por otro lado, la actividad de los hongos en el experimento presentó diferencias significativas, dado que *Polyporus sanguineus* generó mayores pérdidas de peso en las probetas de madera de ambas especies, demostrando mayor agresividad que *Schizophyllum commune*.

El análisis de Tuckey demuestra que no existen diferencias significativas entre los resultados de pérdida de peso de los árboles de la misma especie, ni entre los resultados de las dos especies forestales estudiadas; es decir, que los resultados de ambas especies son similares. Sin embargo, existen diferencias significativas entre los resultados de pérdida de peso de las maderas ensayadas al comparar el deterioro ocasionado por los hongos xilófagos, siendo el deterioro causado por *Polyporus sanguineus* superior al deterioro causado por *Schizophyllum commune*.

Finalmente, al no encontrar diferencias significativas entre los resultados de pérdida de peso obtenidos para cada especie forestal, se consideraron los resultados obtenidos con el hongo xilófago que causó mayor consumo de madera para la clasificación de la madera por su durabilidad natural. Empleando la tabla de interpretación de resultados de la Norma ASTM D 2017, se clasifica a la madera de *Pinus oocarpa* en la categoría "B": Resistente, y a la madera de *Pinus tecunumanii* en la categoría "C": Moderadamente Resistente. Esto significa que, a pesar de que ambas especies no presentaron diferencias significativas en los

resultados de pérdida de peso, son clasificadas en categorías diferentes por encontrarse en las cercanías del límite entre ambas categorías. Sin embargo, se espera una resistencia similar de ambas especies a la acción de deterioro de los hongos xilófagos.

Empleando los criterios de clasificación que sugiere JUNAC (1988), ambas maderas se clasifican en la categoría MPR (Muy Poco Resistentes), establecida para una pérdida de peso de entre 10 y 30%, lo que les atribuye entre 1 a 5 años de duración a la intemperie en contacto directo con el suelo. Esto sugiere que si es necesario un mayor tiempo de uso a 5 años en productos elaborados con estas maderas en ambientes de riesgo, se requerirá la aplicación de técnicas de preservación que prolonguen la vida útil de dichos productos.

Al evaluar la densidad de la madera, se encuentra que *Pinus oocarpa* posee una densidad básica ligeramente mayor que *Pinus tecunumanii*, siendo estas 0,48 g/cm³ y 0,40 g/cm³ respectivamente. Al contrastar estos resultados con las pruebas de durabilidad natural, se observa que la madera de *Pinus oocarpa* presenta mayor resistencia biológica que *Pinus tecunumanii* a la acción de *Polyporus sanguineus*. Este contraste sugiere que dicha resistencia puede deberse a una mayor densidad de la madera; sin embargo, autores como González (1981), Nalvarte (1983), Rengifo (1990) y Trujillo (1992), afirman que la densidad de la madera no está relacionada necesariamente con la durabilidad natural, y encontraron que existe una alta correlación entre el contenido de extractivos y la resistencia de la madera a las pudriciones, por lo que la densidad básica de la madera no debe utilizarse como un indicador estricto de su durabilidad.

Al respecto, mediante la determinación del porcentaje de extractivos solubles en alcohol benceno y en agua caliente presentes en el duramen de las dos especies forestales estudiadas, se encontró que *Pinus tecunumanii* posee una mayor cantidad de extractivos totales que *Pinus oocarpa*; sin embargo, ambas especies poseen cantidades cercanas de extractivos solubles en alcohol-benceno (6,64% y 4,09%, respectiva-

mente). Esto explica la resistencia biológica a las pudriciones de ambas especies, ya que en la fracción de extractos solubles en alcohol-benceno se encuentran compuestos activos tóxicos tipo flavonoides que le confieren durabilidad a la madera, lo cual concuerda con lo indicado por Trujillo (1992).

Conclusiones

Empleando la tabla de interpretación de resultados de pérdida de peso de la norma ASTM D 2017 para ensayos de durabilidad natural, la madera de *Pinus oocarpa* se clasifica en la categoría "B": Resistente, y la madera de *Pinus tecunumanii* se clasifica en la categoría "C": Moderadamente Resistente.

Estadísticamente, la madera de duramen de ambas especies forestales posee una resistencia biológica similar, y de acuerdo a lo establecido por la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC), se les atribuye una vida útil de entre 1 a 5 años en exteriores.

El porcentaje de extractivos solubles en alcohol-benceno es similar en ambas especies forestales y explica la semejanza del grado de resistencia a la pudrición mostrada por sus maderas.

Los hongos xilófagos empleados en el presente estudio mostraron un comportamiento diferente en las maderas estudiadas, haciéndose evidente que *Pycnoporus sanguineus* es más agresivo que *Schizophyllum commune*.

El hongo *Schizophyllum commune*, presentó un comportamiento similar en las maderas de ambas especies forestales estudiadas; mientras que *Pycnoporus sanguineus* presentó un comportamiento diferente, mostrando mayor agresividad en la madera de *Pinus tecunumanii*.

Bibliografía

Alvarez, E. 2005. Extractivos del árbol. Disponible en: [http://educacion.ecoportel.net/Contenido/Temas Especiales/Educacion Ambiental/Extractivos del Arbol](http://educacion.ecoportel.net/Contenido/Temas_Especiales/Educacion_Ambiental/Extractivos_del_Arbol), Consultado 24 Mayo de 2008.

ASTM D 2017. 2005. Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Standards Book. American National Standard. EE.UU.

Cartwright, K; Flinday, W. 1958. Decay of timber and its preservation. Forest Products Research Laboratory. EE.UU.

Duran, R; Tuset, R. 1980. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Editorial hemisferio sur. Uruguay.

González, R. 1981. Preservación y Secado de la Madera. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

JUNAC. 1988. Manual del grupo andino para la preservación de maderas. Ed. Carvajal. Perú.

Kollman, F; Cote, W. 1984. Principles of wood science and technology; Solid wood –wood based materials. Vol. I – II. Alemania.

Martínez, J. 1952. Conservación de la madera en su aspecto técnico, industrial y económico. Instituto de investigación y experiencias. España.

Nalvarte, A. 1983 Durabilidad Natural de nueve especies forestales del Perú. Medio nutritivo artificial. PACEF. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Panshin, A. 1980. Text Book – Technology Edición Mc Graw Hill – Book.

Panshin, A; Harrar, R. 1959. Productos forestales, origen y beneficio y aprovechamiento. Primera Edición, España.

Rengifo, R. 1990. Durabilidad natural de nueve especies forestales de la familia Bombacaceae. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Trujillo, F. 1992. Índice de resistencia de la madera de cinco especies forestales a la acción de 2 hongos xilófagos. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae, Esc. Post – Grado, especialidad de Industrias Forestales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

Presentado: 10/12/2010

Aceptado: 03/09/2017