

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE TRES ESPECIES
FORESTALES SOMETIDOS A LA ACCIÓN DEL HONGO *Pycnoporus
sanguineus* (L.: Fr Murrill)**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN
RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN FORESTALES**

Presentado por:

DELIA JESSIE HIDALGO RENGIFO

2014



T
FOR
Hidalgo Rengifo, Delia Jessie

Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales sometidos a la acción del Hongo *Pycnoporus Sanguineus* (L.: Fr Murrill). Tingo María 2014.

70 páginas.; 17 cuadros; 19 figuras.; 38 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Forestal) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

- 1. CELULOSA 2. CENIZAS 3. CORRELACIÓN**
4. EXTRACTIVOS 5. DURABILIDAD 6. HUMEDAD



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 19 de febrero del 2014, a horas 10:30 a.m. en la Sala de Grados de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

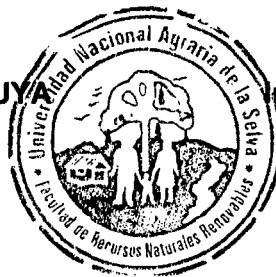
“DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE TRES ESPECIES FORESTALES SOMETIDOS A LA ACCIÓN DEL HONGO *Pycnopus sanguineus* (L.:FR Murrill)”

Presentado por la Bachiller: **DELIA JESSIE HIDALGO RENGIFO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“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.

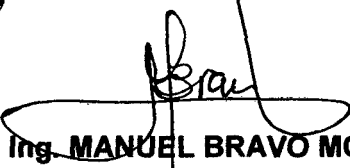
Tingo María, 28 de abril de 2014.


Ing. M.Sc. **RICARDO OCHOA CUYA**
PRESIDENTE




Ing. M.Sc. **LADISLAO RUÍZ RENGIFO**
MIEMBRO


Dra. **TANIA E. GUERRERO VEJARANO**
MIEMBRO


Ing. **MANUEL BRAVO MORALES**
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios; por haberme iluminado en cada paso de mi vida, por haberme dado salud y poder lograr la conclusión de esta tesis.

A mis padres William Hidalgo Sifuentes y Edith Rengifo Cerón; Por su amor abnegado, quienes me dieron la vida y me apoyaron en todo momento, por sus consejos, sus valores, por sus ejemplos de perseverancia y constancia que permitieron que sea una persona de bien.

A mi querido esposo, por ser una persona excepcional, quien me brinda su apoyo incondicional, su paciencia y comprensión.

A mi querida hermana, por su apoyo y comprensión y sus consejos en los momentos difíciles, y a mi sobrino Matthew la personita que amo mucho.

AGRADECIMIENTO

Durante mi formación profesional, personal y desarrollo de la presente investigación, varias personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A mis padres, esposo, hermana y demás familiares, quienes me brindaron apoyo permanente y constante, me recomendaron cumplir satisfactoriamente mis objetivos y consecuentemente concretar el presente trabajo de investigación.

Debo agradecer de manera muy especial al Ing. Manuel R. Bravo Morales, quien en su calidad de asesor de tesis, me brindó orientación y apoyo para el logro de mis objetivos y consecuentemente culminar exitosamente este trabajo.

Al Ing. Jorge Manuel Vásquez Peñaherrera, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta tesis. Por su disponibilidad y paciencia que hizo que nuestras siempre acaloradas discusiones redundaran benéficamente tanto a nivel científico como personal.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, quienes contribuyeron en mi formación académica, a los docentes que marcaron cada etapa de mi camino universitario y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, "alma mater" de mi formación profesional, que en sus aulas y laboratorios logré la culminación de mi carrera profesional.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1.1. Métodos para determinar la durabilidad natural de la madera	9
2.2.1. Quinilla (<i>Manilkara bidentata</i>) (ADC) Chev.....	11
2.2.2. Tornillo (<i>Cedrelinga cateniformis</i> (Ducke) Ducke).....	13
2.2.3. Huayruro (<i>Ormosia sp.</i>).....	16
2.3. Hongos xilófagos	18
2.3.1. Características generales.....	18
2.3.2. Ciclo de desarrollo de los hongos	19
2.3.3. Factores que influyen en el desarrollo de los hongos	20
2.3.4. Descripción general del hongo estudiado	23
2.4. Influencia de los extractivos	24
2.5. Normalización	27
III. MATERIALES Y MÉTODOS	30

3.1.	Ubicación política.....	30
3.1.1.	Coordenadas geográficas	30
3.1.2.	Zona de vida.....	30
3.1.3.	Condiciones climáticas.....	31
3.2.	Materiales y equipos	31
3.2.1.	Materiales.....	31
3.2.2.	Equipos e instrumentos	32
3.3.	Metodología	33
3.3.1.	Preparación de probetas de madera.....	34
3.3.2.	Preparación del medio de cultivo	34
3.3.3.	Preparación de las cámaras de pudrición	34
3.3.4.	Acondicionamiento de las probetas de madera.....	35
3.3.5.	Cálculo de la pérdida de peso.....	35
3.3.6.	Cálculo de extractivos	36
3.3.7.	Determinación de celulosa	37
3.3.8.	Cálculo de cenizas	38
3.3.9.	Cálculo de la densidad básica.....	39
3.3.10.	Análisis estadísticos	39

IV. RESULTADOS	40
4.1. Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales en base a la resistencia a la pudrición en fase laboratorio	40
4.1.1. Promedio de pérdida de peso (%) en muestras de madera de tres especies forestales.....	40
4.2. Contenido de las muestras de madera de tres especies forestales	41
4.2.1. Determinación del porcentaje de extractivos con alcohol benceno	41
4.2.2. Determinación del porcentaje de extractivos con agua caliente	42
4.2.3. Determinación del contenido de cenizas (%)	44
4.2.4. Determinación del porcentaje del contenido de celulosa (%).....	45
4.2.5. Determinación del porcentaje de humedad (%)	46
4.2.6. Determinación de la densidad básica (g/cm ³)	47
4.3. Correlación entre los porcentajes promedios totales de pérdida de peso de la madera y los porcentajes densidad básica de las especies en estudio	48

V.	DISCUSIÓN.....	51
5.1.	Pérdida de peso (%)	51
5.2.	Del contenido de extractivos (%) con alcohol benceno.....	53
5.3.	Del contenido de extractivos (%) con agua caliente	54
5.4.	Del contenido de ceniza (%)	56
5.5.	Contenido de celulosa	57
5.6.	Contenido de humedad.....	57
5.7.	Densidad básica (g/cm ³)	58
5.8.	Correlación entre los porcentajes promedios totales de pérdida de peso de la madera con densidad básica de las especies en estudio	60
VI.	CONCLUSIONES.....	61
VII.	RECOMENDACIONES	63
VIII.	ABSTRACT	64
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
	ANEXO.....	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición química de la madera (% en peso).....	26
2. Clasificación de la madera según su pérdida de peso.	28
3. Clasificación de la madera según la durabilidad.	28
4. Durabilidad natural de maderas.	29
5. Promedio de pérdida de peso (%) de las tres especies forestales.....	40
6. Porcentaje del contenido de extractivos con alcohol – benceno.	42
7. Porcentaje del contenido de extractivos con agua caliente de las tres especies forestales.....	43
8. Porcentaje del contenido de cenizas.....	44
9. Porcentaje de celulosa en las muestras evaluadas.....	45
10. Porcentaje del contenido de humedad.....	46
11. Promedio de la densidad básica.	47
12. Correlación entre las variables para las tres especies forestales.....	48
13. Ceniza, celulosa y extractivos en muestras de madera de tres especies forestales.....	76

14.	Contenido de humedad, peso y densidad básica en muestras de madera de tres especies forestales.....	77
15.	Correlación en <i>Manilkara bidentata</i>	78
16.	Correlación en <i>Cedrelinga cateniformis</i>	79
17.	Correlación en <i>Ormosia</i> sp.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. <i>Pycnopus sanguineus</i>	23
2. Composición química típica de la madera.....	24
3. Promedio de pérdida de peso (%) en muestras de madera de tres especies forestales.....	41
4. Extractivos (%) con alcohol – benceno en maderas de tres especies forestales.....	42
5. Promedio del porcentaje de extractivos obtenidos con agua caliente de las tres especies forestales.....	43
6. Promedio del porcentaje de ceniza (%) en tres especies forestales.....	44
7. Cantidad de celulosa (%) en la madera de tres especies forestales.....	45
8. Contenido de humedad (%) en la madera de tres especies forestales.....	46
9. Densidad básica (gr/cm^3) en maderas de tres especies forestales.....	47
10. Relación entre la pérdida de peso y la humedad.....	49

11.	Relación entre la densidad básica y la humedad.	50
12.	Relación entre la densidad básica y la pérdida de peso.....	50
13.	Probetas de <i>Ormosia</i> sp. (izquierda), <i>Manilkara bidentata</i> (derecha) y <i>Cedrelinga cateniformis</i> (abajo).....	80
14.	Proceso para la obtención de extractivos.....	80
15.	Proceso para la determinación de ceniza.....	81
16.	Proceso para la obtención de celulosa.....	81
17.	Muestras para el contenido de humedad.	82
18.	Obtención de la densidad básica.	82
19.	Acondicionamiento del hongo con las probetas.	83

RESUMEN

La investigación se realizó en el área de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera, laboratorios de Microbiología y Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicados en la ciudad de Tingo María, región Huánuco, el objetivo fue determinar la durabilidad natural de la madera en tres especies forestales. Las muestras de madera duraminizada pertenecieron a quinilla colorada (*Manilkara bidentata* A.DC. Chev.), tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) y huayruro (*Ormosia* sp.), a las que se les ha inducido el hongo xilófago *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murrill; para determinar la durabilidad se prosiguió los procedimientos establecidos en la norma ASTM D2017-71. Se determinó que *C. cateniformis* presenta mayor durabilidad natural de la madera en base a la resistencia a pudrición en condiciones de laboratorio, seguido de *M. bidentata* y *Ormosia* sp. Asimismo, *Ormosia* sp. presenta mayor porcentaje de ceniza, celulosa, contenido de humedad y los extractivos en alcohol benceno, *M. bidentata* con mayor valor de extractivos en agua caliente y densidad básica; la mayor pérdida de peso (%) se determinó en *Ormosia* sp., seguido de *M. bidentata* y *C. cateniformis*. Además, no hubo correlación significativa entre la densidad básica (g/cm^3) con la variación de peso (%) para las tres especies en estudio, pero si hubo correlación total entre la densidad básica y los extractivos.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las propiedades más importantes de la madera es su durabilidad, referida a la resistencia que ofrece la madera frente al ataque de agentes destructores (hongos, insectos, perforadores marinos, fuego y desgaste mecánico), esta propiedad se la proporciona la naturaleza durante su crecimiento y desarrollo, y depende fundamentalmente de los constituyentes orgánicos e inorgánicos que el árbol haya podido fijar durante su crecimiento, esta durabilidad va a depender también de las condiciones del medio donde va a ser utilizada.

Entre los agentes que provocan más alteraciones de la madera están los hongos xilófagos, quienes son los responsables de grandes pérdidas económicas por la destrucción de enormes cantidades de madera, entre ellas encontramos a los agentes de biodeterioro, los hongos lignícolas (pudrición), se destacan por la intensidad y frecuencia de su ataque.

Además, la resistencia al biodeterioro de las diferentes especies forestales varía enormemente, incluso de un individuo a otro o respecto a la posición topográfica de la madera dentro del tronco. Por esta razón, es importante conocer la resistencia de ciertas maderas frente al ataque de determinados hongos de pudrición, con el fin de determinar el efecto que estos organismos puedan provocar.

En la presente investigación se determinó la durabilidad natural de la madera en tres especies forestales de valor comercial, cuyas especies fueron: quinilla colorada (*Manilkara bidentata* A.DC. Chev.), tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke y huayruro (*Ormosia* sp.) a las que se les ha inducido el hongo xilófago *Pycnopus sanguineus* (L.:Fr) Murrill, cuyos resultados encontrados fueron que la especie *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), presenta mayor durabilidad natural de la madera en base a la resistencia a la pudrición en condiciones de laboratorio, seguido de *Manilkara bidentata* (quinilla colorada) y en tercer lugar *Ormosia* sp. (huayruro).

Se formuló el siguiente problema de investigación ¿Las especies: *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Ormosia* sp. (huayruro), son resistentes al ataque del hongo: *Pycnopus sanguineus* (L.:Fr) Murrill cuando la madera está en estado natural? Con referencia a esto planteamos la siguiente hipótesis: Las especies: *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Cedrelinga cateniformis* (tornillo), *Ormosia* sp. (huayruro), si presentan resistencia al ataque del hongo: *Pycnopus sanguineus* (L.:Fr) Murrill.

1.1. Objetivo general

- Evaluar la durabilidad natural de la madera de tres especies forestales en base a la resistencia a la pudrición sometidos a la acción del hongo *Pycnopus sanguineus* (L.: Fr Murrill) en condiciones de laboratorio.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar el contenido de extractivos de las muestras de madera de tres especies forestales.
- Determinar contenido de ceniza de las muestras de madera de tres especies forestales.
- Determinar contenido de celulosa de las muestras de madera de tres especies forestales.
- Determinar el contenido de humedad de las muestras de madera de tres especies forestales.
- Determinar la densidad básica de las muestras de madera de tres especies forestales.
- Determinar la Correlación entre las variables evaluadas en la investigación para las tres especies forestales

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Durabilidad natural

La durabilidad natural comprende aquellas características de resistencia que posee la madera sin tratamiento químico frente al ataque de hongos, insectos, perforadores marinos y otras influencias. Normalmente se mide como el tiempo en años durante el que una madera es capaz de mantener sus propiedades mecánicas estando puesta en servicio, empotrada en contacto con el suelo o el agua. Ante la acción de los hongos, hay maderas más durables frente a un tipo que a otro (basidiomicetes o deuteromicetes). La durabilidad de la madera también se ve afectada por efecto del medioambiente (BOBADILLA *et al.*, 2005).

La durabilidad natural de la madera es la resistencia que presenta la madera al ser degradada por insectos, microorganismos y otros factores abióticos (Råberg *et al.*, 2005; citado por COLÍN, 2012), considera que la durabilidad de la madera depende de la conjunción de algunas propiedades intrínsecas que mantienen bajo el contenido de humedad y la presencia de algunas sustancias químicas que impiden el desarrollo de organismos.

Asimismo, menciona que la durabilidad de la madera puede ser resultado de diversos factores que afectaron el desarrollo de árbol como

cambios de temperatura, humedad, disponibilidad de nutrientes que a su vez modifican la condición de la pared celular (Råberg *et al.*, 2005; citado por COLÍN, 2012).

Sin embargo el IIAP (1993) menciona que la durabilidad natural de la madera puede definirse como la resistencia que opone a todo tipo de deterioro. Para fines prácticos y considerando la preponderancia del deterioro biológico, la durabilidad natural se refiere a la resistencia que opone la madera al ataque de hongos e insectos xilófagos.

Asimismo, Gonzáles, 1974; citado por IIAP (1993) menciona que la durabilidad natural es la resistencia que opone al ataque de agentes biológicos de deterioro, tales como hongos e insectos xilófagos, perforadores marinos, y agentes no biológicos de deterioro, tales como desgaste mecánico, intemperismo atmosférico y al peligro del fuego. Para fines prácticos, la durabilidad puede considerarse como la resistencia que opone la madera a la pudrición.

Además, menciona que la durabilidad es una propiedad de la madera en extremo variable. Varía entre las diferentes especies leñosas, entre los diferentes árboles de una misma especie, y aun dentro de un mismo árbol. Los factores responsables de la durabilidad de la madera son numerosos y variables; algunos dependen de las características y condiciones de la madera misma, otros están relacionados con las circunstancias que concurren en su uso. La gran durabilidad del duramen con respecto a la albura se atribuye a la

presencia de algunas condiciones físicas y químicas que suceden en la formación del duramen.

De igual manera DOMINGUEZ (s/d), indica que durabilidad natural de la madera es la resistencia inherente frente al ataque de agentes bióticos y abióticos destructores como: hongos e insectos xilófagos, xilófagos marinos y rayos ultravioleta, en función a: madera ubicada en el fuste, densidad de la madera tardía y temprana, albura – duramen, presencia de resinas, fenoles, taninos, entre otros.

La madera en uso es expuesta a factores ambientales que provocan deterioro en las propiedades físicas, mecánicas y químicas. El envejecimiento superficial de la madera es provocado por la acción de las radiaciones ultravioleta, visible e infrarroja emanadas de la radiación solar. Lo que aunado a la absorción de agua de la lluvia, rocío, humedad relativa y nieve propicia cambios dimensionales en la madera (COLÍN, 2012).

También menciona que todos estos factores producen un efecto de envejecimiento de la madera, manifestado principalmente como una decoloración superficial. La superficie de algunas especies de madera puede también presentar deformaciones como alabeos y grietas (CASTILLO & ERDOIZA, 1995; FLORES *et al.*, 2001; TAMARIT *et al.*, 2002; RODRÍGUEZ & FUENTES, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2007; CYNARA & MONTEIRO, 2009 y HIRCHE, 2009). Lo anterior puede provocar que la madera pierda su valor estético y por consiguiente económico.

La durabilidad natural de una madera es la resistencia natural que presenta frente al ataque los distintos agentes degradadores. Los agentes degradadores pueden ser abióticos (atmosféricos, mecánicos o químicos) y bióticos (hongos cromógenos, hongos de pudrición, insectos de ciclo larvario o insectos sociales). La mayor o menor durabilidad natural de una madera depende del mayor o menor contenido de resinas, taninos, aceites, etc. que impregnan sus tejidos. El duramen contiene más sustancias protectoras que la albura, por lo que es más resistente (MIRELES, 2011).

La mayor o menor durabilidad natural de una madera depende del mayor o menor contenido de resinas, taninos, aceites, etc. que impregnan sus tejidos. El duramen contiene más sustancias protectoras que la albura, por lo que es más resistente. Además, el decir que una madera es muy durable no significa nada si no lo referimos a un determinado agente destructor. Por otra parte, el origen de la madera y la dureza no tienen nada que ver con la duración natural de la misma, por tanto, es erróneo decir que las maderas tropicales tienen mayor duración natural que las maderas de zonas templadas dependen de la especie (BRICOTODO, s/d).

En efecto, Kollman (1959), citado por IIAP (1993), sostiene que el duramen se protege de hongos e insectos lignícolas mediante obstrucción mecánica de los vasos, taponamiento de las punteaduras e impregnación de las paredes celulares. Igualmente, se depositan en las células del duramen sustancias polifenólicas, básicamente derivados del ácido shiquímico, cinámico y cafeico, cuyas combinaciones con compuestos orgánicos determinan la gran

variedad de preservadores de la madera, capaces de ejercer efectos tóxicos y/o repelentes contra organismos lignícolas.

Cabe acotar que, el término durabilidad se refiere a la capacidad natural de la madera para resistir al ataque de hongos, insectos, desgaste mecánico, fuego o acción de los agentes atmosféricos; dada la preponderante participación de los hongos sobre los otros agentes destructores, la durabilidad entonces se define generalmente como la resistencia de la madera a las pudriciones o acción micósica (BOBADILLA *et al.*, 2005).

Con relación a los aspectos inherentes a su naturaleza, se puede afirmar que, generalmente, la madera de duramen es mucho más durable que la de albura, fenómeno que se atribuye a los cambios químicos que se producen durante la transformación de albura a duramen. Asimismo, aquellas maderas densas y de color oscuro son usualmente más durables. Las maderas con altas densidades son menos porosas y por lo tanto cuentan con menos posibilidades de acceso de agua y de oxígeno. Las coloraciones oscuras corresponden a sustancias que reducen la absorción del agua o a extractos que pueden ser tóxicos para los hongos que degradan la madera.

Se dice 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 la madera (NICHOLAS, 1973).

Además, indica que la durabilidad de la madera puede ser determinada a través de pruebas realizadas en condiciones controladas (laboratorios) y en condiciones de uso (cementerio de maderas). Las pruebas clasifican a las maderas por su facilidad en perder su durabilidad frente a condiciones de intemperie cambiantes (cambios de humedad, radiación solar, etc.), acciones degradadoras de hongos xilófagos, insectos destructores de la madera y organismos marinos. Las normas para determinar la durabilidad en condiciones de laboratorio establecen la pérdida de masa como principal parámetro para clasificar la madera (BOBADILLA *et al.*, 2005).

2.1.1. Métodos para determinar la durabilidad natural de la madera

La durabilidad de la madera se determina a través de métodos de laboratorio y de campo; aunque existe diferencia en los resultados, estas dos determinaciones son, en su mayor parte equivalentes y por eso son aceptadas en todo el mundo.

2.1.1.1. Métodos de laboratorio

Son llamadas pruebas aceleradas por su corta duración, los cuales permiten obtener resultados en periodos de 3 a 6 meses de duración. Es utilizada para estudiar la durabilidad de la madera y para determinar la eficacia de los preservadores en la madera tratada. En este método las condiciones de humedad, temperatura, aire y alimentos son reguladas, este método es muy eficaz y proporciona mejores resultados (JUNAC, 1988).

El medio de cultivo es el extracto de malta agar (ASTM 2017) el periodo de prueba es de doce semanas (ASTM 1413) la evaluación de resistencia de pérdida de peso se hace mediante las especificaciones de la norma ASTM 2017.

Debido al corto periodo de experimentación y facilidad de su rápida adopción para probar nuevos productos al ataque de hongos, los ensayos de laboratorio son ventajosos con relación a las de campo (LOAYZA, 1979).

CARTWRIGHT y FINDLAY (1958) indican que la validez de los ensayos de laboratorio está plenamente respaldada por la Sociedad Americana de Prueba de Preservadores de la Madera de resistencia de la madera a la pudrición, las cuales son coincidentes. Por otro lado afirman que la evaluación de la durabilidad y resistencia de la madera a la pudrición en función a la pérdida de leña expresada en porcentaje del peso seco inicial, es muy empleada por ser un método muy sencillo rápido.

GONZÁLES (1979) indica que en pruebas aceleradas de durabilidad natural 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 en campo, debido a la posibilidad de un mayor error humano y 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.

Se deben emplear hongos muy agresivos, así en el caso de maderas blandas o coníferas sugiere usar al *Lenzites trabea* Pers. ex Fr. (Madison 617), y *Poria monticola* Murr. (Madison 698). También recomienda que las maderas duras o tropicales sean evaluadas con los hongos: *Poria monticola* Murr. (Madison 698), *Lenzites trabea* Pers. ex Fr. (Madison 617) y *Polyporus versicolor* L.ex Fr. (Madison 697).

2.2. Descripción de las características generales de las especies estudiadas

2.2.1. Quinilla (*Manilkara bidentata*) (ADC) Chev.

2.2.1.1. Taxonomía

FAMILIA : Sapotaceae

Género : *Manilkara*

Especie : *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev.

2.2.1.2. Características generales

Manilkara bidentata (A.DC.) Chev es una especie nativa de la amazonía peruana. En la actualidad se encuentra en peligro de extinción por

causa de la tala indiscriminada, erosión genética y sobre todo por la agricultura migratoria.

El árbol alcanza de 25 a 40 m de altura; tronco circular; se encuentran trozas de buena calidad de 15 a 25 m de longitud y de 50 a 85 cm de diámetro; con aletones de variado desarrollo. La corteza superficial del tronco es grisácea, apariencia áspera, con fisuras profundas; corteza muerta gruesa; corteza viva de color rojo anaranjado. Látex blanco, abundante y pegajoso (MALDONADO y CERVANTES, s/d).

MOYA *et al.* (2007) mencionan las siguientes características: Color: marcada diferencia entre la albura y el duramen, la albura es blanco amarillento y el duramen marrón amarillento. Olor: fuerte, característico, agradable moderada. Descripción macroscópica: Poros: visibles a simple vista, porosidad difusa, poros de baja a mediana frecuencia, poros solitarios y de 2 en sentido radial y con gomas dentro de los poros.

Es altamente resistente al ataque de hongos e insectos, pero muy poco resistente al ataque de perforadores marinos. Posee una duración en uso exterior superior a 15 años (JUNAC, 1988). Es usada en traviesas, durmientes, construcciones pesadas, piezas de puentes, postes, pisos, parquet, chapas decorativas, arcos e instrumentos musicales y tornería.

2.2.1.3. Propiedades físicas

Densidad básica 0.87 g/cm³.

Contracción tangencial 11.01 %

Contracción radial 6.76 %

Contracción volumétrica 15.80 %

Relación T/R 2.20

2.2.1.4. Propiedades mecánicas

Módulo de elasticidad en flexión 184,000 kg/cm²

Módulo de rotura en flexión 1,204.00 kg/cm²

Compresión paralela (RM) 476.00 kg/cm²

Compresión perpendicular (ELP) 140.00 kg/cm²

Corte paralelo a las fibras 135.00 kg/cm²

Dureza en los lados 1,090.00 kg/cm²

Tenacidad (resistencia al choque) 6.60 kg-m

2.2.2. Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke)

2.2.2.1. Taxonomía

FAMILIA: Fabaceae-Mimosoideae

Especie: *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke.

2.2.2.2. Características generales

Cedrelinga catenaeformis D. Ducke es una especie que existe en cantidades altas en la amazonía norte y en cantidades medias en la amazonía sur del Perú.

El árbol alcanza 40 m de altura y hasta 120 cm de diámetro; tronco recto cilíndrico; con aletones poco o medianamente desarrollados, gruesos. La corteza superficial del tronco es de color pardo oscuro, apariencia rugosa, ritidoma coriáceo. La corteza muerta leñosa, corchosa, de 1 cm de espesor. Corteza viva de 0.5 cm de espesor, de color rosado, textura arenosa y de sabor dulce (JUNAC, 1988).

MOYA *et al.* (2007) mencionan las siguientes características: Color: el tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color rosado y las capas internas (duramen) de color rojizo claro y de forma regular, observándose entre ambas capas un gradual contraste de color. Olor: Distintivo, urticante al aserrarse. Lustre o brillo Moderado a brillante. Grano Entrecruzado. Textura Gruesa. Veteado o figura: Poco definido en el corte tangencial, arcos superpuestos ligeramente diferenciados con líneas vasculares oscuras pronunciadas y en el corte radial bandas angostas, paralelas, satinadas.

La albura es susceptible al ataque biológico, las piezas con albura requiere ser preservada por sistema de vacío presión; el duramen es resistente y por ello las piezas enteramente de duramen no requieren de preservación.

Es usada en pisos, estructuras de casas, armaduras, vigas, columnas, carpintería de interiores, artesanía y en la fabricación de puertas, ventanas y carrocerías.

2.2.2.3. Características tecnológicas

Propiedades físicas:

Densidad básica 0.45 g/cm³.

Contracción tangencial 3.00 %

Contracción radial 1.00 %

Contracción volumétrica 3.90 %

Relación T/R 2.2

Propiedades mecánicas:

Módulo de elasticidad en flexión 99,000 kg/cm²

Módulo de rotura en flexión 693.00 kg/ cm²

Compresión paralela (RM) 413.00 kg/ cm²

Compresión perpendicular (ELP) 66.00 kg/ cm²

Corte paralelo a las fibras 87.00 kg/ cm²

Dureza en los lados 373.00 kg/ cm²

Tenacidad (resistencia al choque) 2.88 kg-m.

2.2.3. Huayruro (*Ormosia sp.*)

2.2.3.1. Taxonomía

FAMILIA: Fabaceae

Especie: *Ormosia sp*

2.2.3.2. Características generales

Ormosia sp. es una especie forestal maderable que se encuentra distribuido en la selva tropical Latinoamericana desde El Caribe hasta el sur de Brasil. En Puerto Rico, Guyana, Brasil, Venezuela, Colombia y Perú. En el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto y Ucayali (CITEMADERA, 2008).

Asimismo, indica que el huayruro habita en las formaciones ecológicas del bosque húmedo tropical (bh-T). Prefiere suelos de buen drenaje, escogiendo también los límites de las sabanas y restingas.

Además, describe la madera con las siguientes características:
Color: Transición gradual de altura a duramen. Duramen de color pardo amarillento claro. Brillo: Medio. Grano: Entrecruzado. Textura: Gruesa. Anillos: Arcos superpuestos, bandas paralelas. Características: Ausente a ligeramente aromático.

Durabilidad natural: Se considera una madera de durabilidad natural media ante el ataque de hongos y termites, presenta una alta durabilidad contra la acción de otros insectos de madera seca. Preservación:

Es una madera de escasa impregnabilidad pero dada su buena durabilidad natural no necesita ser preservada.

Usos: Construcción pesada, durmientes, chapas decorativas, estructuras: vigas, viguetas, pies derechos, columnas, tijerales. Carpintería de obra. Pisos.

2.2.3.3. Características tecnológicas

Propiedades físicas:

Densidad básica: 0.61 gr/cm³

Contracción volumétrica: 9.40 %

Relación T/R: 1.98

Contracción tangencial: 6.30 %

Contracción radial: 3.19 %

Propiedades mecánicas:

Módulo de elasticidad en flexión: 136.0 tn/cm²

Módulo de ruptura en flexión: 838.0 kg/cm²

Compresión paralela: 443.0 kg/cm²

Compresión perpendicular: 71.0 kg/cm²

Corte paralelo a las fibras: 105.0 kg/cm²

Dureza de lados: 650.0 kg/cm²

Tenacidad: 3.70 Kg-m

2.3. Hongos xilófagos

2.3.1. Características generales

Los hongos juegan un papel importante en los cambios constantes que se llevan a cabo en la naturaleza. Específicamente, son los agentes responsables, en gran parte, de la desintegración de la materia orgánica y, como tales, algunos de ellos afectan la madera lo que les ha merecido el nombre de hongos xilófagos.

Los hongos son formas inferiores de plantas que viven en forma saprófita o parásita por su incapacidad de producir por si solos sus alimentos. La característica más importante de este grupo de destructores de la madera es que crecen a partir de micelios y se reproducen a partir de esporas.

La madera está compuesta por dos sustancias fundamentales, que son la lignina y la celulosa. Cuando los hongos destruyen la lignina, producen pudrición blanca y cuando destruyen la celulosa, producen pudrición parda y marrón. Cuando existe una alteración simultánea de ambas sustancias, tiene lugar la pudrición mixta o blanda.

En la pudrición blanca, la madera se vuelve fibrosa y se parte con facilidad, mostrando aristas angulosas en la zona de fractura. En cambio en la

podrición parda la madera se desmenuza y resquebraja en sentido transversal a la fibra y por esto también se la llama podrición cúbica o rómbica. En ambos casos la madera pierde peso.

En el laboratorio, el grado de podrición de la madera se mide por la pérdida de peso que experimenta la pieza ensayada. Se estima que en una pérdida de peso de alrededor de 4% en una probeta de madera, esta queda afectada en su resistencia físico-mecánica en un 28%, sin embargo, en la práctica, una podrición tan pequeña no es fácil de reconocer y al no ser detectada puede dar a lugar a fracasos en el uso de la madera (UNAM, s/d).

2.3.2. Ciclo de desarrollo de los hongos

Su ciclo biológico del hongo queda definido por las esporas, las hifas, el micelio y los cuerpos de fructificación. Las esporas de los hongos se encuentran en todas partes y en gran cantidad, y son arrastradas por el viento, el agua o los animales. El ciclo se inicia cuando encuentran unas condiciones favorables para su germinación (maderas con un contenido de humedad superior al 22%). De las esporas emergen las hifas que son células muy finas y se introducen en la madera.

Las hifas se alimentan de las sustancias de reserva del interior de las células y/o segregan enzimas que producen la descomposición de la pared celular y que permiten que puedan ser asimiladas por éstas; son las que realizan la función degradadora en la madera. Las hifas van aumentando su tamaño y su número, y terminan formando lo que se denomina "micelio", en

donde se forman los cuerpos de fructificación, que son visibles y que vuelven a emitir esporas al exterior cerrando de esta forma el ciclo. Las hifas y el micelio son los verdaderos destructores de la madera (INFOMADERA, s/d).

2.3.3. 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 (RODRIGUEZ, 1976).

El contenido ideal de humedad se sitúa por encima del punto de saturación de las fibras, entre 30 y 50% según (DURAND, 1980). Asimismo, la madera con un contenido de humedad menor a 20% se puede considerar inmune al ataque. La cantidad de aire necesaria para que se de la pudrición equivale a más del 20 % de volumen de la madera según la 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 RODRIGUEZ (1976). Además, menciona que, 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.

El oxígeno es un elemento fundamental para el desarrollo de los hongos, el porcentaje debe ser siempre mayor al 20% de volumen de oxígeno por volumen de madera.

En relación al valor de 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). BOBADILLA *et al.* (2005) mencionan las siguientes características de los hongos:

Los hongos pudridores de la madera pueden ser agrupados en dos categorías según el tipo de pudrición producida. Estos dos grupos son denominados hongos de pudrición blanca y hongos de pudrición castaña.

Los hongos de pudrición castaña remueven selectivamente celulosa y hemicelulosa de la madera. La madera podrida por estos hongos de pudrición castaña pierde rápidamente sus propiedades de solidez y experimentan roturas drásticas.

Los hongos de pudrición blanca tienen un sistema de enzimas celulosa y lignasa que le permiten degradar todos los componentes de las paredes celulares de la madera. Algunos, sin embargo, remueven lignina más rápidamente. Asimismo, la madera podrida por los hongos de pudrición castaña pierde rápidamente sus propiedades de solidez y experimentan roturas drásticas (JUNAC, 1988).

KING *et al.* (1980) mencionan que los hongos consumen alimentos orgánicos e inorgánicos, por lo que la preparación de los medios de cultivos puede incluir extractos de papa, zanahoria, malta y maíz. Los elementos inorgánicos incluidos en el sustrato alimenticio artificial son: nitrógeno, fósforo, potasio, sulfuro y magnesio, y en menor proporción: fierro, cobre, zinc y boro. El extracto de malta – agar es el más recomendado para las investigaciones científicas de pudrición de la madera, debido a que es rico en azúcares.

GONZALEZ (1970) en los estudios de Durabilidad Natural de la madera de 53 especies de Yurimaguas, utilizó cinco hongos xilófagos, de los cuales cuatro fueron colectados en la Amazonía Peruana: *Polyporus sanguineus* L. ex Fr., *Polyporus versicolor* L. ex Fr.; *Lactarius deliciosus* L. ex Fr.; *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat.; y el quinto se importó de los Estados Unidos, Virginia: Forest Disease Laboratory, *Fomes annosus* (Fr.) Karst. El hongo *Fomes annosus* resultó ser el mayor destructor de materia leñosa, mientras que los hongos *Polyporus versicolor* y *Polyporus sanguineus* obtuvieron un mayor desarrollo micelar sobre las probetas, así pues existe muy poca relación entre la actividad de crecimiento de los hongos sobre las probetas y la destrucción de materia leñosa causada por los mismos.

EATON y HALE (1993) señalan que al escoger los hongos para una prueba de laboratorio en durabilidad de la madera debe basarse en su importancia económica como agente destructor de madera o productos de madera, en su resistencia a los productos químicos, al tipo de pudrición que produce, a su crecimiento y desarrollo, y al fácil cultivo en laboratorio.

2.3.4. Descripción general del hongo estudiado

Especie : *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murrill

Sinónimos : *Polyporus sanguineus* L. ex Fr, *Trametes sanguineus* (L. ex Fr.).

Nombre vulgar : oreja de palo, oreja de palo colorado.

Descripción: Carpóforo correoso, de vistosa fructificación semicircular dispuesta en repisa, color rojo naranjado, con superficie lisa a ligeramente marcada en zonas concéntricas. De esporas blancas. De color anaranjado-amarillento, primero más claras y esponjosas, pasando luego a suberosa; con olor y sabor inapreciables.

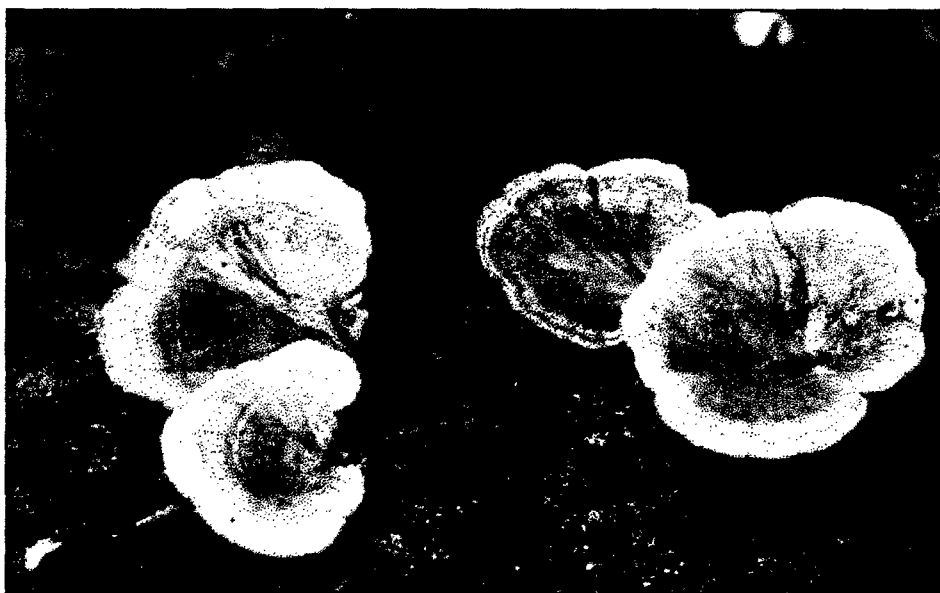


Figura 1. *Pycnoporus sanguineus*.

Habita sobre troncos, ramas, tocones, empalizadas de maderas frondosas, pudiendo hacerlo también sobre coníferas.

Como hongo saprofito no ataca árboles vivos sino madera muerta siendo su estructura miceliar, en el interior de la misma, de color rojo. Su recolección es más importante en las épocas del año donde las temperaturas son elevadas (verano). En la cultura japonesa es utilizado el hongo molido y en infusión contra granos, verrugas, disentería y para desinflamar los pies.

2.4. Influencia de los extractivos

Los extractivos son aquellas sustancias que no forman parte de la pared celular y que pueden ser extraídos con solventes neutros. Por sustancias extraíbles de la madera se entienden aquellas sustancias que se extraen de diferentes partes de los árboles de coníferas y latifoliadas mediante agua, disolventes orgánicos, vapor de agua y mediante un exprimido mecánico (TRUJILLO, 1992).

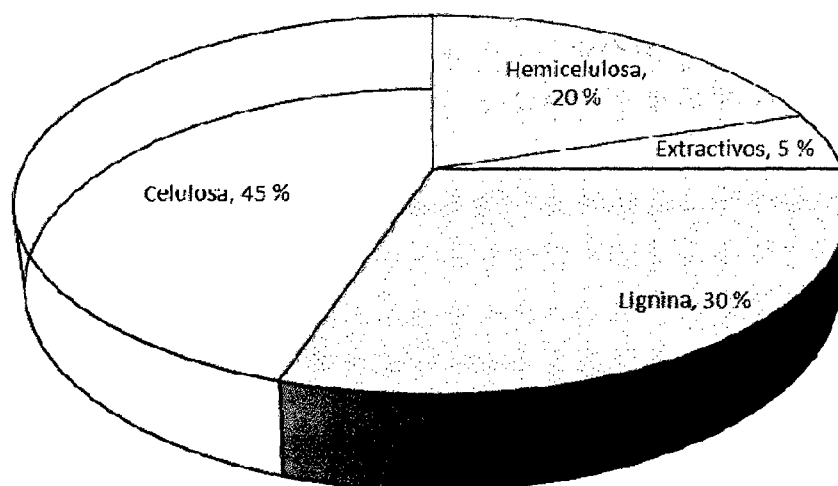


Figura 2. Composición química típica de la madera.

Los extractivos son ciertos productos en las células del duramen que se forman cuando las células de parénquima pierden el protoplasma y

mueren. Dentro de ellas tenemos: aceites esenciales, resinas, gomas, taninos, compuestos fenólicos, sustancias hidrosolubles, entre otros; a los cuales se les atribuye la mayor durabilidad natural del duramen sobre la albura.

La validez de la importancia de los extractivos tóxicos en la duración de la madera al ataque de organismos, fue probada repetidamente por lixiviación con solventes apropiados, en bloques de madera tomados del duramen de especies durables, invariablemente los bloques así extraídos se pudren más rápidamente en comparación con los bloques no lixiviados y la toxicidad relativa de los extractivos del duramen es comparable a la durabilidad relativa del duramen (TRUJILLO y GONZÁLES, 1983).

Los fenoles constituyen una amplia gama de compuestos, tales como antoxantinas, antocianinas, ácidos hidroxibenzóicos, glucósidos y otros, que hasta hace poco se llamaban "Taninos" y que actualmente se reciben el nombre de "Polifenoles". Los polifenoles son compuestos que tienen más de un grupo oxidrilo (OH) en su anillo benzoico, cuando tienen uno solo se llaman fenoles, pero estos son muy raros en la naturaleza y no se dan en las plantas.

Entre los principales polifenoles tóxicos para hongos e insectos, y que son por lo tanto considerados como preservadores naturales de la madera, se encuentran el ácido shiquímico, el ácido cinámico y el ácido cafeico.

Asimismo, menciona que, entre las especies durables, la naturaleza y cantidad de los extractivos del tejido leñoso son muy variables. Algunas veces, la durabilidad es debida a la toxicidad para los hongos de los

compuestos que se solubilizan en el alcohol-benceno, otras en cambio se deben a los solubles en agua caliente.

TRUJILLO (1992) 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.

La naturaleza y cantidad de los extractivos del tejido leños son muy variables entre las especies durables. Algunas veces, la durabilidad es debida a la toxicidad para los hongos de los compuestos que se solubilizan en alcohol bencenos, otras en cambio se son solubles en agua caliente.

Cuadro 1. Composición química de la madera (% en peso).

Componentes	Coníferas	Latifoliadas
Holocelulosa	59.8 - 80.9	71.0 - 89.1
Celulosa	30.1 - 60.7	31.1 - 64.4
Poliosas	12.5 - 29.1	18.0 - 41.2
Pentosas	4.5 - 17.5	12.6 - 32.3
Lignina	21.7 - 37.0	14.0 - 34.6
Extractivos (agua caliente)	0.2 - 14.4	0.3 - 11.0
Extractivos, (agua fría)	0.5 - 10.6	0.2 - 8.9
Extractivos, (éter)	0.2 - 8.5	0.1 - 7.7
Cenizas	0.02 - 1.1	0.1 - 5.4

Fuente: IGARZA *et al.* (2005).

La madera está compuesta de forma general por tres grupos de sustancias, las que conforman la pared celular, donde se encuentran las principales macromoléculas, celulosa, hemicelulosa (poliosas) y ligninas, que están presente en todas las maderas; el otro grupo lo conforman las sustancias de baja masa molar conocidas también como sustancias extraíbles que se encuentran en menor cantidad, y las sustancias minerales. La proporción y composición química de la lignina y las hemicelulosas difiere para las maderas de coníferas y latifolias, mientras que la celulosa es uniforme en composición en todas las maderas. La madera está formada por componentes estructurales y no estructurales, los estructurales son los que componen la pared celular y los no estructurales son denominados como sustancias extraíbles.

La proporción de estos componentes varía con la especie, entre la madera de árboles de la misma especie y en diferentes partes del propio árbol, en la madera de la albura y duramen, en dirección radial y longitudinal (IGARZA *et al.* 2005).

2.5. Normalización

ASTM (1990) uniendo sus experiencias con la norma ANSI, crea la Norma Técnica ANSI/ASTM D 2017 – 90: Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods, para la evaluación de la pudrición natural producidas por hongos en maderas o productos de madera, estas pruebas aceleradas de laboratorio de deben ensayar en cubos de madera, Sobre el suelo cubierto por una tira de alimentación de madera

susceptible al ataque de hongos, colocados en frascos como cámaras de pudrición. La evaluación de los resultados, se hará mediante la pérdida de peso del material leñoso. Para lo cual se establecieron categorías para clasificar la madera por su resistencia a la pudrición.

Cuadro 2. Clasificación de la madera según su pérdida de peso.

Pérdida de peso (%)	Promedio de peso residual	Clasificación de la madera	Código
0 - 10	90 - 100	Altamente resistente	AR
11 - 20	76 - 89	Resistente	R
25 - 44	56 - 75	Moderadamente resistente	MR
45 - más	55 - menos	Ligeramente resistente / No resistente	MPR

Fuente: Norma ASTM: D-2017 – 71, citado por NOVOA (2006).

NOVOA (2006) menciona las siguientes categorías de clasificación:

Cuadro 3. Clasificación de la madera según la durabilidad.

Pérdida de peso (%)	Duración en años	Descripción del tipo de madera	Clasificación de la madera
0 - 10	15	De alta densidad y de duramen que no es posible de tratar	AR
1 - 5	10 -15	De alta densidad y de tratamiento variable para el duramen	R

5 - 10	1 - 10	De alta densidad y con posibilidades de recibir tratamiento	MR
10 - 30	1 - 5	De densidad media y de buen tratamiento	MPR
> 30	<1	De baja densidad y de muy buen tratamiento	NR

Fuente: NOVOA (2006).

Además, la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), citado por BOBADILLA *et al.* (2005), menciona que la durabilidad natural de las maderas se clasifica, en el caso de deterioro producido por hongos, en cinco clases, las mismas que son:

Cuadro 4. Durabilidad natural de maderas.

Clasificación de la madera	Años de duración
Muy durable	> 20
Durable	15 - 20
Moderadamente Durable	10 - 15
Poco Durable	05 - 10
No durable	< 5

Fuente: Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), citado por BOBADILLA *et al.* (2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación política

El estudio de investigación se realizó en el Laboratorio Taller de Aprovechamiento y Maquinaria Forestal y en los laboratorios de Microbiología y Fitoquímica de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicados políticamente en la ciudad de Tingo María, provincia Leoncio Prado y región Huánuco. La identificación de las muestras de madera se realizó en el Laboratorio de Anatomía de la Madera del Departamento de Manejo Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales, en la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.1.1. Coordenadas geográficas

Latitud sur	:	09° 09' 00"
Longitud oeste	:	75° 59' 00"
Altitud	:	641 m.s.n.m.

3.1.2. Zona de vida

Ecológicamente de acuerdo a la clasificación de zonas de vida o de formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIDGE

(1994) la zona de Tingo María se encuentra en la formación vegetal de bosque muy húmedo Premontano Sub Tropical (bhm – PST).

3.1.3. Condiciones climáticas

Temperatura media anual	:	24.2 °C
Precipitación promedio anual	:	3,200 mm
Humedad relativa	:	80 %

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

3.2.1.1. Madera

Se seleccionaron tres especies forestales cuyas muestras fueron recolectadas de las industrias forestales existentes en la zona de Tingo María:

- Quinilla (*Manilkara bidentata* (A. DC.) A. Chev.)
- Tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke)
- Huayruro (*Ormosia* sp.)

3.2.1.2. Hongo xilófago

Se empleó un hongo xilófago que fue provisto por la Universidad Nacional Agraria La Molina, FCF- UNALM Departamento Académico de Industrias Forestales - Sección de Sanidad de la Madera.

Nombre científico: *Pycnopurus sanguineus* (L.:Fr) Murrill.

3.2.1.3. Medio de cultivo

Se utilizó el sustrato estándar agar – malta, empleado para el cultivo cuya composición fue de: 25 g de Agar – agar, 20 g de extracto de malta, 20 g de dextrosa, 1 g de peptona y 1000 cm³ de agua destilada.

3.2.1.4. Cámaras de pudrición

Se emplearon botellas de vidrio con las siguientes características: Forma cilíndrica, altura de 11 cm, diámetro de 5 cm y tapa de metal sin forro.

3.2.2. Equipos e instrumentos

3.2.2.1. Preparación de probetas

Se utilizaron en los laboratorios Taller de Tecnología y Aprovechamiento de la Madera y Fitoquímica como: garlopa, sierra circular, lijas, wincha, estufa con termostato regulable, autoclave de esterilización, desecador de laboratorio, provisto de sustancia higroscópica, pinzas de metal, tamizador, balanza eléctrica de 0.1 g de precisión.

3.2.2.2. Preparación de medio de cultivo

Para la preparación de medios de cultivo se utilizaron: tapones de algodón, soporte con anillo, cocina eléctrica, mechero de bunsen a gas, trípode

y malla de amianto, placas petri, guantes protectores, mascarillas, mandil, balanza digital de 0.01 gramos de precisión, auto clave de esterilización, frascos de vidrio, aza micológica y aza de siembra.

3.2.2.3. Equipos analíticos

Los equipos analíticos utilizados fueron: balones de cuello esmerilado, balón cuello largo, refrigerantes a reflujo, extractor Soxhlet, peachímetro, bomba al vacío, guantes protectores, equipo de extracción química, incubadora, matraz, papel filtro, crisol, bomba de vacío.

3.2.2.4. Reactivos

Los reactivos utilizados fueron: agua destilada, desinfectantes como: clorox (lejía), alcohol de 96°, benceno, ácido nítrico de 40° Bme.

3.2.2.5. Para el registro de información

La información de campo y laboratorio fueron registrados con: cámara fotográfica, libreta de anotaciones y computadora Toshiba Corei3.

3.3. Metodología

Para determinar la durabilidad natural se emplearon madera del duramen de las especies forestales antes mencionadas. Como referencia se utilizó la norma ASTM D2017-71 que establece los siguientes pasos:

3.3.1. Preparación de probetas de madera

Se elaboraron probetas de 2.5 x 2.5 x 2.5 cm, convenientemente orientadas. Se empleó 10 probetas por cada especie. Se determinó el peso seco inicial (PSI) mediante secado al horno por 24 horas a 105°C (± 1 °C) hasta peso constante, y luego se esterilizó en húmedo a 110 °C y 1 Kg/cm² de presión por 15 minutos.

3.3.2. Preparación del medio de cultivo

El medio de cultivo que se utilizó corresponde a agar-malta, a una concentración de 2% agar y 3% malta, y cuya preparación se desarrolló de la siguiente forma: En primer lugar se hizo hervir agua destilada en un matraz, luego se pesó las cantidades necesarias de agar-agar y extracto de malta, y se disolvió en forma separada para luego mezclar ambas soluciones gradualmente. La mezcla se calentó por hasta obtener consistencia adecuada. Una vez preparado el medio de cultivo, se verificó el pH adecuado (5.5) para el desarrollo del hongo. Se colocaron 50 ml. aproximadamente de la solución en cada frasco kolle, dejando enfriar y se taparon con algodón.

3.3.3. Preparación de las cámaras de pudrición

En botellas de 200 ml se adicionaron 15 ml de este medio en cada una de las botellas estériles y después de solidificarlo el agar en forma vertical, El conjunto se esterilizó a 120 °C y 1 Kg/cm² de presión por 20 minutos. Se colocó el repique del hongo xilófago (previamente cultivado en placas petri)

sobre la tira de madera y se dejó en incubador (con las tapas abiertas ¼ de vueltas) durante tres semanas.

3.3.4. Acondicionamiento de las probetas de madera

Luego de tres semanas del desarrollo del hongo, se colocó una probeta de madera esterilizada con la sección transversal sobre el manto micelial del hongo y se cultivó por espacio de tres meses (90 días) iniciándose así la pudrición.

3.3.5. Cálculo de la pérdida de peso

Luego del período de exposición, las probetas fueron extraídas de la cámara de pudrición, se le eliminó la vegetación fungosa de la superficie, luego se llevó al horno a 105 °C (± 1 °C) por 24 horas hasta lograr el peso constante, registrando dichos valores como el peso seco final (PSF), producto de la acción destructiva del hongo. El porcentaje de pérdida de peso (%PP) se calculó con la siguiente fórmula:

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

Donde:

PSI : peso seco inicial (g).

PSF : peso seco final (g).

%PP : pérdida de peso (%)

100 : Factor de conversión de porcentaje

Los valores de %PP se interpretaron según la Norma ASTM D2017-71, tal como se muestra en el Cuadro 2, donde se indica la clasificación de la especie por su durabilidad natural.

3.3.6. Cálculo de extractivos

El cálculo de extractivos se realizó a través de la norma TAPPI T 05-59, usando como solvente al alcohol benceno $\%E_{AB}$, de donde se obtienen ceras, grasas, aceites, resinas, colorantes orgánicos (clorofila), taninos, gomas e inclusive algunos materiales solubles en agua; y, el método SOVARD para calcular el porcentaje de extractivo soluble en agua caliente. ($\%E_{H_2O}$). De donde se obtienen sales orgánicas, azúcares, gomas, pectinas tales como galactanos, porciones de taninos y pigmentos. Donde se emplearon las siguientes fórmulas:

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

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

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

Donde:

$\%E_{AB}$: Extractivos solubles en Alcohol Benceno (%).

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

$\%E_T$: Extractivos totales (%).

PS_1 : Peso de aserrín seco (g).

PS_2 : Peso de aserrín seco tratado con AB (g).

PS_3 : Peso de aserrín seco tratado con agua caliente (g).

3.3.7. Determinación de celulosa

Se colocan 2 g de aserrín, libre de extractivos y se coloca en una capsula previamente pesada. Se llevó a la estufa a 110 °C por una hora y se colocó en un desecador y se pesó, estos 2 gramos se colocan en un balón con el refrigerante a reflujo. En un vaso precipitado se agregó 10 ml de NO_3H y 40 ml de alcohol de 90°, se echó esta mezcla al balón que contiene el aserrín y llevar a ebullición suave (baño maría) con refrigerante a reflujo. Luego de 1 hora de ebullición, decantar el líquido sobre el filtro, reemplazar por 50 ml de una nueva mezcla de nitro alcohólica y se hizo bullir por otra hora, repitiendo por tercera vez esta operación para luego filtrar bajo vacío. El residuo se lava con agua caliente y se seca a 105°C hasta conseguir el peso constante.

Para calcular el porcentaje de celulosa en la muestra del ensayo se usó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Celulosa} = \frac{(Wc \text{ Cel} - Wc)}{Wm \times K} \times 100$$

$$WcCel - Wc = Wcel$$

Donde:

W_{cCel} : peso del crisol con la celulosa

W_c : peso del crisol

W_{cel} : peso de la celulosa

W_m : peso de la muestra = 2 g

K : constante de fracción de la masa seca

3.3.8. Cálculo de cenizas

Para la determinación de cenizas se usó la norma ISO R 1762. Se tomaron 4 g de aserrín, colocándose en un crisol de peso conocido. La madera se secó hasta obtener un peso constante. Después se quemó directamente con una flama hasta que ésta desapareció y se introdujo en una mufla a $575 \pm 25^\circ\text{C}$ durante un período de 3 horas o hasta que todo el carbón se quemó, indicado por la desaparición de partículas negras. La muestra se dejó enfriar en un desecador y se pesó. El porcentaje de cenizas se calculó en base al peso anhidro de la muestra. El porcentaje de cenizas se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ cenizas} = \frac{W_c}{W_m \times K} \times 100$$

Donde:

W_c : Peso de la cenizas

Wm : Peso de la muestra inicial

3.3.9. Cálculo de la densidad básica

Se tomaron 10 probetas de cada especie en estudio, se remojaron en agua durante 24 horas, hasta quedar saturadas, luego se determinó su volumen, inicialmente se pesó un vaso con agua y se pesó, la diferencia viene a ser el volumen de la madera. Una vez obtenido el volumen se colocan en la estufa a $100^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, seguidamente se puso en el desecador y se pesó. Obteniendo el peso seco al horno. La densidad básica se determinó mediante la norma IRAM 9544, utilizando la siguiente relación:

$$DB = \frac{PSh}{Vs}$$

Donde:

DB : densidad básica (g/cm^3)

PSh : peso seco al horno (g)

Vs : volumen saturado (cm^3)

3.3.10. Análisis estadísticos

Para el análisis de la acción del hongo xilófago sobre las tres especies forestales, se realizó la correlación en la pérdida de peso, para ello los coeficientes de correlación entre los porcentajes promedios totales de pérdida de peso y densidad básica de la madera a 95% de significancia.

IV. RESULTADOS

4.1. Durabilidad natural de la madera de tres especies forestales en base a la resistencia a la pudrición en fase laboratorio

4.1.1. Promedio de pérdida de peso (%) en muestras de madera de tres especies forestales

Las muestras de madera de las tres especies forestales donde se aplicó el hongo, presentaron variación o pérdida de peso expresada en porcentaje, tal como se muestra en el Cuadro 5, donde quinilla colorada (*Manilkara bidentata*), ha perdido en promedio 0.82 g que representa el 5.15% de su peso inicial. Asimismo, tornillo (*Cedrelinga cateniformis*) ha perdido en promedio 0.19 g que representa el 1.73% de su peso inicial. De igual manera, *Ormosia sp.* (huayruro) ha perdido en promedio 0.85 g el cual representa en promedio el 8.46% de su peso inicial.

Cuadro 5. Promedio de pérdida de peso (%) de las tres especies forestales.

Especie	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Pérdida peso (%)	Código
<i>M. bidentata</i>	16.05	15.23	5.15	AR
<i>C. cateniformis</i>	10.57	10.38	1.73	AR
<i>Ormosia sp.</i>	10.10	9.25	8.46	AR

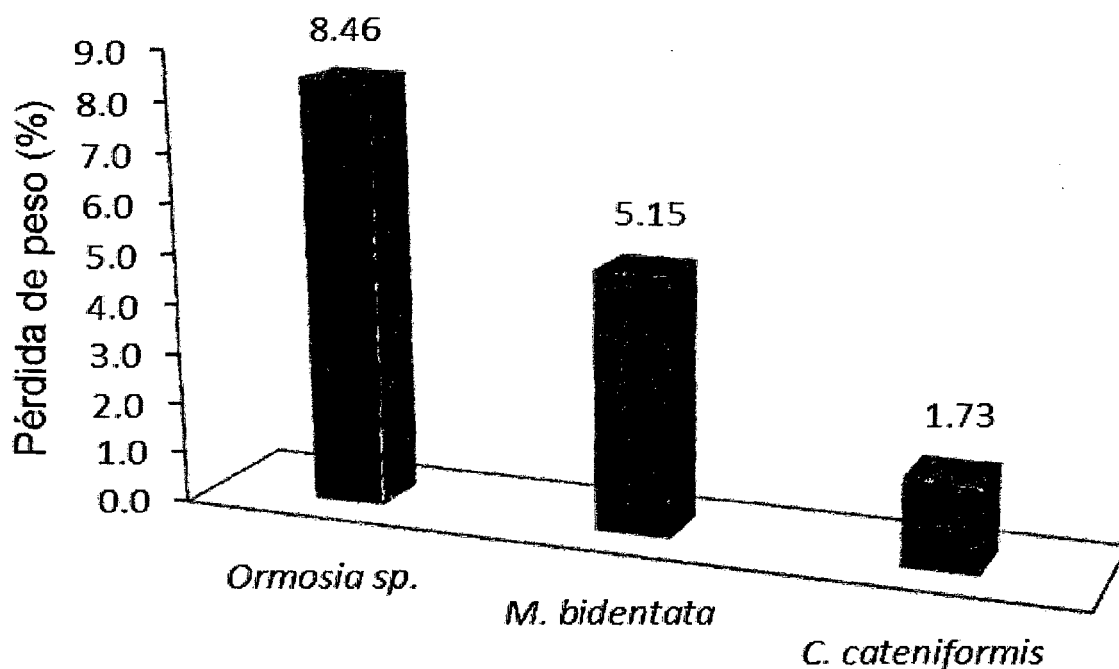


Figura 3. Promedio de pérdida de peso (%) en muestras de madera de tres especies forestales.

4.2. Contenido de las muestras de madera de tres especies forestales

4.2.1. Determinación del porcentaje de extractivos con alcohol benceno

Se ha determinado el promedio del porcentaje de extractivos con alcohol benceno de las tres especies en estudio, de las cuales, *Ormosia sp.* tiene el promedio de porcentaje de extractivos más alto con 7.708%, tal como se observa en el Cuadro 6, luego está *Cedrelinga cateniformis* con un promedio del porcentaje de extractivos de 6.705% y, finalmente *Manilkara bidentata* con un promedio de porcentaje de extractivos de 5.641%. los extractivos en alcohol benceno para las tres especies forestales no sobrepasaron literalmente del 10% de la composición de la madera.

Cuadro 6. Porcentaje del contenido de extractivos con alcohol – benceno.

Especie	Nombre científico	Promedio de extractivos (%)
Huayruro	<i>Ormosia sp.</i>	7.708
Tornillo	<i>C. cateniformis</i>	6.705
Quinilla	<i>M. bidentata</i>	5.641

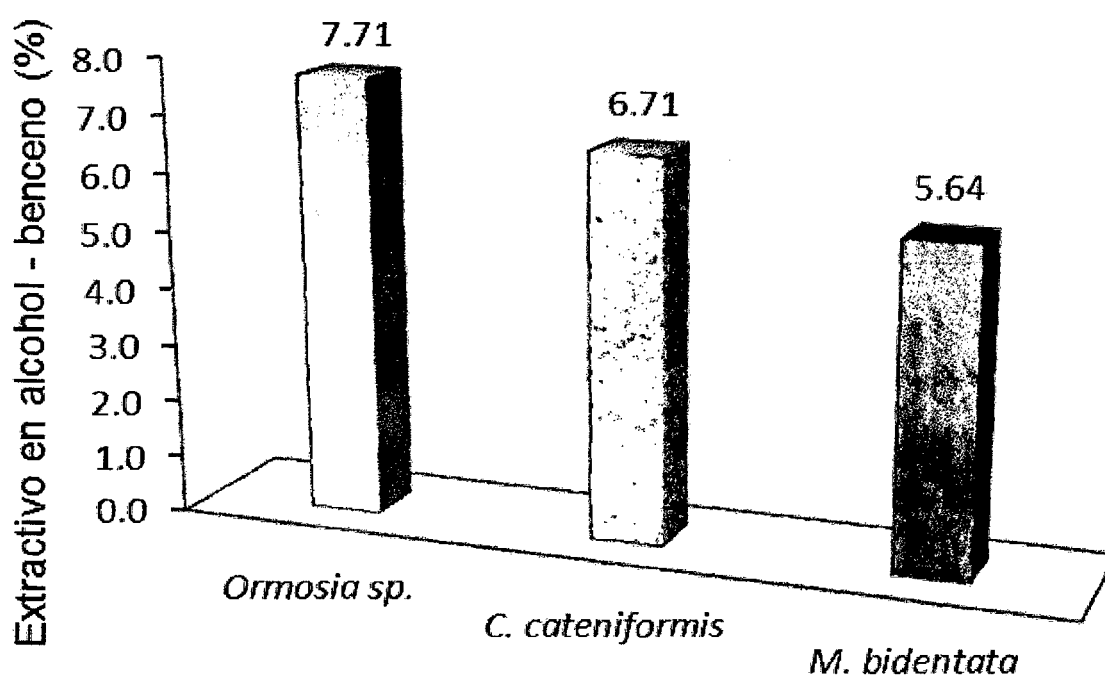


Figura 4. Extractivos (%) con alcohol – benceno en maderas de tres especies forestales.

4.2.2. Determinación del porcentaje de extractivos con agua caliente

Se ha determinado el promedio del porcentaje de extractivos con agua caliente de las tres especies en estudio, de las cuales, *Manilkara bidentata* tiene el promedio de porcentaje de extractivos más alto con 9.616%,

tal como se observa en el Cuadro 7, luego está *Ormosia sp.* con un promedio del porcentaje de extractivos de 5.061% y, finalmente *Cedrelinga cateniformis* con un promedio de porcentaje de extractivos de 2.737%. La muestra de madera de la quinilla presentó casi el doble de extractivos que el huayruro.

Cuadro 7. Porcentaje del contenido de extractivos con agua caliente de las tres especies forestales.

Especie	Nombre científico	Promedio de extractivo (%)
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	9.616
Huayruro	<i>Ormosia sp.</i>	5.061
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	2.737

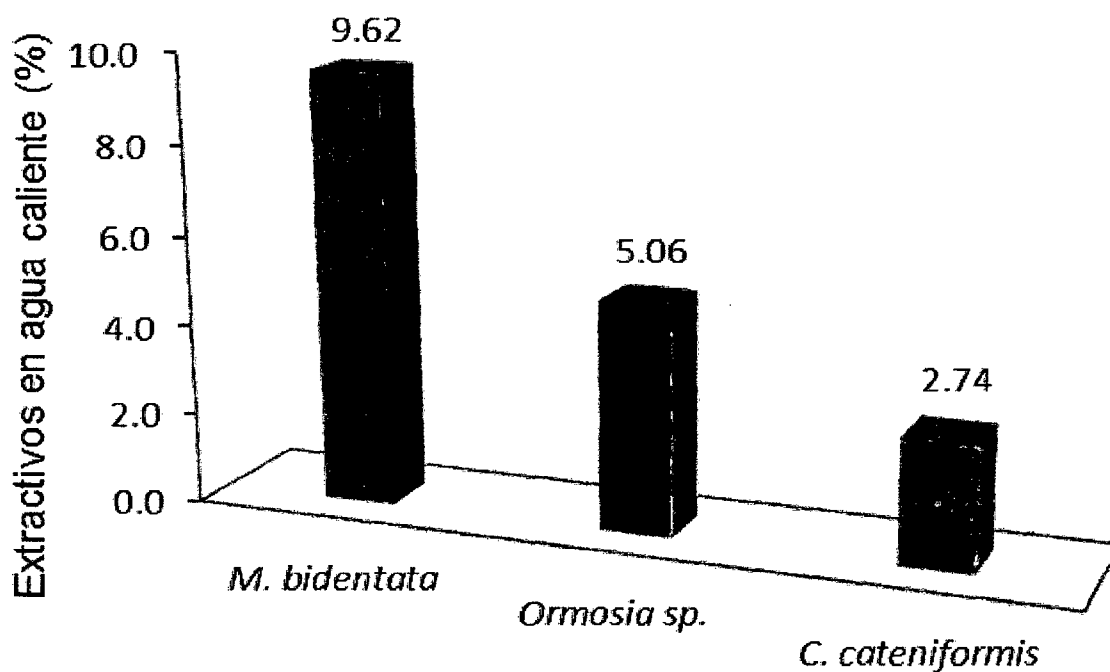


Figura 5. Promedio del porcentaje de extractivos obtenidos con agua caliente de las tres especies forestales.

4.2.3. Determinación del contenido de cenizas (%)

Se ha determinado el porcentaje del contenido de cenizas de las muestras de madera de las especies en estudio, que la especie *Ormosia sp.* tiene porcentaje de cenizas más alto con 0.192%, tal como se observa en el Cuadro 8, luego está *Cedrelinga cateniformis* con un porcentaje de cenizas de 0.042% y, finalmente *Manilkara bidentata* con 0.041% de cenizas.

Cuadro 8. Porcentaje del contenido de cenizas.

Especie	Nombre científico	Promedio de ceniza (%)
Huayruro	<i>Ormosia sp.</i>	0.192
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	0.042
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	0.041

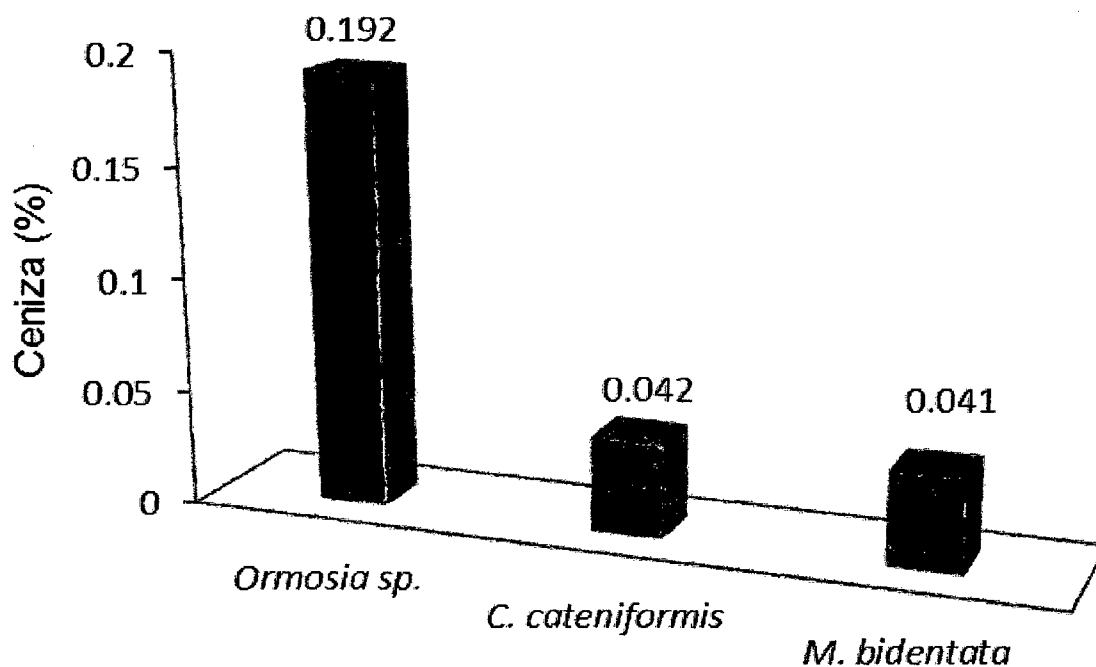


Figura 6. Promedio del porcentaje de ceniza (%) en tres especies forestales.

4.2.4. Determinación del porcentaje del contenido de celulosa (%)

Se ha determinado el porcentaje del contenido de celulosa de las muestras de madera de las especies en estudio, de las cuales, se ha encontrado que la especie *Ormosia sp.* tiene el porcentaje de celulosa más alto con 50.69%, tal como se observa en el Cuadro 9, seguidamente está la especie *Cedrelinga cateniformis* con un porcentaje de celulosa de 44.44% y, finalmente la especie *Manilkara bidentata* con un porcentaje de celulosa de 38.81%.

Cuadro 9. Porcentaje de celulosa en las muestras evaluadas.

Especie	Nombre científico	Promedio de celulosa (%)
Huayruro	<i>Ormosia sp.</i>	50.69
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	44.44
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	38.81

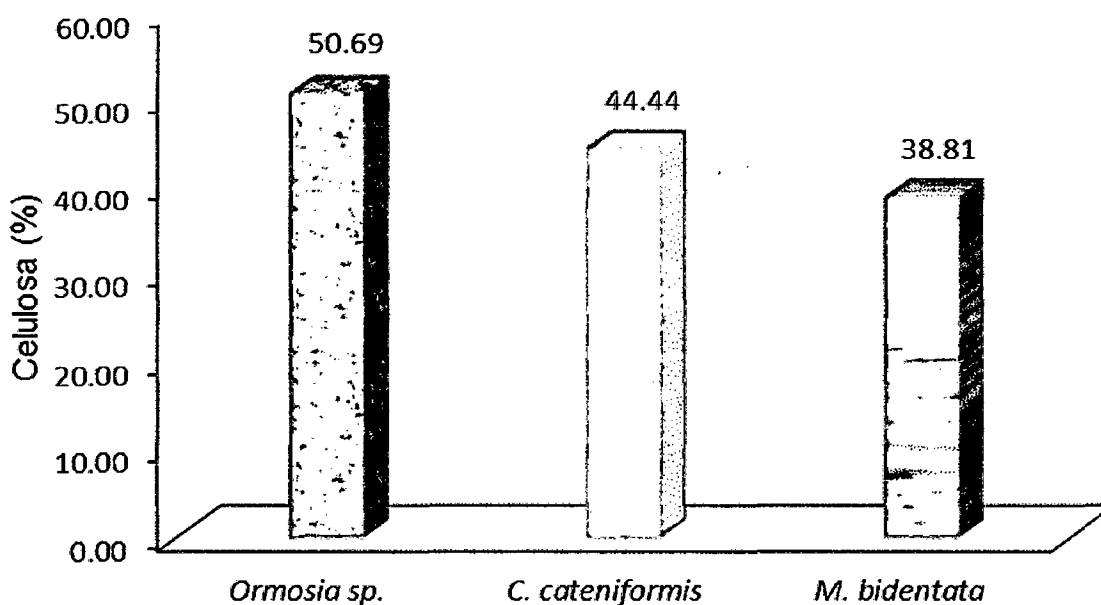


Figura 7. Cantidad de celulosa (%) en la madera de tres especies forestales.

4.2.5. Determinación del porcentaje de humedad (%)

Se ha determinado el porcentaje del contenido de humedad de las muestras de madera de las especies en estudio, de las cuales, se ha encontrado que la especie *Ormosia sp.* tiene el porcentaje de humedad más alto con 23.06%, tal como se observa en el Cuadro 10, seguidamente está la especie *Cedrelinga cateniformis* con un porcentaje de 18.19% y, finalmente la especie *Manilkara bidentata* con un porcentaje de 14.05%.

Cuadro 10. Porcentaje del contenido de humedad.

Especies	Nombre científico	Promedio de humedad (%)
Huayruro	<i>Ormosia sp.</i>	23.06
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	18.19
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	14.05

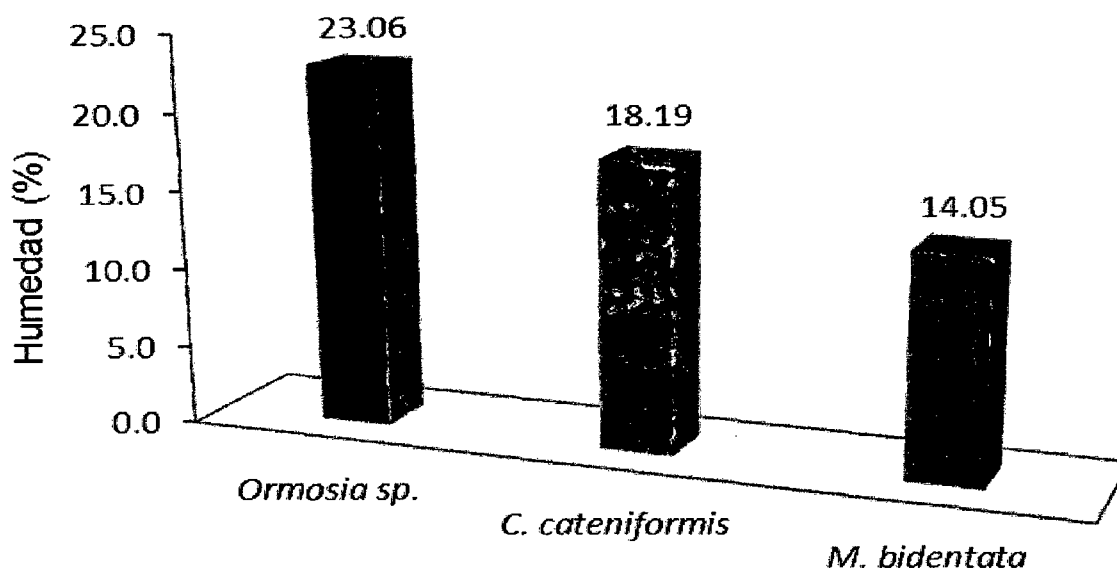


Figura 8. Contenido de humedad (%) en la madera de tres especies forestales.

4.2.6. Determinación de la densidad básica (g/cm³)

Se ha determinado el promedio de la densidad básica de las muestras de madera de las especies en estudio, de las cuales, se ha encontrado que *Manilkara bidentata* tiene el promedio de densidad básica más alto con 0.88 g/cm³, tal como se observa en el Cuadro 11, seguidamente está *Cedrelinga cateniformis* con un promedio de densidad básica de 0.60 g/cm³ y, finalmente *Ormosia sp.*, con un promedio de densidad básica de 0.59 g/cm³.

Cuadro 11. Promedio de la densidad básica.

Especie	Nombre científico	Promedio de densidad básica (g/cm ³)
Quinilla	<i>Manilkara bidentata</i>	0.88
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	0.60
Huayruro	<i>Ormosia sp.</i>	0.59

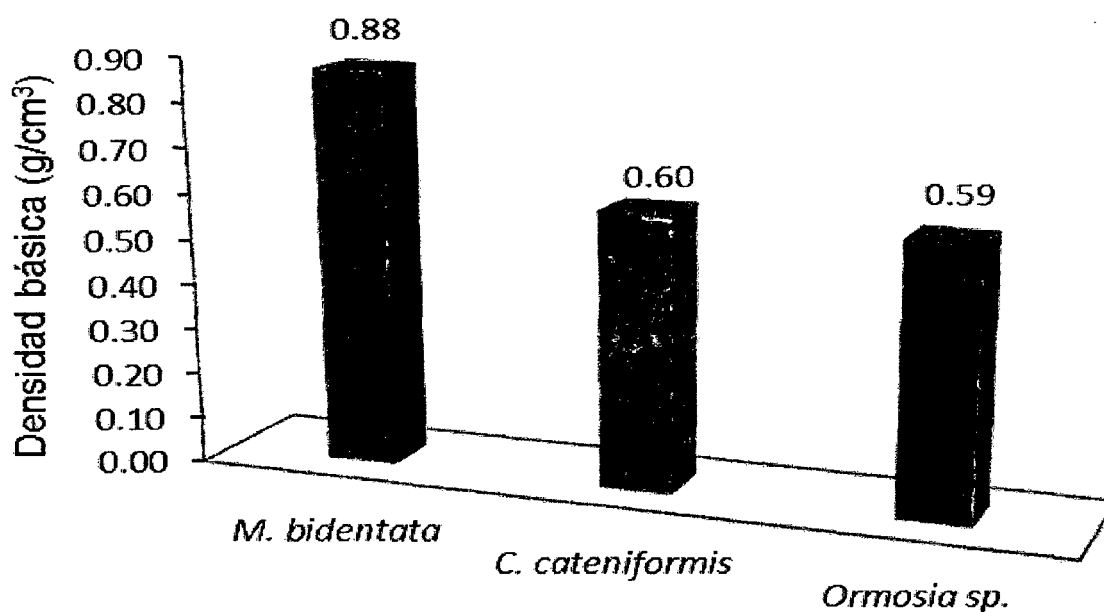


Figura 9. Densidad básica (gr/cm³) en maderas de tres especies forestales.

4.3. Correlación entre las variables evaluadas en la investigación para las tres especies forestales

Se ha encontrado correlación significativa entre el contenido de humedad en las muestras de la madera con la pérdida de peso, así como también entre el contenido de humedad con la densidad básica y los extractivos con la densidad básica, mientras que no hubo correlación entre la densidad básica con la pérdida de peso (Cuadro 12). Al determinar la correlación entre las variables evaluadas para cada especie, no se ha encontrado diferencias estadísticas debido a la variación de los resultados que se registraban para cada repetición.

Cuadro 12. Correlación entre las variables para las tres especies forestales.

Variables en estudio	Especies forestales			Total
	<i>M. bidentata</i>	<i>C. cateniformis</i>	<i>Ormosia</i> sp.	
CH (%) con peso (%)	-0.0912 ^{ns}	-0.0279 ^{ns}	-0.2343 ^{ns}	0.468*
CH (%) con DB (g/cm ³)	-0.5551 ^{ns}	0.1038 ^{ns}	-0.0216 ^{ns}	-0.777*
DB (g/cm ³) con peso (%)	-0.5486 ^{ns}	-0.4101 ^{ns}	-0.5149 ^{ns}	-0.043 ^{ns}
Extractivos con ceniza (%)	-0.0153 ^{ns}	-0.9994*	0.8343 ^{ns}	-0.4027 ^{ns}
Extractivos con DB (g/cm ³)	-0.1186 ^{ns}	0.9854 ^{ns}	0.5606 ^{ns}	0.7534*

ns: no presenta correlación significativa; *: correlación significativa.

El registro de la relación entre la pérdida de peso (%) con la humedad en las muestras de madera, ha otorgado resultados aglomerados por

cada especie en estudio, debido a sus características particulares de cada especie, motivo por el cual el coeficiente de correlación generado solo alcanza 0.468 que representa una correlación positiva media.

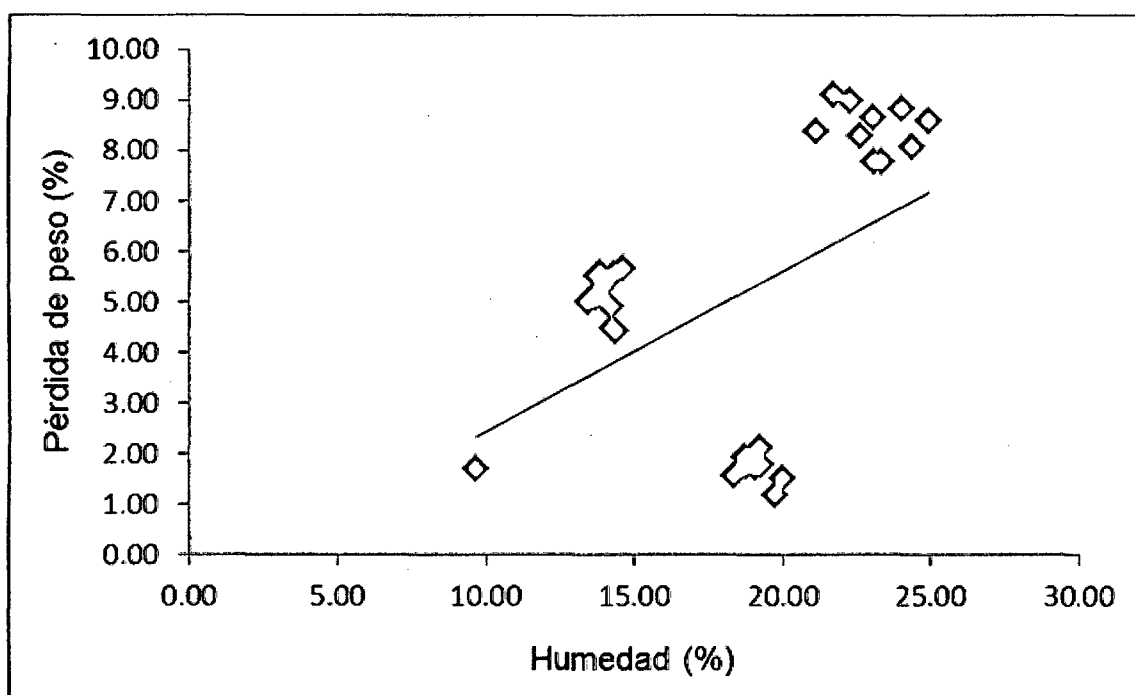


Figura 10. Relación entre la pérdida de peso y la humedad.

El registro de la relación entre la densidad básica con la humedad en las muestras de madera, ha otorgado resultados aglomerados por cada especie en estudio, debido a sus características particulares de presenta cada especie, motivo por el cual el coeficiente de correlación generado solo alcanza un valor de -0.777 que representa una correlación negativa media (Figura 11), la cual representa que a menor humedad, mayor es la densidad básica.

La determinación de la relación entre las variables densidad básica (g/cm^3) con la variación de peso en las muestras de madera, ha otorgado resultados acumulados para cada especie en estudio, debido a sus

características particulares de cada especie, motivo por el cual el coeficiente de correlación generado alcanza 0.043 que representa una correlación positiva débil (Figura 12).

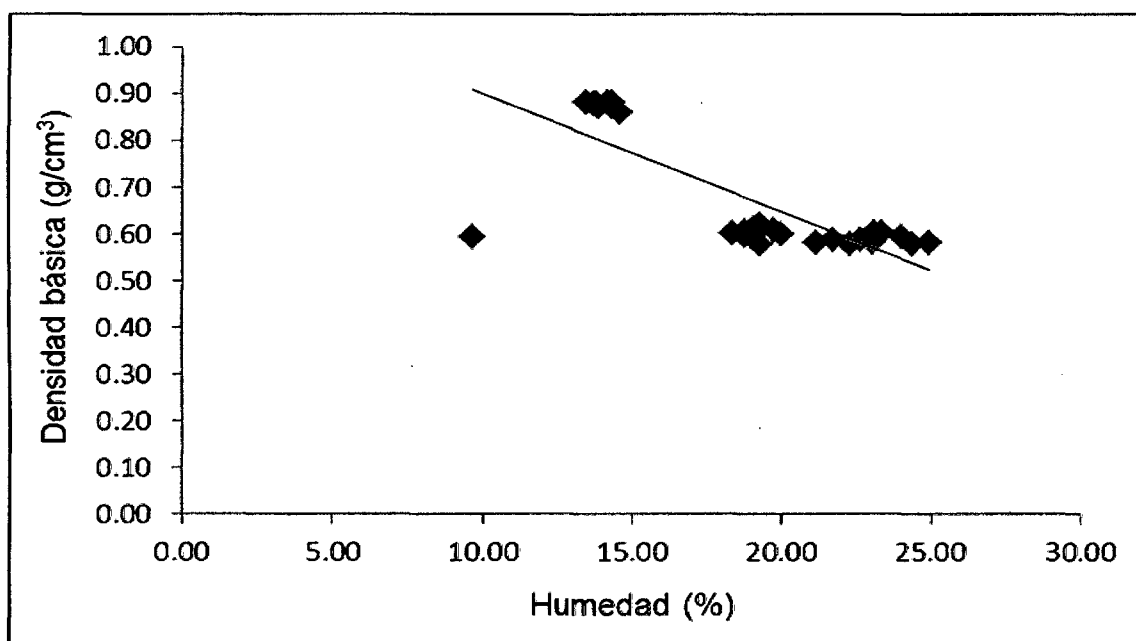


Figura 11. Relación entre la densidad básica y la humedad.

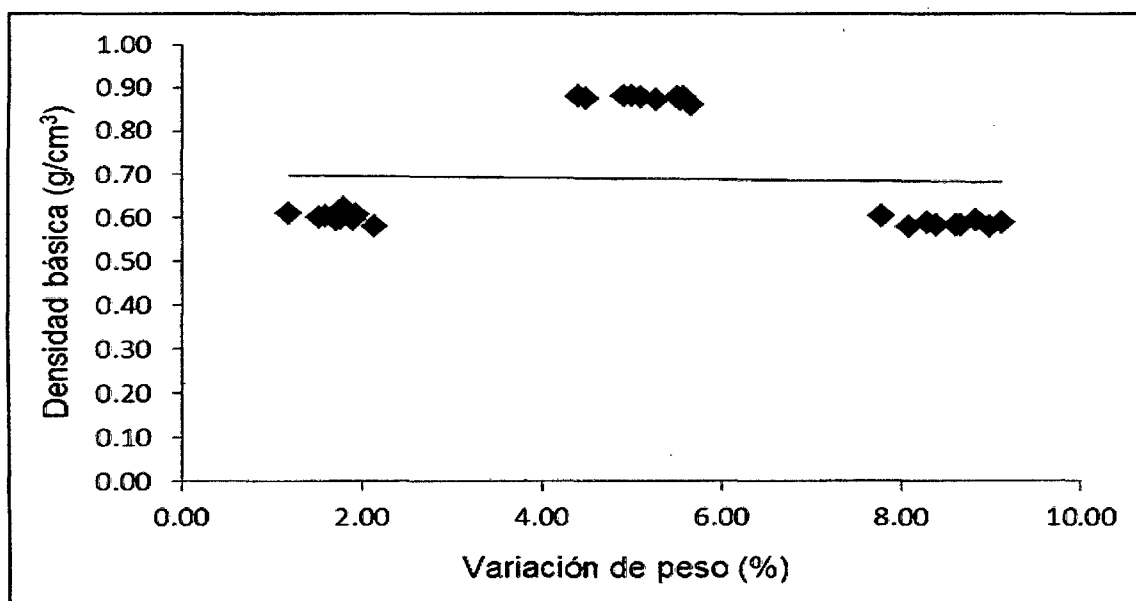


Figura 12. Relación entre la densidad básica y la pérdida de peso.

V. DISCUSIÓN

5.1. Pérdida de peso (%)

Según los resultados obtenidos, las tres especies en estudio, son altamente resistentes (AR) al ataque del hongo *Pycnopus sanguineus* (L.:Fr) Murrill., puesto que sólo han perdido entre 1 y 9% de su peso original, cuyo resultado coincide con lo que menciona NOVOA (2006), mediante la tabla de clasificación de la madera según pérdida de peso, donde indica que las especies maderables que por incidencia de un agente xilófago (hongo) pierden peso entre 0 - 10%, son altamente resistentes (AR).

Asimismo, dichas especies por su alta resistencia al ataque del hongo *Pycnopus sanguineus* (L.:Fr) Murrill., son clasificadas como especies maderables de categoría o clase "A" o altamente resistentes, tal como menciona la Norma ASTM: D-2017 – 71.

De igual manera, la muestra de madera de la especie huayruro (*Ormosia* sp.) presentó mayor promedio de pérdida de peso en comparación a los demás especies. La siguiente especie que perdió peso fue quinilla colorada (*M. bidentata*) y en menor porcentaje fueron las muestras de madera de la especie tornillo (*C. cateniformis*). En este sentido, la especie que tiene más durabilidad frente al ataque del hongo *Pycnopus sanguineus* (L.:Fr) Murrill.,

en condiciones de laboratorio es *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) con un promedio de pérdida de peso de 1.73%, luego viene *Manilkara bidentata* (A. DC.) con un promedio de pérdida de peso de 5.15% y finalmente, *Ormosia sp.* con un promedio de pérdida de peso 8.46%.

Este resultado coincide con lo que menciona JUNAC (1988), cuando dice que la Quinilla es altamente resistente al ataque de hongos e insectos, pero muy poco resistente al ataque de perforadores marinos. Posee una duración en uso exterior superior a 15 años.

Para el caso de *Cedrelinga cateniformis*, coincide con lo que con lo que menciona MOYA *et al.* (2007), cuando dice que la albura del Tornillo es susceptible al ataque biológico, las piezas con albura requiere ser preservada por sistema de vacío presión; el duramen es resistente y por ello las piezas enteramente de duramen no requieren de preservación.

Asimismo, el resultado obtenido respecto a la madera de Huayruru difiere con lo que menciona CITEMADERA (2008), cuando considera que su madera es de durabilidad natural media ante el ataque de hongos y termitas, sin embargo, presenta alta durabilidad contra la acción de otros insectos de madera seca. Además, indica que es una madera de escasa impregnabilidad pero dada su durabilidad natural media no necesita ser preservada.

No obstante, según Findlay (1951), citado por BOBADILLA *et al.* (2005) menciona que el hongo *Pycnoporus sanguineus* ataca a las especies maderables quienes pierden entre el 10% y 20% de su peso por efecto de los

hongos xilófagos, se ubican en la categoría de moderadamente resistentes, mientras que las especies forestales maderables que pierden entre el 20% y 30% de su peso, por lo que son clasificadas como no resistentes al ataque de los hongos xilófagos, por lo tanto, estas categorías no corresponden a ninguna de las tres especies forestales en estudio.

5.2. Del contenido de extractivos (%) con alcohol benceno

En los resultados se indica la determinación del porcentaje de extractivos con alcohol benceno de las muestras de madera de las especies en estudio, siendo *Ormosia sp.* la especie que tiene el mayor promedio de porcentaje de extractivos, seguido de *Cedrelinga cateniformis* y finalmente *Manilkara bidentata*.

En este sentido, es preciso mencionar que la mayor o menor durabilidad natural de una madera depende del mayor o menor contenido de resinas, taninos, aceites, etc. que impregnan sus tejidos. Asimismo, el duramen contiene más sustancias protectoras que la albura, por lo que es más resistente, tal como menciona MIRELES (2011).

En consecuencia, estos resultados indican una diferencia significativa en función a la cantidad y calidad de extractivos que contiene la madera de las tres especies en estudio, de las cuales, la madera de *Manilkara bidentata* contiene abundante látex blanco y pegajoso, tal como menciona MALDONADO y CERVANTES, s/d. Asimismo, MOYA *et al.* (2007), indican que *Manilkara bidentata* contiene gomas dentro de los poros.

Además, las coloraciones oscuras corresponden a sustancias que reducen la absorción del agua o a extractos que pueden ser tóxicos para los hongos que degradan la madera, tal como menciona BOBADILLA *et al.* (2005). Asimismo, coincide con lo que menciona MOYA *et al.* (2007), cuando indica que el duramen de *Manilkara bidentata* es de color marrón amarillento.

Por otro lado, la madera de *Cedrelinga cateniformis* contiene sustancias o compuestos irritantes, las cuales son liberadas al momento de ser aserradas, lo cual, coincide con lo que menciona MOYA *et al.* (2007) cuando indican que la madera de *Cedrelinga cateniformis* presenta olor distintivo, y es urticante al aserrarse.

5.3. Del contenido de extractivos (%) con agua caliente

En los resultados se indica la determinación del porcentaje de extractivos con agua caliente de las muestras de madera de las especies en estudio, siendo en este caso *Manilkara bidentata* la especie que tiene el promedio de porcentaje de extractivos más alto con 9.62%, seguido de *Ormosia sp.* con un promedio del porcentaje de extractivos de 5.06% y, finalmente *Cedrelinga cateniformis* con un promedio de porcentaje de extractivos de 2.74%.

En consecuencia este resultado corrobora lo que menciona BOBADILLA (2005), cuando dice que entre las especies durables, la naturaleza y cantidad de los extractivos del tejido leñoso son muy variables. Algunas veces, la durabilidad es debida a la toxicidad para los hongos de los

compuestos que se solubilizan en el alcohol-benceno, otras en cambio se deben a los solubles en agua caliente.

Dichos resultados se encuentran en un rango de 0.3 – 11.0%, del porcentaje de peso de la composición química de la madera, tal como menciona IGARZA *et al.* (2005), cuando indica que los extractivos de Latifoliadas obtenidos con agua caliente se encuentran en dicho rango. En este sentido los resultados coinciden con lo mencionado.

Sin embargo, los extractivos presentes en la madera de las tres especies en estudio son susceptibles en algunos casos al alcohol benceno y en otros al agua caliente, tal como se indica en párrafos anteriores, donde por ejemplo en *Manilkara bidentata*, el porcentaje de extractivos con alcohol benceno es de 5.64%, mientras que con agua caliente es de 9.62%, lo que demuestra que los extractivos de esta especie son más solubles en agua caliente.

No obstante, sucede lo contrario con *Ormosia sp.* y *Cedrelinga cateniformis*, cuyos extractivos son más solubles en alcohol benceno que en agua caliente.

En este sentido, los resultados obtenidos coinciden con lo que mencionan TRUJILLO y GONZÁLES (1983), cuando dicen que, entre las especies durables, la naturaleza y cantidad de los extractivos del tejido leñoso son muy variables. Algunas veces, la durabilidad es debida a la toxicidad para

los hongos de los compuestos que se solubilizan en el alcohol-benceno, otras en cambio se deben a los solubles en agua caliente.

En este sentido, la durabilidad natural de madera está relacionada directamente con el porcentaje de extractivos presentes en la madera, tal es el caso de la especie *Manilkara bidentata* de la cual se ha determinado un 9,62% de extractivos en la muestra evaluada.

Además, los extractivos son ciertos productos como: aceites esenciales, resinas, gomas, taninos, compuesto fenólicos, sustancias hidrosolubles y diversos productos químicos, presentes en las células del duramen que se forman cuando las células de parénquima pierden el protoplasma y mueren, y es justamente el color oscuro que presenta el duramen de *Manilkara bidentata*, principalmente, por la gran cantidad de extractivos, lo que proporciona mayor durabilidad natural del duramen sobre la albura, lo cual, corrobora la investigación realizada por TRUJILLO y GONZÁLES (1983).

5.4. Del contenido de ceniza (%)

Se ha determinado que el porcentaje del contenido de cenizas de las muestras de madera de las especies en estudio, *Ormosia* sp. tiene el promedio de porcentaje más alto con 0.192%, luego está *Cedrelinga cateniformis* con un promedio del porcentaje de 0.042% y, finalmente *Manilkara bidentata* con un promedio de porcentaje de 0.041%. En este sentido los resultados coinciden con lo mencionado por IGARZA *et al.* (2005), cuando

indica que el peso de cenizas de latifoliadas se encuentran en un rango de 0.1 – 5.4%, del porcentaje de la composición química de la madera.

5.5. Contenido de celulosa

Según los resultados obtenidos se determinó el porcentaje del contenido de celulosa de las muestras de madera de las especies en estudio, donde se encontró que *Ormosia sp.* tiene el porcentaje de celulosa más alto con 50.69%, seguidamente está *Cedrelinga cateniformis* con un promedio del porcentaje de celulosa de 44.44% y, finalmente *Manilkara bidentata* con un promedio de porcentaje de celulosa de 38.81%.

Asimismo, los resultados de celulosa de las muestras, presentaron un rango de 38.81 – 50.69%, el cual coincide con lo mencionado por IGARZA *et al.* (2005), cuando indica que en la composición química de la madera para latifoliadas, la celulosa se encuentra en un rango de 31.1 – 64.4%.

No obstante, según TRUJILLO (1992) la madera comprende de 45% de celulosa, el cual no coincide con el resultado de la especie *Ormosia sp.* con 50.69% de celulosa, mientras que las especies *Cedrelinga cateniformis* y *Manilkara bidentata* se encuentran dentro del rango.

5.6. Contenido de humedad

Según los resultados obtenidos el porcentaje del contenido de humedad de las muestras de madera de las especies en estudio, se ha

encontrado que *Ormosia sp.* tiene el promedio de porcentaje de humedad más alto con 23.06%, seguidamente está *Cedrelinga cateniformis* con un promedio del porcentaje de humedad de 18.19% y, finalmente *Manilkara bidentata* con un promedio de porcentaje de humedad de 14.05%.

En este sentido, podemos explicar que el contenido de humedad influye en el ataque del hongo sobre la muestra de madera, es decir, para el caso de *Ormosia sp.* se ha perdido en promedio 8.46% de su peso inicial y a la vez, según los resultados es la especie que tiene mayor contenido de humedad (23.06%) en función a *Cedrelinga cateniformis* (18.19%) y *Manilkara bidentata* (14.05%).

Por otro lado, el contenido ideal de humedad para el hongo se sitúa por encima del punto de saturación de las fibras, entre 30 y 50%, tal como menciona DURAND (1980). Asimismo, la madera con un contenido de humedad menor a 20% se puede considerar inmune al ataque. Además, la cantidad de aire necesaria para que se dé la pudrición equivale a más del 20% de volumen de la madera, tal como menciona JUNAC (1988).

5.7. Densidad básica (g/cm³)

Según los resultados obtenidos, el promedio de la densidad básica de las muestras de madera de las especies en estudio, varía de especie a especie, tal es así que en *Manilkara bidentata* se ha encontrado un promedio de densidad básica de 0.88 g/cm³, mientras que en *Cedrelinga cateniformis* es de 0.60 g/cm³, y en *Ormosia sp.* 0.59 g/cm³.

NICHOLAS (1973) dice que la densidad u otras características físicas de la madera no afectan apreciablemente la resistencia a la pudrición. Además, 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 la madera.

Asimismo, BOBADILLA (2004), menciona que las pudriciones blancas basan su acción en la destrucción más de la lignina que de la celulosa, quedando un resto de celulosa pura de color blanquecino, disminuyendo en consecuencia la densidad del leño y aumentando el contenido de humedad en las zonas afectadas.

La durabilidad es una propiedad de la madera en extremo variable. Varía entre las diferentes especies leñosas, entre los diferentes árboles de una misma especie, y aun dentro de un mismo árbol. Los factores responsables de la durabilidad de la madera son numerosos y variables; algunos dependen de las características y condiciones de la madera misma, otros están relacionados con las circunstancias que concurren en su uso. La gran durabilidad del duramen con respecto a la albura se atribuye a la presencia de algunas condiciones físicas y químicas que suceden en la formación del duramen, tal como mencionan GUEVARA y LLÚNCOR (1993).

Además, se ha encontrado alto valor del coeficiente de variación, debido a que las especies empleadas en la investigación presentaron diferentes características y propiedades, las cuales le asignan diferentes

comportamientos frente al ataque del hongo (durabilidad), consideraciones similares indica CALZADA (1976), considerando que el coeficiente de variación en un dato de campo depende de muchos factores, tales como: heterogeneidad del suelo, diseño experimental, colocación de las parcelas, área de las parcelas, cultivo, desuniformidad en los riesgos, enfermedades, plagas, fallas de plantas, operaciones culturales, etc.

5.8. Correlación entre los porcentajes promedios totales de pérdida de peso de la madera con densidad básica de las especies en estudio

De acuerdo los resultados obtenidos se tiene que existe correlación entre el porcentaje de pérdida de peso y contenido de humedad, así como el contenido de humedad con la densidad básica, además no se ha encontrado correlación entre la pérdida de peso con la densidad básica coincidiendo a lo encontrado por TRUJILLO (1992), en un estudio de laboratorio al encontrar que la densidad básica no tiene correlación con la pérdida de peso, no determina significativamente la resistencia de la madera, pudiéndose deber a otros factores como los extractivos de la madera, los mismos que no se pudieron realizar la correlación por falta de números de repeticiones.

Este resultado afirma con lo que menciona NICHOLAS (1973), cuando dice que la densidad u otras características físicas de la madera no afectan apreciablemente la resistencia a la pudrición. Además, 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 la madera.

VI. CONCLUSIONES

1. Las tres especies en estudio según el promedio de pérdida de peso se clasifican en el rango de especies Altamente Resistentes (AR) al ataque del hongo *Pycnoporus sanguineus* en condiciones de laboratorio.
2. La especie forestal que presenta mayor durabilidad natural de la madera en base a la resistencia a la pudrición en condiciones de laboratorio es tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), seguido de quinilla colorada (*Manilkara bidentata*) y en tercer lugar esta huayruro (*Ormosia sp.*).
3. La especie *Ormosia sp.* ha presentado mayor pérdida de peso, en consecuencia tiene menor durabilidad natural, seguido de *M. bidentata* y en menor porcentaje la especie *Cedrelinga cateniformis*, siendo este último de mayor durabilidad natural.
4. El porcentaje de extractivos para las tres especies en estudio, resultaron ser más susceptibles al alcohol benceno que en agua caliente, con excepción de *Manilkara bidentata*, cuyas muestras fueron más susceptibles al agua caliente que al alcohol benceno.
5. Las muestras de madera de *Ormosia sp.* registró mayor valor del porcentaje de ceniza, celulosa y contenido de humedad.

6. Según los resultados, la especie forestal con mayor densidad básica es *Manilkara bidentata*, seguido de *Cedrelinga cateniformis* y en tercer lugar *Ormosia sp.*
7. Hubo correlación positiva entre el contenido de humedad (%) con la variación de peso (%), con la densidad básica (g/cm^3) y, también se encontró correlación entre los extractivos con la densidad básica, mientras que no hubo correlación entre la densidad básica con la variación de peso.

VII. RECOMENDACIONES

1. Complementar la investigación para determinar la durabilidad natural de las especies forestales en estudio en fase de campo o cementerio, con la finalidad de corroborar la durabilidad natural de estas especies y contrastar los resultados en condiciones de laboratorio.
2. Para investigaciones similares, los tesisistas deben considerar las variables como la procedencia, edad de los árboles y niveles del fuste para determinar si presenta relación alguna con la durabilidad natural de la madera.
3. Se recomienda realizar estudios complementarios antes y después de que las muestras de madera sean sometidas al hongo xilófago, con la finalidad de comparar los resultados.
4. Realizar estudios similares con la utilización y aplicación de otras especies de hongos xilófagos, a fin de comparar los resultados del presente trabajo de investigación.
5. Para la evaluación del contenido de la madera como extractivos, cenizas y celulosa realizar por lo menos 10 repeticiones.

VIII. ABSTRACT

The investigation was carried out in the area of Technology and Use of the Wood and in the laboratories of Microbiology and Phytochemistry of the Ability of Renewable Natural Resources of the Agrarian National University of the Forest, located in the city of Tingo María, region Huánuco whose purpose was to determine the natural durability of the wood of three forest species of commercial value. The wooden samples of used duramen belong to the species red quinilla (*Manilkara bidentata* A.DC. Chev.), tornillo (*Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke) and huayruro (*Ormosia* sp.) to those that have been induced the mushroom xilófago *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr) Murrill. To determine the natural durability of the wood you the procedures settled down in the norm ASTM D2017-71 continued. It was determined that *Cedrelinga cateniformis*, it presents bigger natural durability of the wood based on the resistance to the rotproof under laboratory conditions, followed by *M. bidentata* and in third place this *Ormosia* sp. Also, *Ormosia* sp. it presents bigger percentage of ash, cellulose, content of humidity and the extractive ones in alcohol benzene, *M. bidentata* with more value of extractive in hot water and the basic density; The while in the other species he/she has not been significant correlation.

Keywords: Durability, *Pycnoporus sanguineus* (L.:Fr) Murrill, cellulose, extractive, wood, cinders.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA. 2011. Madera, generalidades, agentes degradadores. Consejo Superior de Arquitectos. Madrid, España. p 1-11. [En línea]: Infomadera.net, (http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_766_Madera_Agentes%20Degradadores_18.07.2011.pdf, documentos, 20 Oct. 2013).
- ASTM. 1978. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Norma técnica ANSI/ASTM D 2017-71.
- ASTM. 1981. American society for testing and materials. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. D 2017-81 (reapproved 1986). IN: Book of standard method. Part 16. Philadelphia. 317-321. p.
- ASTM. 1994. American Society for Testing and Material. Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. In: ASTM Annual book of Standards American, Vol. 04.10 Wood. Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA. D 2017- 71. pp 324-328.
- ASTM. 1990. Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood. Norma técnica ANSI/ASTM D 2017-78, re-editada en 1990.

- BOBADILLA, E. 2004. Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 135 p.
- BOBADILLA, E., PEREYRA, O., SILVA, F., STEHR, A. 2005. Durabilidad natural de la madera de dos especies aptas para la industria de la construcción. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. 10 p.
- CALVO, J. 2010. Fungipedia. *Ganoderma applanatum* [En línea]: Fingipedia, (<http://www.fungipedia.es/clasificacion-orden/basidiomycota/90-ganodermatales/364-ganoderma-applanatum.html>), documentos, 18 de Oct. 2013).
- CALZADA, J. 1976. Métodos estadísticos. 3 ed. 644 p.
- CASTILLO, A. 2010. Manual dendrológico de las principales especies de interés comercial actual y potencial de la zona del Alto Huallaga. Cámara Nacional Forestal. Lima, Perú. 83 p.
- CITEMADERA. 2008. Compendio de información técnica de 32 especies forestales. Tomo II. 2 ed. Lima, Perú. 74 p. [En línea]: Cites, (http://cites.produce.gob.pe/uploads/Descargas/tomo1_32_Especies.pdf, documentos, 18 Ago. 2013).
- COLÍN, S. 2012. Durabilidad natural de la madera de 10 especies con importancia comercial. Seminarios de postgrado. México. 10 p.

- DOMINGUEZ, J. s/d. Durabilidad, permeabilidad y clases de riesgo. [En línea]: Upm, ([http://da.montes.upm.es/Trabajosyapuntes/conservacion de maderas/Durabilidad Permeabilidad y Riesgo.pdf](http://da.montes.upm.es/Trabajosyapuntes/conservacion_de_maderas/Durabilidad_Permabilidad_y_Riesgo.pdf)., documentos, 20 Oct. de 2013).
- DURAND, T. 1980. Manual de maderas comerciales. 2 ed. Uruguay, Hemisferio sur. 690 p.
- EATON, R., HALE, M. 1993. Wood: decay, pest and protection. London, Inglaterra. 546 p.
- GONZALES, R. 1970. Durabilidad de 53 especies forestales de Yurimaguas. Revista del Perú. 5(1-2):50-74.
- GONZÁLES, V., YATACO, A. s/d. Durabilidad natural de diez maderas de madera de Dios a la acción de tres hongos xilófagos. Revista Forestal Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 14 p.
- GUEVARA, L., LLUNCOR, D. 1993. Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condición de campo. Folia Amazónica. 5 (1-2):13.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2006. Metodología de la investigación. 4 ed. México, McGraw-Hill Interamericana. 850 p.
- IGARZA, U et al. 2005. Apuntes sobre la Composición química de la madera. Edit. Universidad de Pinar del Río, Cuba. [En línea]: Monografías (<http://www.monografias.com/trabajos15/composicion-madera/composicionmadera.shtml#COMPOSIC>, documentos, 15 May. 2008).

- IIAP. 1993. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Durabilidad natural y adquirida de 27 maderas tropicales en condición de campo. *Folia Amazónica*. 5 (1-2):13.
- JUNAC. 1988. Junta del Acuerdo de Cartagena. Manual del Grupo Andino para la preservación de las maderas. Colombia, Carbajal. 405 p.
- JUNAC. 1988. Junta del Acuerdo de Cartagena. Manual del Grupo Andino para la preservación de las maderas. Lima, Perú. 388 p.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1987. Manual del Grupo Andina para la preservación de las maderas. Carbajal, Colombia. 405 p.
- KING, B., HENDERSON, W., MURPHY, M. 1980. A bacterial to wood nitrogen. *Int. Biodet. Bull.* 16:79-84.
- LAGO, M. 2008. Micoflora (Basidiomycota) de los eucaliptales del NO de la Península Ibérica. Universidad del País Vasco. Portugal. 513 p.
- MALDONADO, S., CERVANTES, D. s/d. Propagación vegetativa de quinilla (*Manilkara bidentata*, A.DC.) mediante el enraizamiento de estaquillas utilizando cámara de subirrigación en el distrito de Morales provincia de San Martín. Universidad Nacional de San Martín. 10 p.
- MIRELES, A. 2011. Durabilidad y protección de la madera. [En línea]: Jelovicaspain, (<http://jelovicaspain.blogspot.com/2011/11/durabilidad-natural-y-proteccion-de-la.html>), documentos, 20 Oct. 2013).

- MOYA, R., GÓMEZ, C., RIVERO, J. 2007. Clave de identificación macroscópica para 22 especies maderables de Bolivia. *Revista forestal venezolana*. 51(2):15.
- NICHOLAS, D. 1973. *Wood deterioration and its preservation by preservative treatments*. Tono I. Syracuse University Press. New York.
- NOVOA, L. 2006. *Manual de buenas prácticas de manufactura para la preservación de madera aserrada*. Lima, Perú. 41 p.
- QUIÑONES, M., GARZA, F. 2003. Taxonomía, ecología y distribución de hongos macromicetos de bosque modelo Chihuahua. 2(1):63-69.
- REVISTA FORESTAL DEL PERÚ. 1992. Vol. XIX N° 1. Lima, Perú.
- RODRIGUEZ, B. 1976. *Tratamiento y conservación de la madera*. 1 ed. Madrid, España. 153 p.
- TRUJILLO, C., GONZÁLES, F. 1983. Durabilidad natural de ocho especies forestales del Perú en medio nutritivo natural. *Revista Forestal del Perú*. Facultad de Ingeniería Forestal. UNALM. La Molina. 13(1):1-13.
- TRUJILLO, C., GONZÁLES, F. 1992. Índice de resistencia de la madera de 5 especies forestales con la acción de 2 hongos xilófagos. Tesis para optar el Grado de Magíster, EPG. Especialidad de Industrias Forestales.
- WEAVER, L. 1979. *Tree growth in several tropical forests of Puerto Rico*. Res. Pap. SO-152. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 15 p.

WEAVER, L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, balata. En: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H., eds. *Silvics of North America: 2. Hardwoods*. Agric. Handb. 654. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 455-460.

ANEXO

Anexo 1. Constancias de identificación de especies forestales maderables



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES: FAX: 349-2041, TEF: 349-5647 / 349-5669, Anexo .203
APDO.456 - LA MOLINA LIMA PERU



CONSTANCIA

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. DELIA JESSIE HIDALGO RENGIFO**, ex alumna de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; y que han sido empleadas en su trabajo de tesis titulado: "**Durabilidad Natural de la Madera de Tres Especies Forestales de Valor Comercial**", corresponden a las especies:

<u>Nombre Común</u>	<u>Nombre Científico</u>	<u>Familia</u>
Tornillo	<i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke	Mimosaceae
Huayruro	<i>Ormosia</i> sp.	Fabaceae
Quinilla Colorada	<i>Manikara bidentata</i> (A.DC.) A. Chev.	Sapotaceae

Atentamente,



Ing. Manuel Chavesta Custodio
Lab. Anatomía de la Madera

La Molina, 05 de Noviembre de 2008

Anexo 2. Constancia de identificación del hongo xilófago



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INDUSTRIAS FORESTALES
 SECCIÓN DE SANIDAD DE LA MADERA
 Telf: 349-5647, 3495669, Anexo 230 e-mail: finujillo@lamolina.edu.pe



PYCNOPORUS SANGUINEUS

INFORMACIÓN TAXONÓMICA

Reino	:	Fungi
División	:	Basidiomycota
Clase	:	Basidiomycetes
Orden	:	Poriales
Familia	:	Coriolaceae
Nombre Científico	:	<i>Pycnoporus sanguineus</i> (L.:Fr) Murrill
Sinónimos	:	<i>Polyporus sanguineus</i> L.:Fr. <i>Boletus sanguineus</i> L.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Micelio de *P. sanguineus* reactivado en madera, repicado en Extracto de Malta-Agar (EMA) y Papa dextroza agar (PDA) en tubos de ensayo sellados luego de una semana de incubación.(Figura 1)

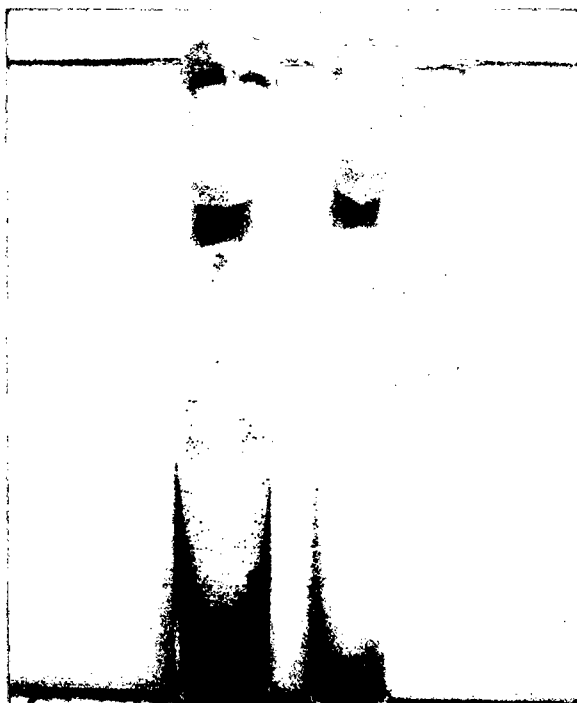


Figura 1: Cepas de *P. sanguineus*



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INDUSTRIAS FORESTALES
 SECCIÓN DE SANIDAD DE LA MADERA
 Telfs: 349-5647, 3495669, Anexo 230 e-mail: ftrujillo@lamolina.edu.pe



PROCEDENCIA DE LA CEPA

Lugar de recolección: Departamento de Junín

Fecha de recolección: 06 febrero del 2008

Lugar de asilamiento: Laboratorio de Durabilidad de la Madera – Sección de Sanidad de la Madera – Dpto. de Industrias Forestales – Facultad de Ciencias Forestales

Código de Registro: 200 – Junín – 03/08



Figura 2: Cuerpo fructífero de *P. sanguineus* en corteza de árbol. Laboratorio de Durabilidad de la Madera – UNALM.

MANTENIMIENTO Y USO DE LA CEPA

Si la cepa no va a ser utilizada de inmediato, mantener el producto sellado en refrigeración a 5° C., durante un periodo máximo de 6 meses.

Para la propagación del micelio se recomienda utilizar **Extracto de Malta-Agar** como medio de cultivo (según Norma Técnica Peruana 251.027). Repicar en tubos o placas petri empleando una cámara de siembra en buenas condiciones de asepsia, desinfectando todo material a emplear para este fin.

Anexo 3. Datos registrados en el laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INDUSTRIAS FORESTALES
 SECCIÓN DE SANIDAD DE LA MADERA
 Telfs: 349-5647, 3495669, Anexo 230 e-mail: ftrujillo@lamolina.edu.pe



Para lograr el óptimo desarrollo del micelio propagado, se deberá mantener a $25 \pm 1^\circ \text{C}$ en un incubador por un lapso mínimo de una semana.

Para pruebas de durabilidad de la madera, se recomienda previamente repicar la cepa en placas petri, introduciendo un trozo de madera húmeda de baja durabilidad natural y esterilizada (puede emplearse secciones de triplay de lupuna de $2 \times 3.5 \text{ cm.}$), e incubarla hasta que el micelio cubra por completo la pieza de madera (aproximadamente en 10 días), como se muestra en la **figu 12** Luego, para las pruebas se debe emplear solo el micelio propagado sobre la madera.

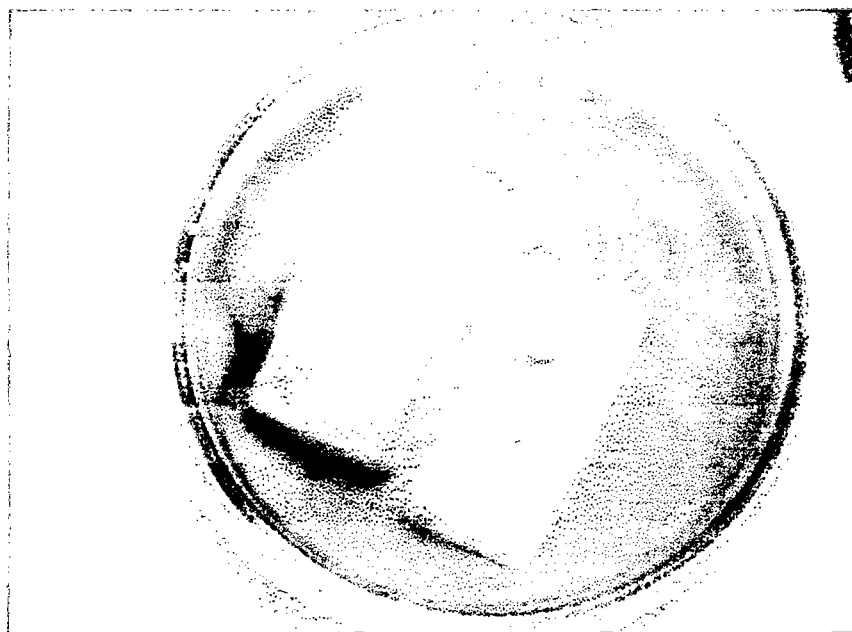


Figura 3: Micelio de *P. sanguineus* propagado en piezas de triplay. Laboratorio de Durabilidad de la Madera – UNALM.

La Molina 28 de Noviembre, 2008

Ing. Florencio Trujillo Cuellar
 Jefe

Sección de Sanidad de la Madera
Departamento de Industrias Forestales
Facultad de Ciencias Forestales

Cuadro 13. Ceniza, celulosa y extractivos en muestras de madera de tres especies forestales.

Especies	Ceniza (%)	Celulosa (%)	Ext OH (%)	Ext H ₂ O (%)
<i>M. bidentata</i>	0.0423	38.291	5.691	8.436
<i>M. bidentata</i>	0.0397	36.729	5.254	9.533
<i>M. bidentata</i>	0.0415	41.407	5.977	10.880
<i>C. catenaeformis</i>	0.0363	44.136	7.890	2.401
<i>C. catenaeformis</i>	0.0457	44.764	5.879	2.868
<i>C. catenaeformis</i>	0.0427	44.418	6.347	2.941
<i>Ormosia</i> sp.	0.1932	48.584	7.745	4.903
<i>Ormosia</i> sp.	0.1897	50.944	7.453	4.698
<i>Ormosia</i> sp.	0.1936	52.539	7.926	5.582
Promedio	0.09	44.65	6.68	5.80
Desviación estándar	0.08	5.38	1.06	3.10
Coefficiente de variación	82.33	12.05	15.87	53.47

Cuadro 14. Contenido de humedad, peso y densidad básica en muestras de madera de tres especies forestales.

Especies	CH (%)	ω inicial	ω final	$\Delta \omega$ (%)	DB (g/cm ³)
<i>M. bidentata</i>	14.35	16.13	15.42	4.41	0.88
<i>M. bidentata</i>	13.75	16.02	15.14	5.51	0.88
<i>M. bidentata</i>	13.45	16.30	15.48	5.01	0.88
<i>M. bidentata</i>	13.89	16.07	15.22	5.27	0.87
<i>M. bidentata</i>	13.73	15.91	15.10	5.10	0.88
<i>M. bidentata</i>	14.61	15.90	14.99	5.66	0.86
<i>M. bidentata</i>	13.84	16.16	15.26	5.57	0.88
<i>M. bidentata</i>	14.20	15.96	15.18	4.91	0.88
<i>M. bidentata</i>	14.34	16.05	15.16	5.54	0.87
<i>M. bidentata</i>	14.29	16.04	15.32	4.49	0.88
<i>C. catenaeformis</i>	19.09	10.50	10.32	1.74	0.61
<i>C. catenaeformis</i>	19.28	10.65	10.46	1.79	0.62
<i>C. catenaeformis</i>	18.78	10.80	10.61	1.76	0.60
<i>C. catenaeformis</i>	18.38	10.34	10.17	1.59	0.60
<i>C. catenaeformis</i>	20.00	10.01	9.85	1.52	0.60
<i>C. catenaeformis</i>	19.27	10.65	10.42	2.14	0.58
<i>C. catenaeformis</i>	18.74	10.64	10.43	1.94	0.61
<i>C. catenaeformis</i>	19.01	10.45	10.25	1.90	0.60
<i>C. catenaeformis</i>	19.74	10.63	10.50	1.19	0.61
<i>C. catenaeformis</i>	9.64	11.02	10.83	1.70	0.60
<i>Ormosia</i> sp.	24.95	10.02	9.16	8.61	0.58

<i>Ormosia</i> sp.	23.05	9.95	9.09	8.66	0.58
<i>Ormosia</i> sp.	21.72	10.06	9.15	9.12	0.59
<i>Ormosia</i> sp.	21.15	10.11	9.26	8.40	0.58
<i>Ormosia</i> sp.	22.28	10.21	9.29	8.99	0.58
<i>Ormosia</i> sp.	23.09	9.95	9.18	7.78	0.60
<i>Ormosia</i> sp.	22.61	10.08	9.25	8.28	0.59
<i>Ormosia</i> sp.	24.00	10.19	9.29	8.84	0.59
<i>Ormosia</i> sp.	24.37	10.17	9.35	8.08	0.58
<i>Ormosia</i> sp.	23.35	10.25	9.45	7.79	0.60
Promedio	18.43	12.24	11.62	5.11	0.69
Desviación est.	4.17	2.75	2.64	2.82	0.14
Coeficiente var.	22.62	22.51	22.75	55.21	19.64

Cuadro 15. Correlación en *Manilkara bidentata*.

		CH (%)	Var. peso (%)	DB (g/cm ³)
CH (%)	Correlación de Pearson		-0.091 ^{ns}	-0.555 ^{ns}
	Sig. (bilateral)		0.802	0.096
Var. peso (%)	Correlación de Pearson	-0.091 ^{ns}		-0.549 ^{ns}
	Sig. (bilateral)	0.802		0.101
DB (g/cm ³)	Correlación de Pearson	-0.555 ^{ns}	-0.549 ^{ns}	
	Sig. (bilateral)	0.096	0.101	

ns: No presenta diferencias estadísticas ($p < 0.05$).

Cuadro 16. Correlación en *Cedrelinga cateniformis*.

		CH (%)	Var. peso (%)	DB (g/cm ³)
CH (%)	Correlación de Pearson		-0.028 ^{ns}	0.104 ^{ns}
	Sig. (bilateral)		0.939	0.775
Var. peso (%)	Correlación de Pearson	-0.028 ^{ns}		-0.410 ^{ns}
	Sig. (bilateral)	0.939		0.239
DB (g/cm ³)	Correlación de Pearson	0.104 ^{ns}	-0.410 ^{ns}	
	Sig. (bilateral)	0.775	0.239	

ns: No presenta diferencias estadísticas (p <0.05).

Cuadro 17. Correlación en *Ormosia* sp.

		CH (%)	Var. peso (%)	DB (g/cm ³)
CH (%)	Correlación de Pearson		-0.234 ^{ns}	-0.022 ^{ns}
	Sig. (bilateral)		0.515	0.953
Var. peso (%)	Correlación de Pearson	-0.234 ^{ns}		-0.515 ^{ns}
	Sig. (bilateral)	0.515		0.128
DB (g/cm ³)	Correlación de Pearson	-0.022 ^{ns}	-0.515 ^{ns}	
	Sig. (bilateral)	0.953	0.128	

ns: No presenta diferencias estadísticas (p <0.05).

Anexo 4. Panel fotográfico

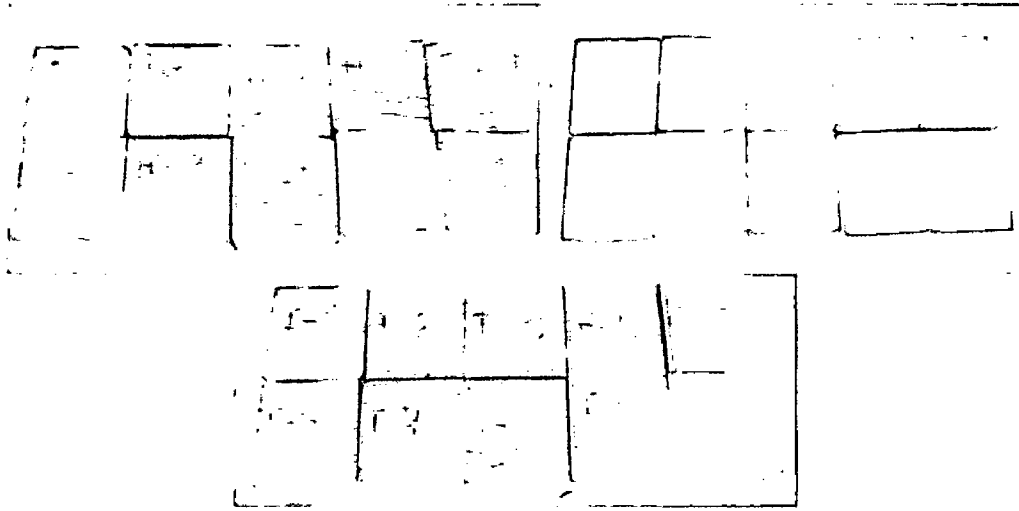


Figura 13. Probetas de *Ormosia* sp. (izquierda), *Manilkara bidentata* (derecha) y *Cedrelinga cateniformis* (abajo).

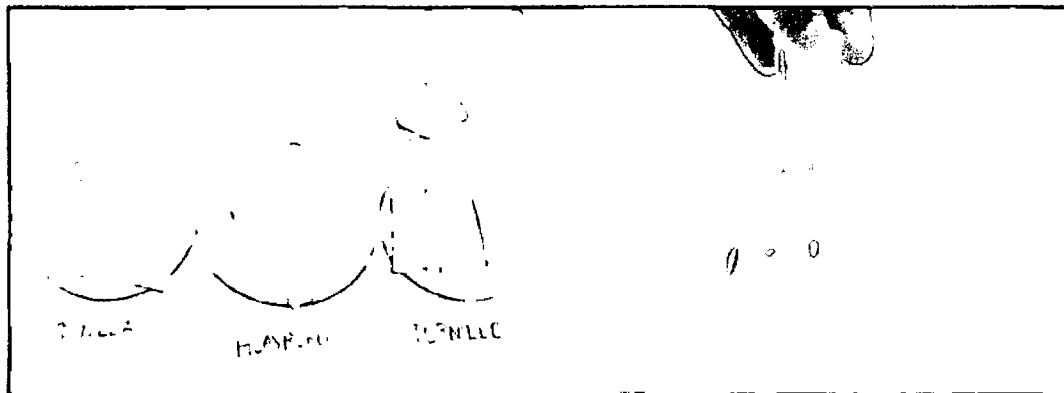


Figura 14. Proceso para la obtención de extractivos.

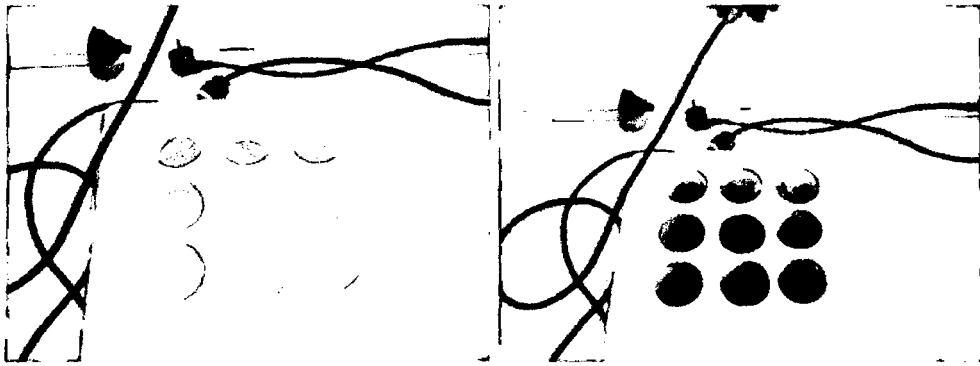


Figura 15. Proceso para la determinación de ceniza.

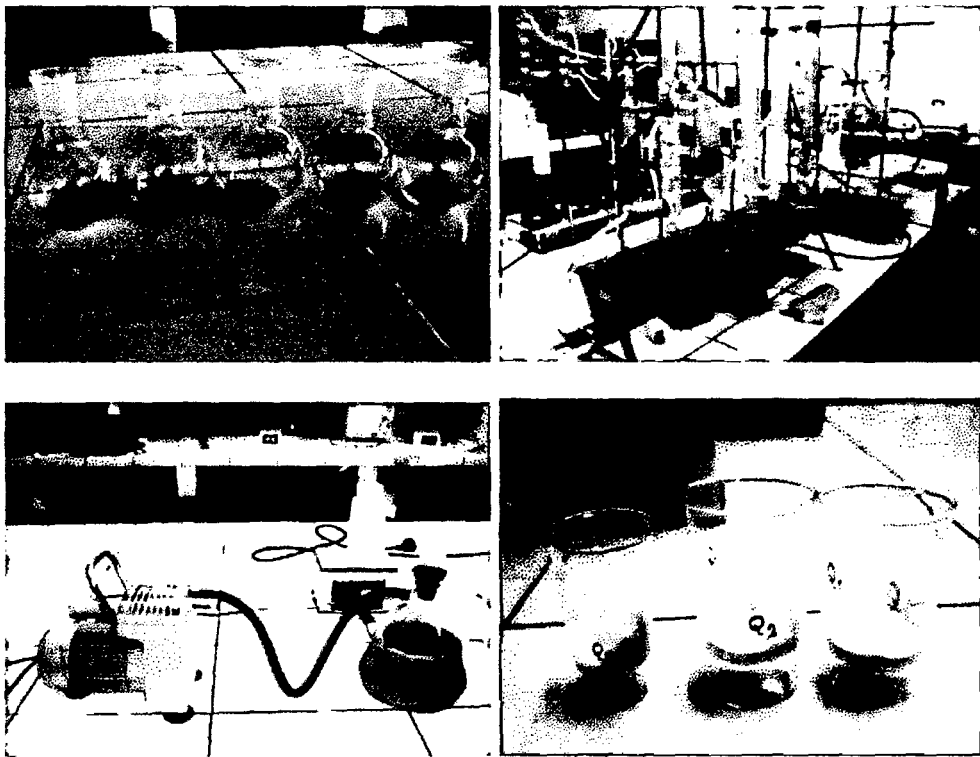


Figura 16. Proceso para la obtención de celulosa.

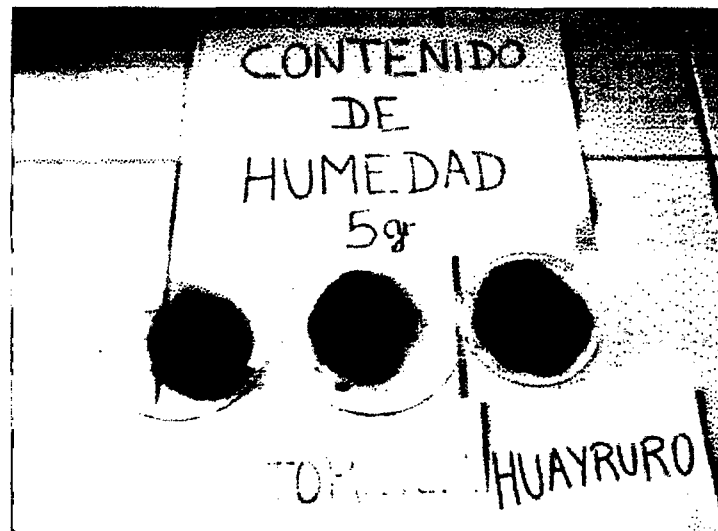


Figura 17. Muestras para el contenido de humedad.

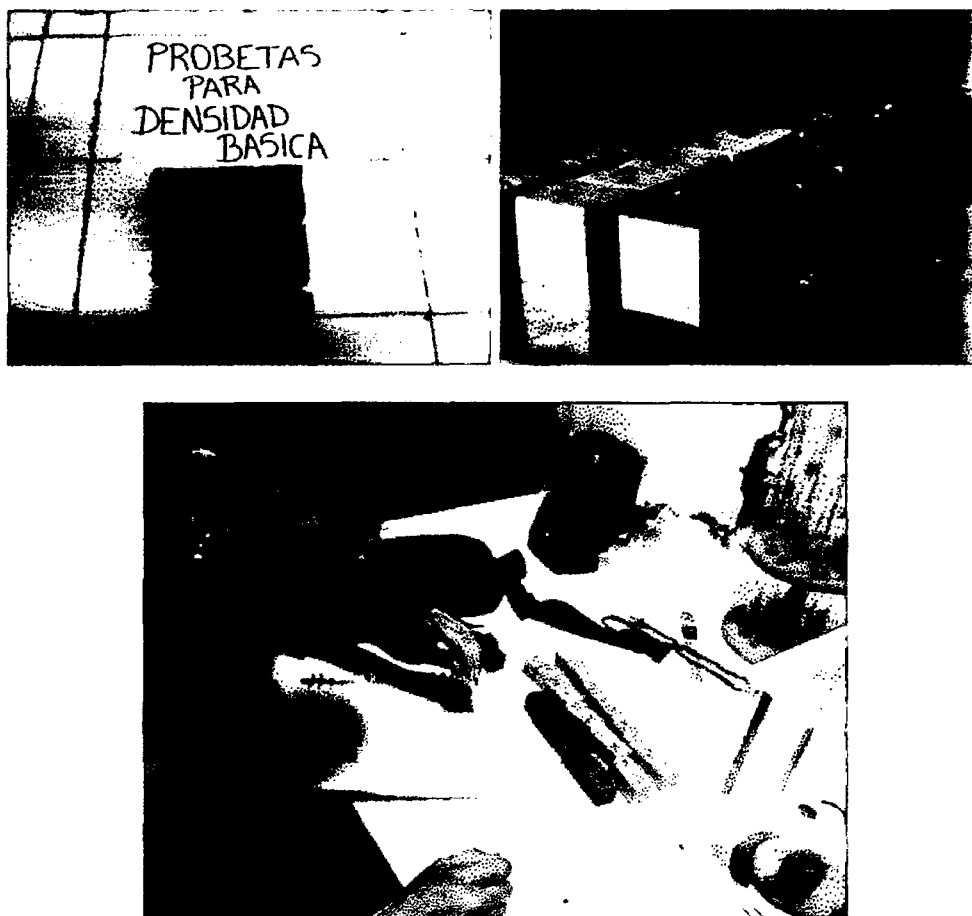


Figura 18. Obtención de la densidad básica.

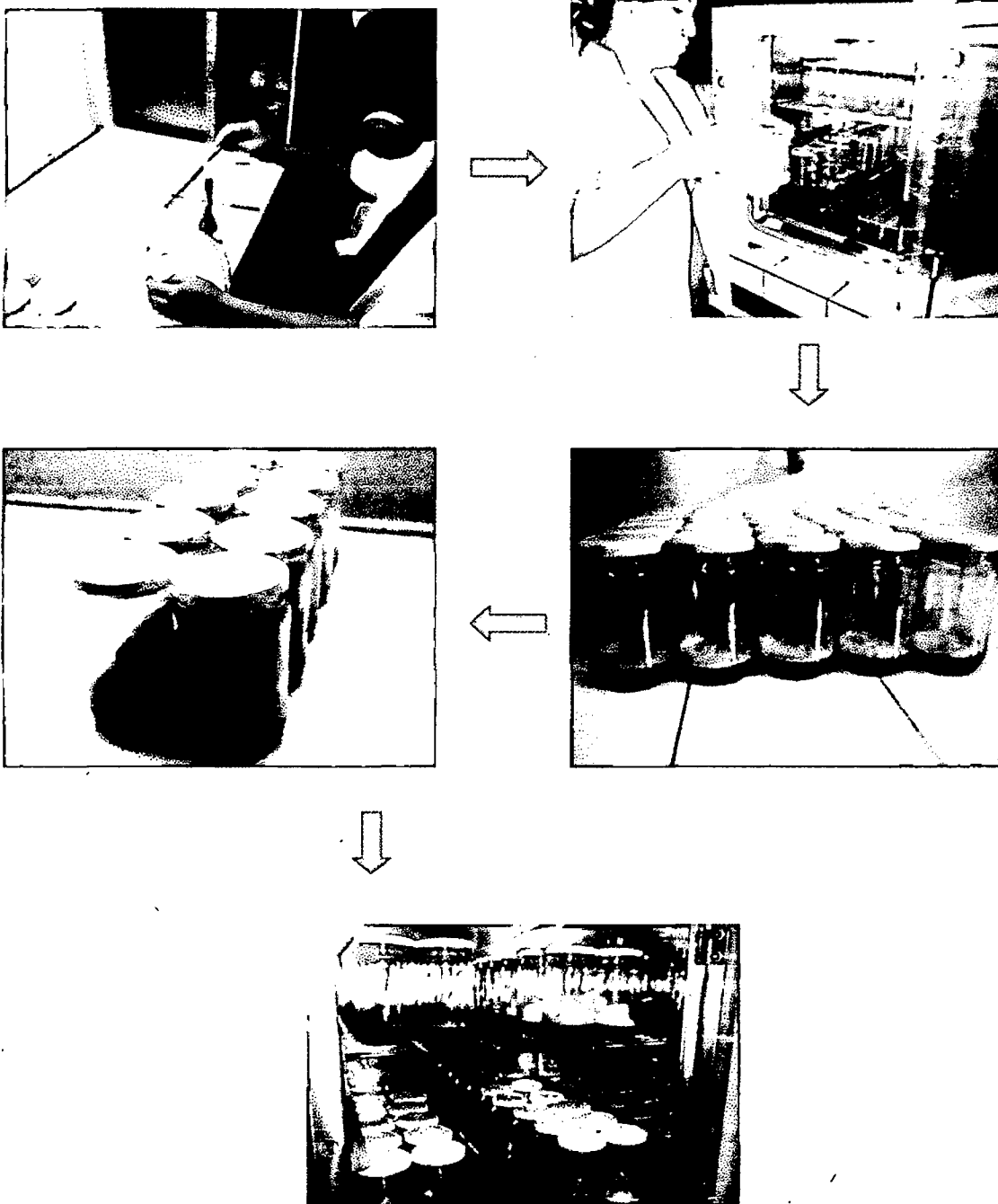


Figura 19. Acondicionamiento del hongo con las probetas.