

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS

RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**“DURABILIDAD NATURAL EN ALBURA Y DURAMEN DE
Eucalyptus globulus Labill. A LA ACCIÓN DE DOS HONGOS
XILÓFAGOS EN LA ZONA DE TINGO MARÍA”**

TESIS

Para optar el título de:

**INGENIERO RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

LOYDA MARIELA RÍOS RENGIFO

PROMOCIÓN 2008 - I

Tingo María – Perú

2012



J12

R63

Ríos Rengifo, Loyda Mariela

Durabilidad natural en albura y duramen de *Eucalyptus globulus* Labill. A la acción de dos hongos xilófagos en la zona de Tingo María - 2012

49 páginas; 11 cuadros; 06 figuras; 21 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. en Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables

1. DURABILIDAD

2. DURAMEN

3. HONGOS

4. EUCALYPTUS GLOBULUS

5. MADERA

6. ALBURA

"Decenio de las Personas con Discapacidad en el Perú"

"Año de la Integración Nacional y el Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

ASAMBLEA NACIONAL DE RECTORES

COMISIÓN DE COORDINACIÓN INTERUNIVERSITARIA

Calle Aldabas N° 337
Las Gardenias - Surco
Lima - 33 - Perú
Central Teléf. N°: 275 - 4608

"CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN -TIPRO"

Resolución N° 1562-2006-ANR

REGISTRO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES (PRE GRADO):

- Universidad: *Universidad Nacional Agraria de la Selva*
- Escuela Q Carrera Profesional: *Facultad de Recursos Naturales Renovables - Mención Forestales*
- Título del trabajo: *Durabilidad Natural en Albura y Duramen de Eucalyptus globulus Labill. A la acción de dos hongos xilófagos en la zona de Tingo María.*
- Área de Investigación: *Tecnología de la Madera.*
- Autor(es):
DNI *41570483* APELLIDOS Y NOMBRES *Ríos Rengifo
Leyda Mariela*
- Título profesional a que conduce: *Ingeniero de Recursos Naturales Renovables - Mención Forestales.*
- Año de aprobación de la sustentación: *2012*

II. CONTENIDO DEL RESUMEN

- Planteamiento del problema.
- Objetivos.
- Hipótesis.
- Breve referencia al marco teórico (10 a 20 líneas).
- Conclusiones y/o recomendaciones.
- Bibliografía.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 02 de noviembre del 2012, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“DURABILIDAD NATURAL EN ALBURA Y DURAMEN DE *Eucalyptus globulus* Labill. A LA ACCIÓN DE DOS HONGOS XILÓFAGOS EN LA ZONA DE TINGO MARÍA”

Presentado por la Bachiller: **LOYDA MARIELA RÍOS RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 19 de abril del 2013.

Ing. M.Sc. **LADISLAO RUIZ RENGIFO**
PRESIDENTE

Ing. **MANUEL BRAVO MORALES**
VOGAL

Ing. **JORGE ALVAREZ MELO**
VOGAL

Ing. **JORGE L. VERGARA PALOMINO**
ASESOR

Ing. **JORGE M. VASQUEZ PEÑAHERRERA**
ASESOR



DEDICATORIA

A mis queridos padres Carlos y Loyda; quienes siempre me apoyaron en cada decisión y en todo momento de mi vida han sido el pilar fundamental, dándome fuerzas para terminar esta importante etapa.

A mis queridos hermanos Roberto Carlos y Ana Paula Gabriela; con todo cariño y gratitud, por alentarme constantemente para culminar mi carrera.

A mí preciada hija Alessandra Thaíz; mi motivo de superación, para quien deseo que con humildad siga este ejemplo de superación.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva mi "alma mater" y a los docentes del Departamento Académico de Ciencias de los Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica.

Al Dr. Leif Ryvarden por la identificación de la muestra fungi.

Al Ing°. Jorge Luis Vergara Palomino por su colaboración como patrocinador.

Al Ing°. Jorge Manuel Vásquez Peñaherrera; copatrocinador y gran amigo, por su valiosa orientación, paciencia y por darse el tiempo para apoyarme en la ejecución y redacción de la investigación.

A la Ing°. Kelly Rita Lanares Ruiz, una amiga muy especial que en todo momento me brindó su amistad, y me llenó de aliento y seguridad para la culminación de la investigación.

A todos mis compañeros y amigos que estuvieron conmigo durante estos años, que me acompañaron en todo momento, compartiendo mis alegrías, desafíos y también tiempos difíciles.

A todos mis tíos, primos y familiares en general que siempre me brindaron su apoyo y confianza.

A todas aquellas personas que en forma directa e indirecta colaboraron en la realización de la investigación.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Madera.....	4
2.2. Durabilidad natural.....	6
2.2.1. Concepto.....	6
2.2.2. Importancia.....	6
2.2.3. Método de estudio	7
2.2.4. Razones de la durabilidad Natural.....	9
2.3. Agentes destructores de la madera	10
2.4. Factores que influyen en el desarrollo de los hongos.....	11
2.5. Clasificación taxonómica de los hongos xilófagos.....	12
2.6. Descripción de la especie forestal	13
2.7. Trabajos de investigación relacionados con el tema de durabilidad natural.....	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Descripción del lugar de experimento	16
3.1.1. Ubicación.....	16
3.1.2. Ecología.....	16

3.3. Metodología.....	19
3.3.1. Preparación del medio de cultivo.....	19
3.3.2. Esterilización.....	20
3.3.3. Repique del hongo al frasco de vidrio.....	20
3.3.4. Incubación.....	21
3.3.5. Preparación de las probetas.....	21
3.3.5.1. Confección de las probetas.....	21
3.3.5.2. Selección de probetas.....	22
3.3.6. Humectación de las probetas de madera.....	22
3.3.7. Esterilización de las probetas.....	22
3.3.8. Acondicionamiento de las probetas de madera.....	23
3.3.9. Cálculo del peso anhidro final o peso seco final.....	23
3.3.10. Cálculo de la pérdida de peso (%PP).....	24
3.3.11. Diseño experimental.....	25
3.3.12. Análisis estadístico.....	26
3.3.12.1. Modelo aditivo lineal.....	27
IV. RESULTADOS	28
4.1. Pérdida de peso de las probetas de madera.....	28
4.2. Degradación de la madera según hongo xilófago.....	32
4.3. Resistencia natural a la pudrición según hongo xilófago.....	35
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES.....	41

VII. RECOMENDACIONES.....	42
VIII. ABSTRACT.....	43
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
ANEXO.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Criterios para la interpretación de resultados y clasificación de maderas con respecto a su resistencia natural a la pudrición.....	25
2. Descripción de tratamientos.....	26
3. Análisis de bloques completamente randomizado (DBCR).....	26
4. Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de albura y duramen de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill durante el proceso de pudrición bajo la acción del hongo <i>Trametes ochracea</i>	29
5. Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de albura y duramen de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill durante el proceso de pudrición bajo la acción del hongo <i>Polyporus versicolor</i>	29
6. Coeficiente de variabilidad del porcentaje de pérdida de peso (%PP) de probetas de albura y duramen de la especie en estudio, bajo la acción de los hongos <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Ryvardeen y <i>Polyporus versicolor</i> L. ex Fr.....	30
7. Análisis de variancia del porcentaje de pérdida de peso.....	31
8. Prueba de significación de Duncan para los promedios del porcentaje de pérdida de peso entre los dos hongos en estudio, <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Ryvardeen (A1) y <i>Polyporus versicolor</i> L. ex Fr.	35

9. Prueba de significación de Duncan para los promedios del porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de albura (B1) y duramen (B2) de la especie forestal en estudio.....	35
10. Clasificación de madera de albura y duramen en base a la resistencia natural de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill a la acción del hongo <i>Trametes ochracea</i>	36
11. Clasificación de madera de albura y duramen en base a la resistencia natural de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill a la acción del hongo <i>Polyporus versicolor</i>	37
12. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de albura a causa del hongo xilófago <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Ryvar den.....	49
13. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de duramen a causa del hongo xilófago <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Ryvar den.....	49
14. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de testigo, a causa del hongo xilófago <i>Trametes ochracea</i> (Pers.).....	50
15. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de albura, bajo la acción del hongo xilófago <i>Polyporus versicolor</i> L. Ex Fr.....	50
16. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de duramen, a causa del hongo xilófago <i>Polyporus versicolor</i> L. Ex Fr.....	51

17. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de testigo, a causa del hongo xilófago <i>Polyporus versicolor</i> L. Ex Fr.....	51
18. Constancia de identificación de la especie para la investigación.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Micelio puro de hongo xilófago <i>Trametes ochracea</i> colectada y aislada el laboratorio de la UNAS.....	18
2. Micelio puro de hongo xilófago <i>Polyporus versicolor</i> aislada y cultivada en el laboratorio de la UNALM	18
3. Diseño experimental.....	25
4. Porcentaje promedio de pérdida de peso de madera de albura y duramen de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill, bajo la acción del hongo <i>Trametes ochracea</i>	32
5. Porcentaje promedio de pérdida de peso de madera de albura y duramen de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill, bajo la acción del hongo <i>Polyporus versicolor</i>	33
6. Porcentaje promedio de pérdida de peso de madera de albura y duramen de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill, según los hongos xilófagos.....	34
7. Colección del hongo <i>Trametes ochracea</i>	53
8. Repique de los hongo <i>Trametes ochracea</i> y <i>Polyporus versicolor</i>	53
9. Crecimiento de los hongos <i>Trametes ochracea</i> y <i>Polyporus versicolor</i>	54
10. Siembra de las probetas a frascos de incubación.....	54

11. Siembra de probetas de albura y duramen.....	55
12. Probetas de albura y duramen después de dos meses de sembradas.....	55
13. Probetas totalmente cubiertas a tres semanas de sembradas.....	56
14. Limpieza de probetas.....	56

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Los objetivos fueron determinar el grado de agresividad de los hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr. y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen sobre la especie forestal, determinar la resistencia de la madera de albura y duramen de la especie forestal *Eucalyptus globulus* Labill. al ataque de los hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr. y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen, y clasificar la madera de albura y duramen de la especie forestal *Eucalyptus globulus* Labill., en base a su resistencia al ataque de los hongos xilófagos mencionados.

El experimento se desarrolló a nivel de laboratorio con la propagación del micelio puro de los dos hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr. y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen para luego ser repicados en los frascos de vidrio para su incubación y posteriormente se sembró las probetas de madera, dejando en incubación por un periodo de tres meses, transcurridos estos se procedió a determinar el peso final.

Los resultados obtenidos indican que la madera de duramen presenta valores menores de porcentaje de pérdida de peso que la albura. Así mismo el hongo *Trametes ochracea*, se mostró más agresivo respecto al hongo *Polyporus versicolor*; y la clasificación de la especie forestal *Eucalyptus globulus* Labill en base a su resistencia a la pudrición corresponde a una madera no resistente (D).

Con respecto al análisis estadístico se observó que no existe significación estadística entre ambos hongos utilizados, pudiéndose haber empleado sólo uno de ellos para el trabajo de investigación, sin embargo los resultados muestran que si hubo diferencias de valores numéricos entre los promedios de porcentaje de pérdida de peso causado por los dos hongos, tanto para madera de albura como para el duramen.

Considerando las dos especies de hongos ensayados, *Trametes ochracea* mostró mayor efectividad que *Polyporus versicolor* en el ataque a madera de eucalipto, por lo que según los resultados obtenidos se recomienda esta especie para ser utilizada en otros trabajos de determinación de la durabilidad natural de la madera en laboratorio.

I. INTRODUCCIÓN

La durabilidad natural comprende aquellas características de resistencia que posee la madera sin tratamiento frente al ataque de hongos, insectos, perforadores marinos y otras influencias.

Una de las principales limitantes en las posibilidades de uso de la madera lo constituye su grado de resistencia a la acción destructora de innumerables agentes de origen biológico. En efecto, dado su origen orgánico, la madera está expuesta durante su vida útil a dichos organismos que, ocasionan procesos denominados de biodegradación. Debido a ello, es necesario determinar la durabilidad natural de la madera antes de su utilización, dado que de ella dependerá el tiempo en el cual las propiedades físicas y mecánicas que definen su uso, se mantengan vigentes.

Para la determinación de la durabilidad natural de la madera se empleó el método de laboratorio, bajo condiciones reguladas de temperatura, humedad relativa y disponibilidad de aire, se expuso la madera (*Eucalyptus globulus* Labill) tanto de albura y duramen al ataque de cultivos puros de dos hongos xilófagos.

Los hongos empleados son considerados de pudrición blanca, debido a que involucra la degradación de todos los componentes de la pared

celular leñosa, tanto lignina como holocelulosa. Además de ello son muy comunes en países de clima templado y cálidos; creciendo preferentemente sobre especies latifoliadas; asimismo puede atacar la albura y duramen de todas las maderas.

La madera de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) está dentro de las especies más abundantes de la Sierra de nuestro país en cuanto a plantaciones se refiere. Además, el rápido crecimiento y características de su madera la han transformado en una especie de fibra corta de gran interés, especialmente para la industria de durmientes de vías férreas.

El presente trabajo va a permitir clasificar a la madera en base a su durabilidad y conocer la resistencia de la madera frente al ataque de los dos hongos de pudrición, y así aplicar posteriormente los métodos de preservado. Por tales razones y considerando que este campo de la industria forestal en el Perú no cuenta con mucha información básica, nos hemos propuesto realizar el presente estudio planteándose los siguientes objetivos:

- Determinar el grado de agresividad de los hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr. y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden. sobre la madera de *Eucalyptus globulus*. Labill.
- Determinar la resistencia de la madera de albura y duramen de *Eucalyptus globulus*. Labill. al ataque de los hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr. y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.

- Clasificar la madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus*. Labill. en base a su resistencia al ataque de los hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Madera

HUNT y GARRAT (1952), citados por SANTOS (2002) consideran a la madera como parte esencial en la historia de la humanidad, ya que es un recurso natural renovable más antiguo que dispone el hombre para la construcción pero como es un material fabricado por los árboles, para aplicarlo con propiedad como materia prima, se debe estudiar, ya que no se lo conoce bien.

EATON y HALE (1993) manifiestan que la madera se la denomina como albura porque su proceso de transformación está incompleto. Cuando parte de la albura se lignifica y se endurece perdiendo actividad vital, se transforma en duramen y es allí donde alcanza la mayor resistencia y opacidad por la fijación de gomas, resinas, taninos, colorantes y sales minerales.

GONZÁLEZ (1979) al describir la madera, menciona que la albura es rica en sabia, sustancias solubles fácilmente alterables por lo que siempre resulta de inferior calidad que su respectivo duramen, por lo que está expuesta a la podredumbre y a la carcoma que producen los hongos e insectos xilófagos, respectivamente.

DURAN y TUSET (1979), citados por SANTOS (2002) señalan que las maderas de coníferas poseen una estructura anatómica mucho más simple que las latifoliadas, en consecuencia también tienen una menor durabilidad natural. Las coníferas poseen resinas mayormente aromáticas, mientras que las latifoliadas tienen goma que frecuentemente está acompañada de fenoles que la hacen tóxica.

GONZÁLEZ (1979) manifiesta que la calidad de la madera generalmente se ha relacionado con el olor y la densidad de la especie forestal lo cual se cumple bastante bien en las maderas de coníferas, pero no es exacto en la masa leñosa de las latifoliadas donde se ha encontrado numerosas excepciones.

JUNAC (1988) indica que por ser la madera un material orgánico, está sujeta a la destrucción por diversos agentes, por lo que su vida útil estará determinada en primer lugar por factores inherentes a su naturaleza, como la diferencia en durabilidad entre albura y duramen, o que las maderas densas y oscuras son más durables, y en segundo lugar por las condiciones de servicio, así que las maderas son más susceptibles de ser atacadas en condiciones cálidas y húmedas, y esta susceptibilidad aumenta si la madera entra en contacto con el suelo.

2.2. Durabilidad natural

2.2.1. Concepto

GONZÁLEZ (1979) manifiesta que la durabilidad natural de la madera es la capacidad para resistir el ataque de agentes biológicos, como hongos, insectos, perforadores marinos, entre otros; o agentes no biológicos, como el fuego, humedad, desgaste mecánico, acción de ácidos o la degradación causada por efectos climáticos o intemperismo. También indica que los ensayos de durabilidad se refieren mayormente a la acción destructiva de los hongos o de los insectos, los que se puede realizar en pruebas aceleradas de laboratorio o pruebas definitivas de campo, de larga duración.

JUNAC (1988) menciona que el término de durabilidad se refiere a la capacidad natural de la madera para resistir al ataque de agentes biológicos y no biológicos. No obstante, consideran que dada la preponderante participación de los hongos sobre los otros agentes destructores, la durabilidad es definida como la resistencia de la madera a las pudriciones.

2.2.2. Importancia

LA ABPM (1970) recomienda realizar, antes de hacer uso de cualquier especie forestal, el estudio de la durabilidad natural, dado que es un factor limitante en su comercio nacional e internacional.

KOLLMAN y COTE (1984) señalan que el conocimiento de la resistencia de la madera a la pudrición ayuda a prevenir importantes pérdidas causadas por la susceptibilidad de la madera al ataque de los hongos xilófagos; por ello es importante la clasificación de la madera por resistencia a la pudrición, para condicionar su utilización y lograr el mejor aprovechamiento del bosque.

2.2.3. Método de estudio

CARTWRIGHT y FINDLAY (1958) indican que la validez de los ensayos de laboratorio está plenamente respaldada por la Sociedad Americana de Prueba de Materiales (ASTM) y la Asociación Americana de Preservadores de la madera (AWPA), con sus respectivas normas para ensayos de resistencia de la madera a la pudrición, las cuales son coincidentes. Por otro lado afirman que la evaluación de la durabilidad natural y resistencia de la madera a la pudrición en función a la pérdida de leña expresado en porcentaje del peso seco inicial, es muy empleada por ser un método sencillo, rápido y aplicadas en maderas susceptible con gran deterioro.

GONZÁLEZ (1979) indica que las pruebas aceleradas de durabilidad natural o adquirida de la madera, los hongos xilófagos se encuentran en ventaja para atacar a la madera, puesto que se les otorga humedad relativa adecuada, temperatura óptima, abundante oxígeno y alimento disponible para poder desarrollarse. Por lo que los resultados de las

pruebas aceleradas poseen un alto porcentaje de seguridad estadístico. Mientras que las pruebas definitivas de campo, debido a la posibilidad de un mayor error humano y a las variaciones climáticas, pueden generar resultados inexactos.

ASTM (1978) señala que las pruebas aceleradas de laboratorio también pueden usarse para evaluar, en las mismas condiciones, la resistencia en productos de madera o en otros materiales orgánicos a la pudrición por hongos xilófagos, y que deben aplicar hongos muy agresivos, así en el caso de maderas blandas o coníferas sugiere usar al *Lenzites trábea* Pers. Ex Fr. y *Poria montícola* Murr; también recomienda que las maderas duras o tropicales sean evaluadas con los hongos: *Poria montícola* Murr., *Lenzites trábea* Pers. ex Fr. y *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

INDECOPI (1996) reeditó la Norma Técnica ITINTEC 251.027 de 1972 titulado: Valor Tóxico y Permanencia de Preservadores de la madera en Condiciones de Laboratorio. Esta Norma Técnica trata todo lo relacionado para disminuir el ataque de los enemigos xilófagos, y en especial de los hongos. También incluye una descripción del ensayo donde recomienda usar hongos de comprobada acción xilófaga, que tengan tolerancia a las sustancias químicas preservadoras, cultivados bajo condiciones de laboratorio. Indica además que cualquier modificación en el procedimiento debe ser explicada.

2.2.4. Razones de la durabilidad Natural

NICHOLAS (1973) indica que la densidad u otras características físicas de la madera no afectan apreciablemente la resistencia a la pudrición. La alta resistencia a la pudrición es asociada al mayor peso de muchas maderas duras tropicales, pero realmente es debido a los extractivos presentes en estas maderas.

JUNAC (1988) considera que los extractivos que algunas maderas contienen, los polifenoles son de mayor importancia, tales como los ácidos shiquímico, cinámico y cafeico, que alcanzan esas maderas, indicando a su vez, que existen más de 20 compuestos que resultan muy tóxicos para los elementos biológicos que afectan a la madera.

ESCUZA (1987) señala que la densidad de la madera no es un factor de determinación de la resistencia de la madera a la pudrición, y que cuando se da esta relación es porque la densidad está relacionada directamente con el porcentaje de extractivos.

TRUJILLO (1985) afirma 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 a duramen denominado duraminización.

EATON y HALE (1993) dicen que la albura de todas las especies del mundo tienen baja durabilidad natural, mientras que el duramen es más resistente a la pudrición. Además de esta generalización, hacen especificaciones tales como que en muchas especies, el duramen interno es menos durable que el externo.

TRUJILLO (1992) manifiesta que basándose en estudios anteriores estudió cinco especies forestales expuestas a dos hongos xilófagos, analizando sus componentes químicos (extractivos) y su densidad básica, concluyendo que el contenido de químicos tóxicos determina significativamente las cualidades de resistencia de la madera a la pudrición, sin embargo no encontró una correlación aceptable con la densidad básica.

2.3. Agentes destructores de la madera

La madera por ser un material de origen orgánico está expuesto a una serie de ataques bien sea por organismos biológicos (bacterias, hongos, insectos, perforadores marinos y animales superiores) o por causas no biológicas (fuego, desgaste mecánico y acción de la intemperie) (JUNAC, 1988).

La madera podrida por los hongos de pudrición blanca tiende a perder gradualmente sus propiedades de solidez y retiene su estructura fibrosa aún en estados avanzados, presentan manchas y decoloradas en relación a la madera sana.

La madera podrida por los hongos de pudrición castaña pierde rápidamente sus propiedades de solidez y experimentan roturas drásticas (JUNAC, 1988).

2.4. Factores que influyen en el desarrollo de los hongos

Para desarrollarse los hongos requieren de ciertas condiciones de humedad, temperatura, oxígeno, alimento y el valor de pH. Así mismo se señala que la humedad es necesaria para la germinación de las esporas, secreción de enzimas, absorción y transporte de sustancias nutritivas y toda la actividad vital de los hongos de pudrición (RODRÍGUEZ, 1976).

Asimismo, se indica que la madera con un contenido de humedad menor a 20% se puede considerar inmune al ataque (JUNAC, 1988).

La temperatura óptima para el desarrollo de los hongos se encuentra entre 20 y 35°C, a menos de 0°C los hongos entran en dormancia; por encima de la temperatura máxima tolerable el hongo muere así lo indica (RODRÍGUEZ, 1976).

La cantidad de aire necesaria para que se dé la pudrición equivale a más del 20 % de volumen de la madera según (JUNAC, 1988).

Respecto a las condiciones nutricionales necesarias para el crecimiento de los hongos señalan que los hongos se alimentan de sustancias de reservas almacenadas en las cavidades, representadas por azúcares y almidones (RODRÍGUEZ, 1976).

En relación al valor del pH manifiesta que la germinación de esporas y el crecimiento de micelio dependen en forma considerable del valor pH, las maderas presentan un valor de pH a 5 y se sabe que los valores óptimos para el desarrollo del hongo están entre 5 y 6 es decir, ligeramente ácido (JUNAC, 1988).

2.5. Clasificación taxonómica de los hongos xilófagos

ESPINOZA (2003) menciona que hongos empleados se encuentran dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

SUPER REINO	: EUCARIONTES
REINO	: FUNGY
DIVISION	: BASIDIOMYCOTA
SUBDIVISIÓN	: BASIDIOMYCOTINA
CLASE	: BASIDIOMYCETES
SUBCLASE	: BASIDIOMYCETIDAE
ORDEN	: APHYLLOPHORALES / POLYPORALES
FAMILIA	: POLYPORACEAE
ESPECIES	: <i>Trametes ochracea</i> (Pers.) Ryvarden <i>Polyporus versicolor</i> L. ex Fr.

2.6. Descripción de la especie forestal

OJEDA (2008) menciona que la especie *Eucalyptus globulus* Labill se encuentra dentro la siguiente clasificación dendrológica:

REINO : PLANTAE
PHYLUM : MAGNOLIOPHYTA
CLASE : MAGNOLIOPSIDA
ORDEN : MYRTALES
FAMILIA : MYRTACEAE

Árbol de hasta 45-75 m. de altura. Su tronco alcanza hasta 2 m. de diámetro, tendente a torsión helicoidal, corteza lisa, fibrosa y caediza. Hojas dimórficas, las juveniles amplexicaules, opuestas, azuladas, ovadas u ovado lanceoladas, con la base redondeada, sésiles y glaucas. Hojas adultas lanceoladas, alternas y pecioladas. Flores cortamente pediceladas, se reúnen en inflorescencias tipo umbela, con los pétalos soldados formando un opérculo caduco que deja al descubierto los numerosos estambres. Fruto en cápsula globosa con hipanto leñoso, rugosa con cuatro costillas.

Prado y Barros (1991), citados por BARAHONA (2005) mencionan que el género *Eucalyptus* corresponde botánicamente a la clase Angiospermas, subclase Dicotiledóneas y familia Myrtaceae. Existen en el género más de 500 especies, originarias de Australia y de algunas islas cercanas, encontrándose

variadas formas y tamaño dada su amplia distribución natural y gran número de especies. En particular, *Eucalyptus globulus* Labill es originario del sudeste de Australia y Tasmania. En términos generales las especies de *Eucalyptus* superan normalmente los 45 metros de altura y pueden alcanzar perímetros de más de 6 metros a la altura del DAP (diámetro a la altura del pecho). Un considerable número de ellas, de gran valor comercial, no alcanzan grandes dimensiones, presentando alturas que no superan los 35 m. En particular, los árboles adultos de *Eucalyptus globulus* Labill presentan alturas que pueden variar entre los 45 y 60 m (o más) y diámetro que fluctúa entre 0,9 y 1,5 m.

2.7. Trabajos de investigación relacionados con el tema de durabilidad natural

CUFFRÉ (2010) en un estudio titulado “Caracterización de la durabilidad natural de la madera de *Eucalyptus grandis* de Argentina para su utilización en construcciones” llega los siguientes resultados preliminares permiten inferir que la especie en estudio, luego de la finalización de la investigación, será asignada a la clase de durabilidad 3 (medianamente durable) o 4 (poco durable) conforme al criterio de las normas europeas.

CISMADERA (2002) menciona que en la actualidad, la normativa australiana clasifica a la madera de *Eucalyptus globulus* Labill dentro de la clase 3 de durabilidad. Es decir con una vida media del duramen en contacto con el suelo comprendida entre 5 y 15 años. Esta referencia coincide con la vida útil de numerosos elementos de eucalipto existentes en Galicia, tanto en

contacto con el suelo (guías de viñedos, etc.) como en medio marino (vigas de bateas mejilloneras, etc.).

UNALMED (2006) menciona que la madera de *Eucalyptus globulus* Labill presenta la clasificación de moderadamente durable al ataque de los hongos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del lugar de experimento

3.1.1. Ubicación

La investigación se desarrolló en el Área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera; en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva ubicado en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

3.1.2. Ecología

De acuerdo al Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976 y HOLDRIGE, 1982), la ciudad de Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh – PT).

3.2. Materiales

Las probetas utilizadas en este estudio fueron obtenidas de madera de *Eucalyptus globulus* Labill proveniente de plantaciones forestales existentes

en el distrito de Ambo, provincia de Ambo y departamento de Huánuco; la cual fue identificada anatómicamente en el Laboratorio de Anatomía de la Madera de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

La madera ensayada proviene de árbol maduro, con un diámetro de 50 centímetros a la altura del DAP, que cumple con el Diámetro Mínimo de Corta (DMC = 41 cm), establecido por la Dirección General Forestal y Fauna Silvestre ex INRENA, que norma los diámetros mínimos para su aprovechamiento.

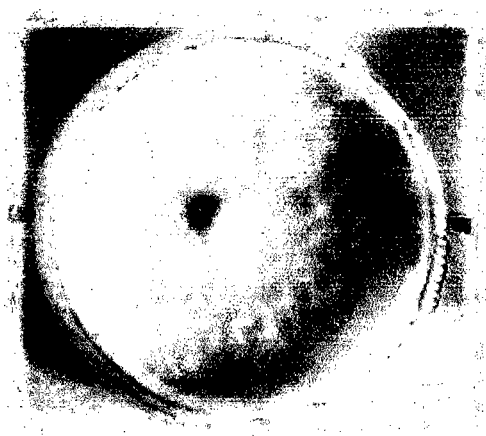
La especie forestal maderable usada para el ensayo como testigo corresponde a la especie *Jacaranda copaia* "huamanzamana".

Para la presente investigación se escogieron dos hongos causantes de la podredumbre en maderas estructurales y en maderas aserradas en general:

- *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden
- *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

El hongo *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden fue obtenido del Jardín Botánico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), de un árbol en estado de pudrición de la especie de *Brosimum alicastrum* "manchinga"; donde dicho hongo fue aislado y cultivado en el Laboratorio de

Microbiología de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), Tingo María.



- Figura 1. Micelio puro de hongo xilófago *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden colectada y aislada el laboratorio de la UNAS.

El hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr. fue comprado del Laboratorio de Preservado del Departamento Académico de Industria Forestales, Facultad de Ciencias Forestales de la UNALM.

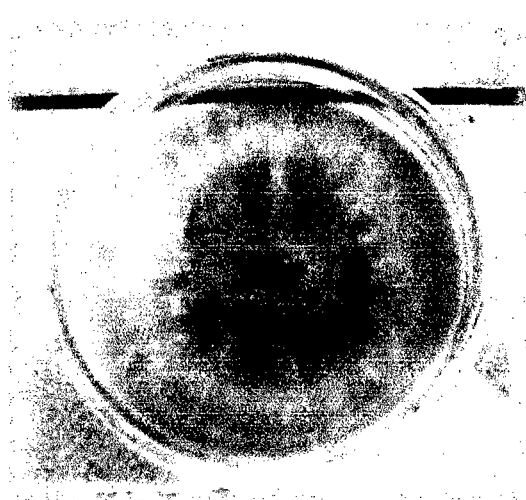


Figura 2. Micelio puro de hongo xilófago *Polyporus versicolor* aislada y cultivada en el laboratorio de la UNALM.

Se usaron como medio de cultivo sustrato estándar Agar – Malta y diversos materiales y equipos que comúnmente se usan en los laboratorios.

3.3. Metodología

Para determinar la durabilidad natural se empleó madera de albura y duramen de la especie forestal *Eucalyptus globulus* Labill. Como referencia se utilizó la Norma Técnica: Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods ASTM D2017-71 (1990).

3.3.1. Preparación del medio de cultivo

Para la preparación del medio de cultivo se utilizó el sustrato estándar Agar – Malta, cuya composición es la siguiente: Agar – agar 25 g, extracto de malta 20 g, dextrosa 20 g, peptona 1 g y agua destilada 1000 cm³.

Se hierve agua destilada en un matraz, luego se adicionan el sustrato de agar-agar, extracto de malta, dextrosa y la peptona en las cantidades indicadas, hasta tener una solución homogénea. Una vez preparado el medio de cultivo, se le mide el pH con el fin de verificar que sea el adecuado para un buen desarrollo del hongo; éste debe ser de 5,5. Si es necesario se

ajusta con ácido clorhídrico (HCl) o hidróxido de sodio (NaOH), para bajar o subir el pH, respectivamente.

3.3.2. Esterilización

En frascos de 200 ml se adicionó 50 ml aproximadamente de este medio en cada una de las botellas estériles y luego, después de solidificado el agar, el conjunto se esterilizó en autoclave (120°C y 1 Kg/cm² de presión por 20 minutos), Una vez transcurrido el tiempo, se sacan del autoclave y se dejan enfriar en un lugar plano para que el medio de cultivo cuaje y cubra toda el área basal del frasco.

3.3.3. Repique del hongo al frasco de vidrio

Para evitar contaminaciones, el repique se realizó manteniendo ciertas precauciones, como el limpiar la superficie externa de cada uno de los frascos con hipoclorito de sodio al 1%. Se preparó la cámara de flujo laminar, desinfectando con alcohol la mesa de trabajo y las herramientas a utilizar. Se dejó sobre la mesa los frascos que contenían el medio de cultivo y una de las placas con el hongo de ensayo y se encendió la luz ultravioleta y el ventilador por 15 a 20 minutos para esterilizar el ambiente. Pasado este tiempo, se apagó la luz ultravioleta y se procedió al repique, sacando con un asa de platino un trozo de medio de cultivo con el hongo y colocándolo en el centro de cada uno de los frascos. La manipulación de los frascos se realizó en torno a un mechero

donde se van esterilizando las herramientas de trabajo cada cierto tiempo, sumergiéndolas en alcohol y calentándolas en la llama. Este mismo procedimiento se realizó para cada uno de los hongos.

3.3.4. Incubación

Una vez que los hongos son repicados en los frascos, se dejó en una cámara de incubación a 25°C, hasta que el hongo se desarrolle y cubra sobre el 50% de la superficie del medio de cultivo contenido en los frascos. Este tiempo es variable dependiendo del hongo de que se trate; para estos casos de hongos se creyó conveniente dejarlo tres semanas. Durante el transcurso de este tiempo se realizó los controles en forma periódica, para detectar y controlar posibles contaminaciones.

3.3.5. Preparación de las probetas

La preparación de las probetas se realizó en forma paralela a la incubación de los hongos.

3.3.5.1. Confección de las probetas

La madera se cortó de manera que un lado de la probeta coincidiera con la dirección de la fibra. Se hizo probetas de 2.5 x 2.5 x 2.5 cm. Se

confeccionó 20 probetas por cada hongo (10 de albura y 10 de duramen) para el cálculo de porcentaje de pérdida de peso (%PPP).

3.3.5.2. Selección de probetas

De las probetas confeccionadas se seleccionó sólo aquellas que no presentaron defectos, tales como nudos, grietas, manchas, alabeos, etc., con el fin de que éstos no influyan en la colonización y desarrollo de los hongos; permitiendo de esta forma tener una muestra más homogénea de probetas de madera.

3.3.6. Humectación de las probetas de madera

Inmediatamente después de obtener el peso anhidro, las probetas se procedieron a rehidratar hasta alcanzar un contenido de humedad de 80% y se realizaron sucesivos controles de peso con el fin de alcanzar el contenido de humedad deseado.

3.3.7. Esterilización de las probetas

Finalmente, teniendo las probetas con un contenido de humedad de 80%, se envolvió en papel y se llevó a la autoclave para esterilizar mediante vapor saturado a $1,05 \text{ Kg/cm}^2$ (120°C) durante 20 minutos.

3.3.8. Acondicionamiento de las probetas de madera

Teniendo las probetas esterilizadas, se procedió a ubicarlas en los frascos. Para esto se preparó la cámara de flujo laminar de igual manera que en el proceso de repique, se limpió cada uno de los frascos con cloro, y se dejó sobre la mesa de trabajo las probetas para darles un baño de luz ultravioleta. El sembrado consistió en colocar dos probetas de la especie forestal dentro de frascos que contenía los distintos hongos.

Una vez sembradas las probetas, se rotuló sobre cada frasco con la fecha de sembrado. Posteriormente, se enumeró los frascos y se registró la identificación de las probetas contenidas en cada uno de éstos. Finalmente, los frascos con las probetas se distribuyeron en las cámaras de incubación, a 25°C durante períodos de tres meses.

3.3.9. Cálculo del peso anhidro final o peso seco final

Transcurridos los tiempos establecidos, se extrajeron los frascos de la cámara de cultivo. Las probetas se limpiaron, eliminando el micelio desarrollado sobre la madera. Luego, las probetas se llevaron a una estufa para secarlas, controlando su peso en forma sucesiva hasta que alcancen un peso anhidro constante. Al igual que la vez anterior, las probetas se colocaron en una campana de vacío, para evitar que ganen humedad antes de pesarlas.

El peso registrado corresponde al peso anhidro final, después del ataque de los respectivos hongos.

3.3.10. Cálculo de la pérdida de peso (%PP)

Para determinar el porcentaje de pérdida de peso ocasionada por ambos hongos de pudrición blanca en las distintas probetas de madera, se utilizó la siguiente relación:

$$\%PP = \frac{PSI - PSF}{PSI} * 100 \quad (1)$$

Donde:

PSI : peso seco inicial (g).

PSF : peso seco final (g).

%PP : pérdida de peso (%)

100 : Factor de conversión de porcentaje

Los valores de porcentaje de pérdida de peso se interpretaron según la norma ASTM D2017-71 (Cuadro 1), para obtener la clasificación de la especie por su durabilidad natural.

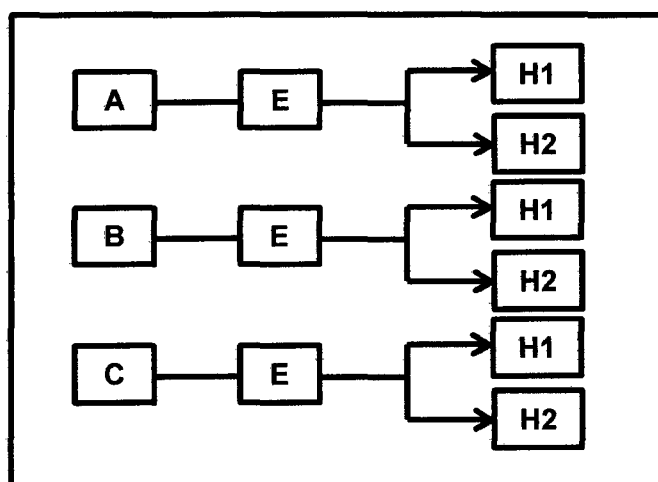
Cuadro 1. Criterios para la interpretación de resultados y clasificación de maderas con respecto a su resistencia natural a la pudrición.

Pérdida de peso (%)	Peso residual (%)	Resistencia al hongo	Clase
0 – 10	90 - 100	Altamente resistente	A
11 – 24	76 – 89	Resistente	B
25 – 44	56 – 75	Moderadamente resistente	C
45 – n	55 ó menos	No resistente	D

Fuente: ASTM D2017-71 (1990)

3.3.11. Diseño experimental

Se adaptó un diseño experimental de estímulo creciente, en donde se trabajó con tres grupos experimentales (A: Grupo testigo, B: Grupo 1, C: Grupo 2) con tres estímulos (E: Medio agar, E1: Duramen y E2: Albura) (Figura 3 y Cuadro 2) con dos especies de hongos (H1: *Trametes ochracea* y H2: *Polyporus versicolor* L.) con 10 repeticiones por especie, en donde se evaluó la pérdida de peso ocasionada por ambos hongos.



Leyenda: [A]: Grupo control testigo, [E0]: Estimulo medio agar, [H1]: Hongo *Trametes ochracea*, [H2]: Hongo *Polyporus versicolor* L. [B]: Grupo experimental 1, [E1]: Duramen, [H1]: Hongo *Trametes ochracea*, [H2]: Hongo *Polyporus versicolor* L. [C]: Grupo experimental 2, [E2]: Albura, [H1]: Hongo *Trametes ochracea*, [H2]: Hongo *Polyporus versicolor* L.

Figura 3. Diseño experimental

Cuadro 2. Descripción de tratamientos

Grupo	Estímulo	Especie de hongo	Repeticiones
A	Medio agar	<i>Trametes ochracea</i>	10
A	Medio agar	<i>Polyporus versicolor</i> L	10
B	Albura	<i>Trametes ochracea</i>	10
B	Albura	<i>Polyporus versicolor</i> L	10
C	Duramen	<i>Trametes ochracea</i>	10
C	Duramen	<i>Polyporus versicolor</i> L	10

3.3.12. Análisis estadístico

Para el análisis de la acción de los dos hongos xilófagos sobre las dos partes de madera (albura y duramen) de la especie forestal *Eucalyptus globulus*. Labill, se empleó un Diseño de Bloques Completamente Randomizados (DBCR). Se consideró las 10 repeticiones como bloques. La prueba de Duncan se realizó al 5 %; se emplearon valores porcentuales.

Cuadro 3. Análisis de Diseño de Bloques Completamente Randomizados (DBCR)

Fuente de variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc
Tratamientos	t - 1	$r \sum_{i=1}^t n_i (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2$	$SC_{trat} / (t - 1)$	$\frac{CM_{trat}}{CM_e}$
Bloques	r - 1	$t \sum_{j=1}^r n_j (\bar{y}_j - \bar{y}_{..})^2$	$SC_{bloq} / (r - 1)$	
Error	(t-1)(r-1)	$\sum \sum (y_{ij} - \bar{y}_i - \bar{y}_j + \bar{y}_{..})^2$	$SC_{ee} / (t - 1)(r - 1)$	
TOTAL	t*r-1	$\sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$		

3.3.12.1. Modelo aditivo lineal

El modelo estadístico aditivo lineal empleado es:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

- γ_{ij} : Es el valor obtenido en la unidad experimental; correspondiente al j - ésima tratamiento a la cual se le aplicó al i - ésima tipo de estímulo.
- μ : Media general.
- τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento del estímulo.
- β_j : Efecto del j-ésimo tratamiento del bloque del hongo.
- ε_{ij} : Error experimental en la unidad j del tratamiento i del estímulo.

Donde:

i = 0, 1, 2, 3, ..., t; tratamientos o estímulos.

j = 1, 2, 3, ..., n, observaciones o repeticiones

IV. RESULTADOS

Después de 12 semanas de exposición de las probetas de madera de albura y duramen de la especie forestal (*Eucalyptus globulus* Labill), en las cámaras de pudrición, bajo la acción de dos hongos xilófagos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvar den y *Polyporus versicolor* L. ex Fr., se obtuvo los siguientes resultados:

4.1. Pérdida de peso de las probetas de madera

Las medidas sobre peso seco inicial, peso seco final de las probetas, promedio de porcentaje de pérdida de peso y el coeficiente de variabilidad de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus*, obtenidas al final del proceso de pudrición se presentan en los Anexos.

En los Cuadros 4 y 5, se muestran valores porcentuales de pérdida de peso de las probetas de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus*, obtenidos bajo la acción de los hongos xilófagos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvar den y *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

Cuadro 4. Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de albura y duramen de *Eucalyptus globulus* Labill durante el proceso de pudrición bajo la acción del hongo *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden

Nº	Porcentaje de Pérdida de Peso (%PP)		
	Albura	Duramen	Testigo
1	39.954	18.284	45.399
2	44.938	12.677	61.295
3	43.678	17.519	44.604
4	47.734	27.854	44.649
5	46.319	26.917	44.569
6	51.011	32.523	61.502
7	13.819	36	59.679
8	42.16	33.243	45.078
9	43.405	17.319	61.561
10	44.011	28.791	44.673
Promedio General	41.703	29.132	52.844

Cuadro 5. Porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de albura y duramen de *Eucalyptus globulus* Labill durante el proceso de pudrición bajo la acción del hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

Nº	Porcentaje de Pérdida de Peso (%PP)		
	Albura	Duramen	Testigo
1	30.514	25.231	60.738
2	33.131	24.501	60.172
3	31.299	23.691	49.798
4	31.667	23.686	57.726
5	31.393	23.278	44.979
6	28.303	22.506	62.182
7	44.829	24.031	29.012
8	32.551	23.684	63.759
9	26.882	27.744	44.066
10	40.288	23.262	57.922
Promedio General	33.086	24.084	50.32

En el Cuadro 6, se muestran los valores numéricos del coeficiente de variabilidad de los porcentajes de pérdida de peso de madera de albura como de duramen, después de ser sometidos al ataque de los dos hongos xilófagos como son *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen y *Polyporus versicolor* L. ex Fr. los valores obtenidos se encuentran por debajo del 30 % (24.61%, 22.78%, 16.78%, 16.44%, 7.74% y 26.67%), lo que nos indica que en el trabajo de investigación realizado, las fuentes de error experimental fueron controladas en forma aceptable, los cuales nos indica la variabilidad de la resistencia de la madera a la pudrición en cada uno de las probetas empleadas para este estudio.

Cuadro 6. Coeficiente de variabilidad del porcentaje de pérdida de peso (%PP) de probetas de albura y duramen de la especie en estudio, bajo la acción de los hongos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen y *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

Hongos	Coeficiente de variabilidad (%)		
	Albura	Duramen	Testigo
<i>Trametes ochracea</i>	24.61	22.78	16.78
<i>Polyporus versicolor</i>	16.44	7.74	26.67

Existen factores que han sido controlados como son: temperatura, humedad, pH. Sin embargo, existen factores como la variabilidad inherente propio del material en estudio al cual se aplican los tratamientos que no se pudieron controlar, esto se refleja en los valores del coeficiente de variabilidad, debido a que la madera es un material muy complejo, ya que durante su

desarrollo va fijando sustancias que actúan como repelentes contra los hongos xilófagos, asimismo existe variación dentro de una misma especie y dentro de la misma respecto a la madera.

En el Cuadro 7, se presenta el análisis de variancia del porcentaje de pérdida de peso de leño de las probetas de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus* Labill, obtenido por la acción de los hongos xilófagos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvar den y *Polyporus versicolor* L. ex Fr. en donde se observa que a un nivel de significación de 5%, existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos empleados, es decir que está referido a la diferencia de los valores de porcentaje de pérdida de peso de albura y duramen con relación a la resistencia que mostraron bajo la acción de los dos hongos utilizados, asimismo muestra la no significación de los bloques, lo que nos podría estar indicando que no existió variabilidad entre las probetas utilizadas, siendo esta representativo para el estudio realizado.

Cuadro 7. Análisis de variancia del porcentaje de pérdida de peso.

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F c	Sig
Tratamientos	12	2183.87	181.99	3	*
Bloques	9	180.61	20.07	0.33	NS
A	1	228.89	228.89	3.78	NS
B	1	1627.47	1627.47	26.86	*
A*B	1	146.91	146.91	2.42	NS
Error	27	1635.85	60.59		
Total	39	3819.73			

CV = 25.1%

NS = No significativo

* = Significativo a un nivel de 5 % de probabilidad

En el mismo cuadro se observa que no existe significación estadística entre ambos hongos utilizados, pudiéndose haber empleado sólo uno de ellos para el trabajo de investigación, pero si hubo diferencias de valores numéricos entre los promedios de porcentaje de pérdida de peso causado por los dos hongos, tanto para madera de albura como para el duramen, tal como se observa en la Figura 4 y 5.

4.2. Degradación de la madera según hongo xilófago

Al analizar el efecto causado por los dos hongos empleados en el ensayo (promedio de pérdida de peso), se verifica que existen diferencias numéricas en promedio entre ambos. En la Figura 4 y 5 se muestra que, el hongo *Trametes ochracea*, se mostró más agresivo respecto al hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

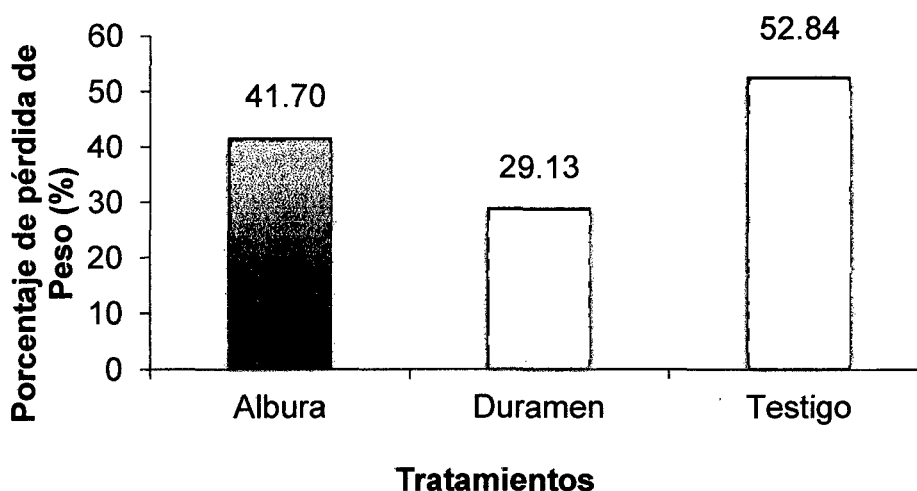


Figura 4. Porcentaje promedio de pérdida de peso de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus* Labill, bajo la acción del hongo *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.

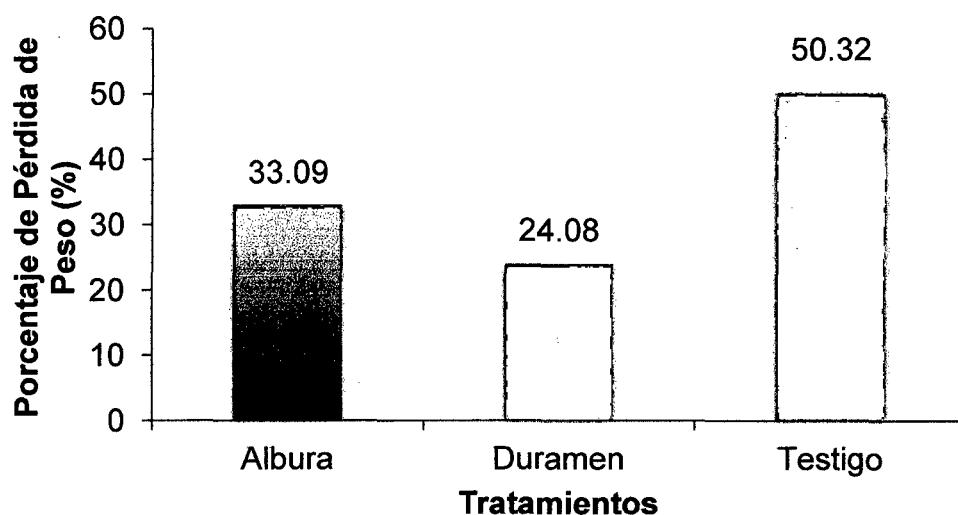


Figura 5. Porcentaje promedio de pérdida de peso de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus* Labill, bajo la acción del hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

En la Figura 6, se observa que existe diferencias numéricas respecto al porcentaje de pérdida de peso promedio de leño de las probetas de madera, por acción de los dos hongos xilófagos, mostrando mayor agresividad de degradación de la madera el hongo *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvar den, alcanzando el duramen 29.13%, la albura 41.70% y el testigo 52.84, en relación al hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr.; que alcanzó el duramen 24.08%, la albura 33.09% y el testigo 50.32%.

En la misma figura se puede observar que existe una diferencia numérica respecto a los resultados promedios de porcentaje de pérdida de

peso de las maderas de albura y duramen, siendo mayor para el caso de la albura y menor para el duramen; tal como se muestra en las Figura 4 y 5.

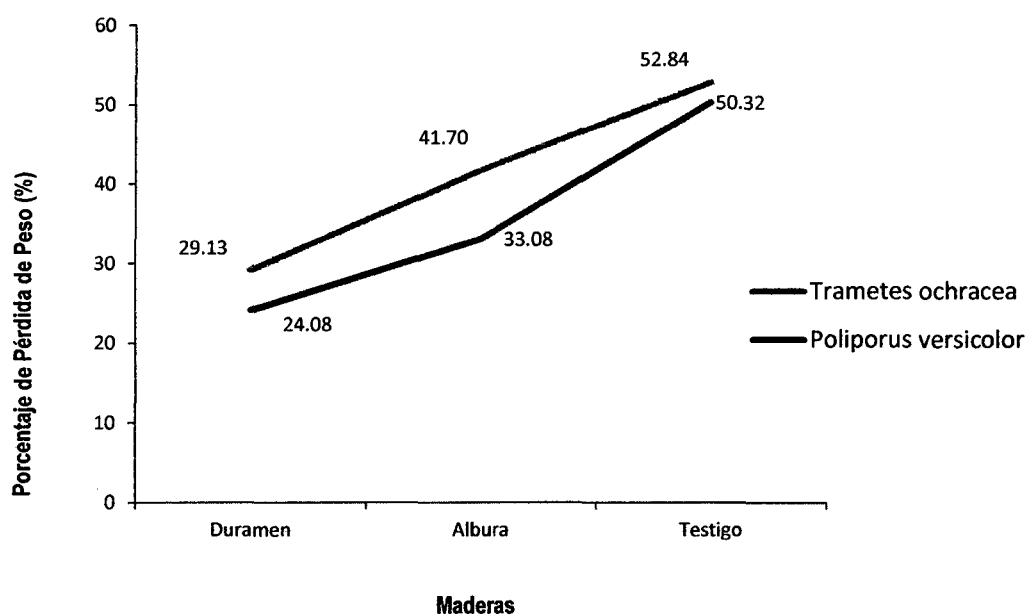


Figura 6. Porcentaje promedio de pérdida de peso de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus* Labill, según los hongos xilófagos.

Estadísticamente comparado los promedios porcentuales de pérdida de peso de leño, como resultados de la degradación por acción de los dos hongos, los valores obtenidos son no significativos, es decir los dos hongos utilizados *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen (A1) y *Polyporus versicolor* L. ex Fr. (A2), se comportan iguales, existiendo diferencias numéricas en promedio, obteniendo el hongo *Trametes ochracea* (A1) un promedio de pérdida de peso de 33.41% seguido el hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr., con 28.62% lo que se puede constatar en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Prueba de significación de Duncan para los promedios del porcentaje de pérdida de peso entre los dos hongos en estudio, *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden (A1) y *Polyporus versicolor* L. ex Fr. (A2).

OM	Hongos	Promedio	Significación
1	A1	33.41	A
2	A2	28.62	A

Cuadro 9. Prueba de significación de Duncan para los promedios del porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera de albura (B1) y duramen (B2) de la especie forestal en estudio.

OM	Maderas	Promedio	Significación
1	B1	35.97	a
3	B2	24.96	B

4.3. Resistencia natural a la pudrición según hongo xilófago

En los Cuadros 8 y 9, se presenta la clasificación parcial y general de la resistencia natural de las probetas de madera de albura y duramen de la especie *Eucalyptus globulus* Labill, obtenidos bajo la acción de los hongos

xilófagos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden y *Polyporus versicolor* L. ex Fr., obtenida en base a la tabla de interpretación de la Norma ASTM D 2017 – 71.

Cuadro 10. Clasificación de madera de albura y duramen en base a la resistencia natural de *Eucalyptus globulus* Labill a la acción del hongo *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.

Nº	%PP	Clasificación	% PP	Clasificación	%PP	Clasificación
	Albura		Duramen		Testigo	
1	39.954	C	18.284	B	45.399	D
2	44.938	C	12.677	B	61.295	D
3	43.678	C	17.519	B	44.604	D
4	47.734	D	27.854	C	44.649	D
5	46.319	D	26.917	C	44.569	D
6	51.011	D	32.523	C	61.502	D
7	13.819	B	36.000	C	59.679	D
8	42.160	C	33.243	C	45.078	D
9	43.405	C	17.319	B	61.561	D
10	44.011	C	28.791	C	44.673	D
Clasificación						
General*		D		C		D

* Para la clasificación general se tuvo en cuenta el promedio mayor del porcentaje de pérdida de peso.

B : Resistente

C : Moderadamente resistente

D : No resistente

Cuadro 11. Clasificación de madera de albura y duramen en base a la resistencia natural de *Eucalyptus globulus* Labill a la acción del hongo *Polyporus versicolor* L. ex Fr.

Nº	%PP	Clasificación	% PP	Clasificación	%PP	Clasificación
	Albura		Duramen		Testigo	
1	30.514	C	25.231	C	60.738	D
2	33.131	C	24.501	B	60.172	D
3	31.299	C	23.691	B	49.798	D
4	31.667	C	23.686	B	57.726	D
5	31.393	C	23.278	B	44.979	D
6	28.303	C	22.506	B	62.182	D
7	44.829	C	24.031	B	29.012	D
8	32.551	C	23.684	B	63.759	D
9	26.882	C	27.744	C	44.066	D
10	40.288	C	23.262	B	57.922	D
Clasificación						
General		C		C		D

B : Resistente

C : Moderadamente resistente

D : No resistente

En los Cuadros 8 y 9, se aprecia que las probetas de madera de albura, sometido a la acción de los hongos xilófagos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden y *Polyporus versicolor* L. ex Fr., le corresponden el calificativo de

madera no durable o no resistente (D) y moderadamente resistente (C), al presentar valores altos en cuanto a los porcentajes promedio de pérdida de peso (51.011% y 40.288).

Asimismo, se aprecia que, en las probetas de madera de duramen considerados en el estudio, sometido a la acción de los hongos xilófagos *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvar den y *Polyporus versicolor* L. ex Fr., obtienen el calificativo de moderadamente resistentes (C), al presentar valores altos en cuanto al porcentajes promedio de pérdida de peso (36.00% y 27.744%).

En general, para la madera *Eucalyptus globulus* Labill, teniendo en cuenta el porcentaje de pérdida de peso mayor alcanzado por la acción de los dos hongos xilófagos se tiene el calificativo de madera no durable o no resistente (D).

V. DISCUSIÓN

En los Cuadros 4 y 5, se puede observar que la madera de duramen, presenta valores menores de porcentaje de pérdida de peso que la albura. Al respecto, EATON y HALE (1993) mencionan que la albura de todas las especies del mundo tienen baja durabilidad natural, mientras que el duramen es más resistente a la pudrición. Asimismo, GONZÁLEZ (1979) al describir la madera, menciona que la albura es rica en sabia, sustancias solubles fácilmente alterables por lo que siempre resulta de inferior calidad que su respectivo duramen. Dicha diferencia entre ambas maderas como son albura y duramen se atribuye a sustancias inherentes a su naturaleza de las mismas, que el árbol durante su crecimiento y desarrollo va fijando; las cuales son conocidas como extractivos que muchas veces actúan como preservantes naturales. Duran y Tuset (1980), Hunt y Garratt (1952) y Panshin (1980), citados por TRUJILLO (1985), afirman 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 a duramen denominado duraminización.

Por otro lado, en el Cuadro 7 se muestra que estadísticamente el porcentaje de pérdida de peso promedio de la albura es mayor a la del

duramen. Al respecto EATON y HALE (1993) dicen que; la albura de todas las especies del mundo tienen baja durabilidad natural, mientras que el duramen es más resistente a la pudrición.

Respecto a la durabilidad de la madera de *Eucalyptus globulus* Labill muchos autores coinciden con lo encontrado en el presente trabajo, entre ellos tenemos a CUFFRÉ (2010) que indica que le corresponde la clase de durabilidad 3 (medianamente durable) o 4 (poco durable) conforme al criterio de las normas europeas. Asimismo CISMADERA (2002) menciona que en la actualidad, la normativa australiana clasifica a la madera de *Eucalyptus globulus* Labill dentro de la clase 3 de durabilidad. Es decir con una vida media del duramen en contacto con el suelo comprendida entre 5 y 15 años. Además, UNALMED (2006) menciona que la madera de *Eucaliptus globulus* presenta la clasificación de moderadamente durable al ataque de los hongos.

VI. CONCLUSIONES

1. A pesar de no existir diferencia estadísticamente significativa entre la degradación causada por las dos especies de hongos de pudrición ensayadas sobre madera de *Eucalyptus globulus* Labill, *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden fue bastante más agresivo provocando un porcentaje de pérdida de peso promedio de 40.7% para madera de albura y 29.13% para madera de duramen, comparado *Polyporus versicolor* L. ex Fr. que sólo alcanzó un valor promedio de 33.09% para madera de albura y 24.08% para madera de duramen.
2. El duramen es significativamente más resistente a la pudrición que la albura; sometido bajo la acción de los hongos xilófagos *Polyporus versicolor* L. ex Fr. y *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.
3. La durabilidad natural de la madera de la especie forestal *Eucalyptus globulus* Labill en base a su resistencia a la pudrición corresponde a una madera no resistente (D).

VII. RECOMENDACIONES

1. Considerando los resultados de durabilidad natural tanto de la madera de albura y duramen de *Eucalyptus globulus* Labill, se recomienda condicionar sus aplicaciones, definidas por sus propiedades físicas, a un tratamiento preservador.
2. Considerando las dos especies de hongos ensayados, *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden mostró mayor efectividad que *Polyporus versicolor* L. ex Fr. en el ataque la madera de eucalipto, por lo que podría recomendarse esta especie para ser utilizada en otros trabajos de determinación de la durabilidad natural de la madera en laboratorio.
3. Realizar estudios similares con otras especies forestales, para emplear con fundamento los tratamientos de preservación necesarios que brinden a la madera las aptitudes necesarias para competir en sus diversos usos.

VIII. ABSTRACT

NATURAL DURABILITY SAPWOOD AND HEARTWOOD OF *Eucalyptus globulus* Labill. TWO TO ACTION WOOD DECAY FUNGI IN THE AREA OF TINGO MARIA

The present research study was carried out at Microbiology laboratory of Natural Renovate Resources Faculty of UNAS, Tingo Maria – Peru.

With the objective to determine the resistance of sapwood and heartwood of the forestal specie *Eucalyptus globulus* Labill to xilophagous fungus attack *Poliporus versicolor* L ex Fr. and *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen over the forestall specie *Eucalyptus globulus* Labill in base to its resistance to the xilophagus fungus attack .

The experiment was developed at laboratory level with the pure micelle propagation to both xilophagus fungus *Poliporus versicolor* L ex Fr. and *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen and later were chopped in glass flasks for their incubation after were seeded in wood jars leaving in incubation for three months period, followed the final weights were determined.

The obtained results indicate that heartwood present lower percentages values to lost weight than sapwood , likewise *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen fungi showed to be most aggressive than *Poliporus versicolor* L ex Fr. fungi and of classification the forestal specie *Eucalyptus globulus* Labill based on its rot resistance corresponds to a non-resistant wood (D).

With respect to statistical analysis, were noted that there are no statistical significance between the used fungus, and maybe it was possible the use only one for this research work, however this same results showed that there were numerical differences between the lost weight caused for both fungus, even to heartwood and sapwood.

Considering both fungus species studied, *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvardeen showed major effectiveness than *Poliporus versicolor* L ex Fr. to wood attack, in base to the obtained results it is recommended this fungi in other research work laboratory related to the natural durability of the wood.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPM.1970. Técnicas para el estudio de pudriciones de la madera. Sao Paulo – Brasil. 55 p.

ASTM D 2017-71. 1978. Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Book of Standards, American National Standard: 11 p.

ASTM D 2017-78. 1990. Accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Book of Standards, American National Standard: 11 p.

CARTWRIGHT, K, FINDLAY, W. 1958. Decay of timber and its preservation, Forest Research Laboratory, 301 p.

CISMADERA. 2002. Determinación de la durabilidad natural frente a insectos xilófagos de la madera de Eucalyptus globulus Labillde Galicia. [EN

LÍNEA]:

(<http://www.cismadera.com/castelan/printable/proyectos/durabilidad.htm>,

documento, 14 abril 2012).

- CUFFRÉ. 2010. Caracterización de la durabilidad natural de la madera de *Eucalyptus grandis* de Argentina para su utilización en construcciones. [EN LÍNEA]: (<http://www.edutecne.utn.edu.ar/cinpar2010/Topico%203/CINPAR%20063.pdf>, documento 14 abr.2012).
- BARAHONA. 2005. Variación de la composición química en albura, duramen y altura de madera pulpable de *Eucalyptus globulus* Labill proveniente de monte alto y monte bajo. Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. [EN LÍNEA]: (http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2005/barahonag/sources/barahona_g.pdf, documento, mayo 2012).
- ESCUZA, H. 1987. Durabilidad natural de la MADERA de cinco especies forestales en base a su resistencia a la pudrición. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 126 p.
- ESPINOZA 2003. Hongos macroscópicos de la clase basidiomycetes en el centro de investigación allpahuayaloretto - Perú. [EN LÍNEA]: (http://www.iiap.org.pe/avances/pbio/informe_hongos.pdf, documento, Mayo 2012).
- GONZÁLEZ, F. 1979. Pudrición de la madera de diez especies forestales por acción de cinco hongos xilófagos. Tesis para optar el Grado de Magister en la especialidad de Fitopatología UNALM, Lima. 108 p.

- INDECOPI. 1996. Valor tóxico y permanencia de preservadores de la madera en condiciones de laboratorio. Norma ITINTEC, re-editada en 1996. 6 p.
- JUNAC. 1988. Manual del Grupo andino para la preservación de maderas. Bogotá. Colombia. Editorial Carvajal. 405 p.
- OJEDA. 2008. *Eucalyptus globulus* Labill. [EN LÍNEA]: ([http://www.interregionatura.com/especies/pdf / Eucalyptus % 20globulus . pdf](http://www.interregionatura.com/especies/pdf/Eucalyptus%20globulus.pdf), documento, mayo 2012).
- ONERN. 1976. Mapa Ecológico del Perú (guía explicativa). Oficina Nacional de Evaluación d los Recursos Naturales. Lima, Perú. 146 p.
- KOLLMAN, F, COTE, W. 1984 Principles of wood science and technology; Solid wood – wood based materials. Berlin. Vol.I – II.
- NICHOLAS, D. 1973. Wood deterioration and its preservation by preservative treat ments. Tomo I. Syracuse University Press. New York. 185 p.
- RODRÍGUEZ, B. 1976. Tratamiento y conservación de la madera. 1° ed. Madrid España 153 p.
- SANTOS, G. 2002. Durabilidad natural y adquirida en madera de tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), copaiba (*Copaifera officinalis*) y pino radiata

(*Pinus radiata*). Tesis Ing. Forestal. La Molina, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 95 p.

TRUJILLO. 1985. Durabilidad natural de ocho especies forestales del Perú en medio nutritivo natural. Tesis Ing. Forestal. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 151 p.

TRUJILLO. 1992. Índice de resistencia de la madera de cinco especies forestales a la acción de 2 hongos xilófagos. Tesis para optar el grado de Magíster Scientiae, Esc. Post – Grado, especialidad de Industrias Forestales. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 110 p.

UNALMED. 2006. Eucalipto. [EN LÍNEA]: (<http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Eucalipto.pdf>, documento, mayo 2012).

ANEXO

Cuadro 12. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de albura a causa del hongo xilófago *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.

Nº	Albura			Clasificación
	PSI	PSF	%PP	
1	9.897	5.943	39.954	C
2	9.877	5.438	44.938	C
3	9.883	5.566	43.678	C
4	9.741	5.091	47.734	D
5	9.871	5.299	46.319	D
6	9.874	4.837	51.011	D
7	10.092	8.697	13.819	B
8	9.614	5.561	42.16	C
9	9.957	5.635	43.405	C
10	10.016	5.608	44.011	C
promedio			41.7	
Desviación estándar			10.26	
CV %			24.61	
Clasificación General				D

Cuadro 13. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de duramen a causa del hongo xilófago *Trametes ochracea* (Pers.) Ryvarden.

Nº	Duramen			Clasificación
	PSI	PSF	%PP	
1	9.887	8.0791	18.284	B
2	10.096	8.8158	12.677	B
3	9.919	8.1812	17.519	B
4	9.851	7.1069	27.854	C
5	9.754	7.128	26.917	C
6	9.845	6.643	32.523	C
7	10.315	6.602	36.000	C
8	10.139	6.768	33.243	C
9	9.600	7.938	17.319	B
10	9.854	7.017	28.791	C
promedio			29.13	
desviación estándar			6.64	
CV %			22.78	
Clasificación General				C

Cuadro 14. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de testigo, a causa del hongo xilófago *Trametes ochracea* (Pers.)

TESTIGO				
Nº	PSI	PSF	%PP	Clasificación
1	5.736	3.132	45.399	D
2	5.712	2.211	61.295	D
3	5.653	3.132	44.604	D
4	5.649	3.127	44.649	D
5	5.613	3.112	44.569	D
6	5.827	2.243	61.502	D
7	5.993	2.417	59.679	D
8	5.796	3.183	45.078	D
9	5.883	2.262	61.561	D
10	5.778	3.197	44.673	D
promedio			52.84	
desviación estándar			8.87	
CV %			16.78	
Clasificación General				D

Cuadro 15. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de albura, bajo la acción del hongo xilófago *Polyporus versicolor* L.

Ex Fr.

ALBURA				
Nº	PSI	PSF	%PP	Clasificación
1	9.887	6.870	30.514	C
2	10.096	6.751	33.131	C
3	9.919	6.814	31.299	C
4	9.851	6.731	31.667	C
5	9.754	6.692	31.393	C
6	9.845	7.059	28.303	C
7	10.315	5.691	44.829	C
8	10.139	6.838	32.551	C
9	9.600	7.020	26.882	C
10	9.854	5.884	40.288	C
promedio			33.09	
desviación estándar			5.44	
CV %			16.44	
Clasificación General			16.44	C



Cuadro 16. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de duramen, a causa del hongo xilófago *Polyporus versicolor* L. Ex Fr.

DURAMEN				
Nº	PSI	PSF	%PP	Clasificación
1	9.506	7.1077	25.231	C
2	9.675	7.3045	24.501	B
3	9.672	7.3802	23.691	B
4	9.439	7.2031	23.686	B
5	9.415	7.224	23.278	B
6	9.899	7.671	22.506	B
7	9.518	7.231	24.031	B
8	9.619	7.341	23.684	B
9	9.857	7.122	27.744	C
10	9.668	7.419	23.262	B
promedio			24.08	
desviación estándar			1.86	
CV %			7.74	
Clasificación General				C

Cuadro 17. Porcentaje promedio en peso para las probetas de madera de testigo, a causa del hongo xilófago *Polyporus versicolor* L. Ex Fr.

TESTIGO				
Nº	PSI	PSF	%PP	Clasificación
1	5.940	2.332	60.738	D
2	5.989	2.3852	60.172	D
3	5.882	2.953	49.798	D
4	5.753	2.432	57.726	D
5	5.808	3.196	44.979	D
6	5.843	2.210	62.182	D
7	5.852	4.154	29.012	D
8	5.797	2.101	63.759	D
9	5.794	3.241	44.066	D
10	5.914	2.488	57.922	D
promedio			50.32	
desviación estándar			13.42	
CV %			26.67	
Clasificación General				D

Cuadro 15. Constancia de identificación de la especie para la investigación.

	<p align="center">UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</p> <p align="center">FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203 APDO.456 - LA MOLINA LIMA PERU</p>	
<u>CONSTANCIA</u>		
<p>El que suscribe, JEFE DEL LABORATORIO DE ANATOMÍA DE LA MADERA, deja constancia que, de acuerdo con los estudios anatómicos efectuados, las muestras de madera proporcionadas por la Bach. LOYDA MARIELA RIOS RENGIFO, ex alumna de la Facultad de Recursos Naturales Renovables – Mención Forestales de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; y que han sido empleadas en su trabajo de tesis titulado: “Resistencia Natural de la Madera de <i>Eucalyptus globulus</i> Labill a la acción de dos Hongos Xilófagos”, corresponden a la especie:</p>		
<p><u>Nombre Común</u> Eucalipto</p>	<p><u>Nombre Científico</u> <i>Eucalyptus globulus</i> Labill</p>	<p><u>Familia</u> Myrtaceae</p>
Atentamente,		
<p> </p> <p>Ing. Manuel Chavesta Custodio Lab. Anatomía de la Madera</p>		
La Molina, 10 de Febrero de 2009		

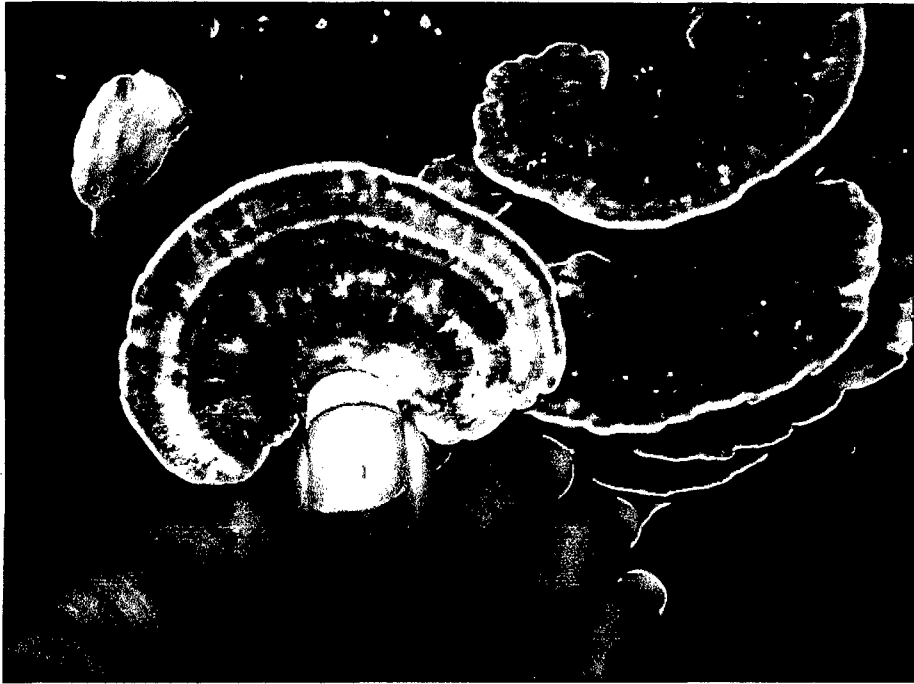


Figura 7. Colección del hongo *Trametes ochracea*.



Figura 8. Repique de los hongo *Trametes ochracea* y *Polyporus versicolor*.



Figura 9. Crecimiento de los hongos *Trametes ochracea* y *Polyporus versicolor*.



Figura 10. Siembra de las probetas a frascos de incubación.



Figura 11. Siembra de probetas de albura y duramen.



Figura 12. Probetas de albura y duramen después de dos meses de sembradas

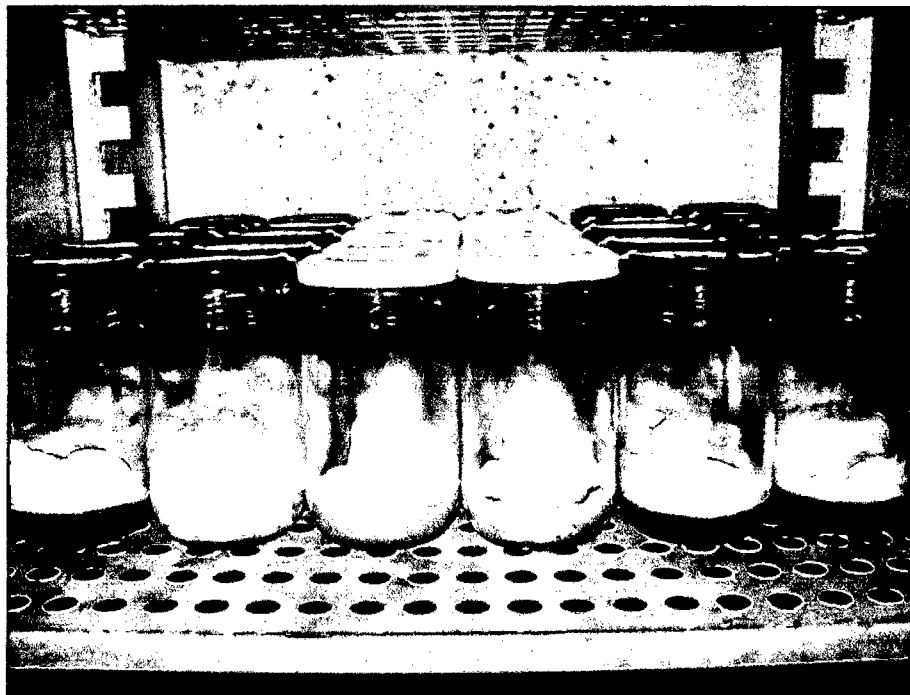


Figura 13. Probetas totalmente cubiertas a tres semanas de sembradas

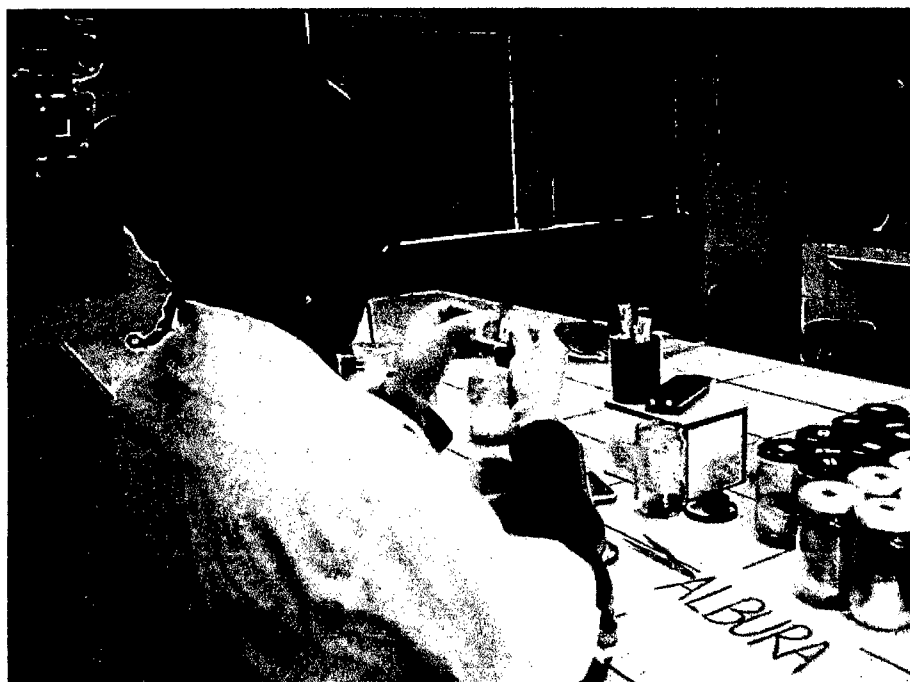


Figura 14. Limpieza de probetas.

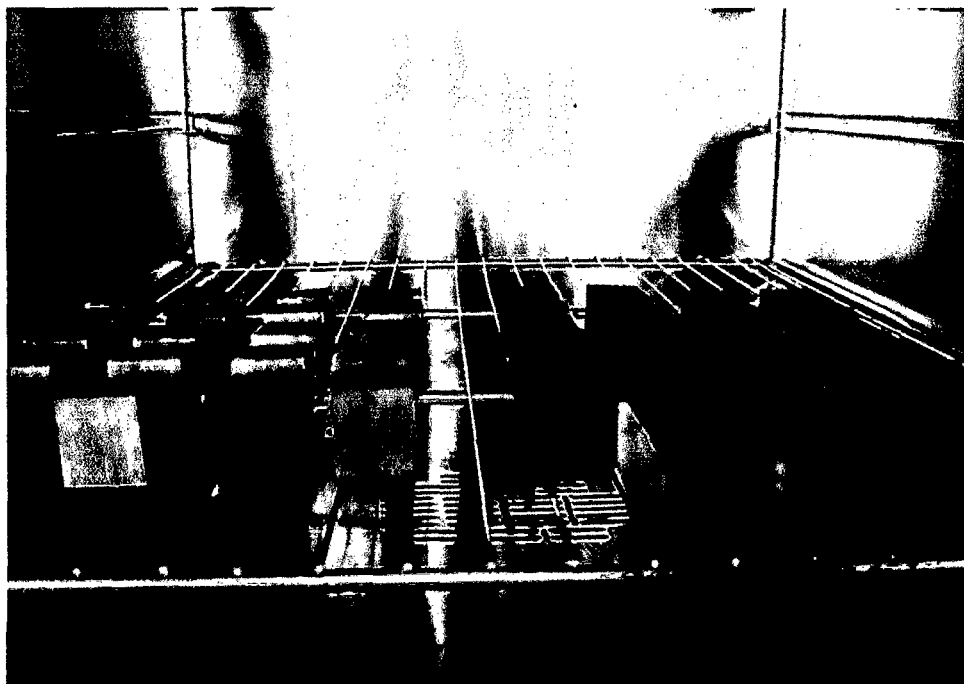


Figura 14. Secado de las probetas