



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**“DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE DOS ESPECIES  
FORESTALES A LA ACCIÓN DE UN HONGO XILÓFAGO CON  
PRUEBAS ACELERADAS EN LABORATORIO”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:**

**DIANA KARINA VASCONEZ LUCINTUÑA**

Riobamba-Ecuador

2021



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**“DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE DOS ESPECIES  
FORESTALES A LA ACCIÓN DE UN HONGO XILÓFAGO CON  
PRUEBAS ACELERADAS EN LABORATORIO”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA FORESTAL**

**AUTORA:** DIANA KARINA VASCONEZ LUCINTUÑA

**DIRECTOR:** Ing. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA

Riobamba-Ecuador

2021

© 2021, Diana Karina Vasquez Lucintuña

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Diana Karina Vasquez Lucintuña, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular: el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 25 de mayo del 2021



**Diana Karina Vasquez Lucintuña**  
**175155166-2**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **“DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE DOS ESPECIES FORESTALES A LA ACCIÓN DE UN HONGO XILÓFAGO CON PRUEBAS ACELERADAS EN LABORATORIO”**, realizado por la señorita: **DIANA KARINA VASCONEZ LUCINTUÑA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científico, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Norma Ximena Lara Vasconez <b>PRESIDENTA DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por: <b>NORMA XIMENA LARA VASCONEZ</b>	2021-05-25
Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 Firmado digitalmente por: <b>EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA</b>	2021-05-25
Ing. Carlos Francisco Carpio Coba <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por: <b>CARLOS FRANCISCO CARIO COBA</b>	2021-05-25

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación, quiero dedicar con todo mi corazón a la persona por la cual alcance mi título profesional, mi angelito que hoy está en el cielo Favian Vasconez gracias por cuidarme, apoyarme y siempre sacrificarte por mí; por enseñarme que la vida no es fácil, pero que siempre todo sacrificio al final del día vale la pena. A mis hermanos; Paul gracias por continuar el legado, gracias por tus consejos y palabras de apoyo. Itamar gracias infinitas por siempre estar conmigo y hacer realidad nuestros sueños juntos. James y familia, gracias por ser parte de este proceso y por las manos de apoyo siempre. A mi madre, mi angelito del cielo gracias por seguir guiando mis pasos a diario y cuidarme siempre desde arriba. Y a todas las personas que han estado conmigo durante todo este proceso, gracias por formar parte de mi vida.

**Karina**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis hermanos, Favian y Paul Vasconez por el esfuerzo realizado para culminar mi profesión. A Itamar y James por siempre apoyarme y a todas las personas presentes durante este proceso.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, la carrera de ingeniería forestal y con ello a los docentes agradezco infinitamente sus conocimientos impartidos para lograr formar profesionales de calidad. A mi director Eduardo Salazar y miembro de tesis Carlos Carpio, agradecer su tiempo y dedicación para lograr culminar con el presente trabajo.

**Karina**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS .....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMÁTICA.....	3
JUSTIFICACIÓN .....	3
OBJETIVOS.....	4
A. OBJETIVO GENERAL.....	4
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
HIPÓTESIS.....	5
A. HIPÓTESIS NULA .....	5
B. HIPÓTESIS ALTERNANTE.....	5
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1.      MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.    Características generales de las especies .....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.1.    <i>Melina</i> .....</b>	<b>6</b>
1.1.2.1. <i>Taxonomía</i> .....	6
1.1.2.2. <i>Descripción botánica</i> .....	6
1.1.2.3. <i>Distribución y características de la especie</i> .....	7
1.1.2.4. <i>Uso de la madera</i> .....	7
<b>1.1.2.    <i>Teca</i> .....</b>	<b>8</b>
1.1.2.1. <i>Taxonomía</i> .....	8
1.1.2.2. <i>Descripción botánica</i> .....	8



1.1.2.3.	<i>Distribución y características de la especie</i> .....	9
1.1.2.4.	<i>Uso de la madera</i> .....	9
<b>1.2.</b>	<b>Degradación de la madera</b> .....	<b>10</b>
1.2.1.	<i>Agentes degradadores de la madera</i> .....	10
1.2.1.1.	<i>Agentes abióticos</i> .....	10
1.2.1.2.	<i>Agentes bióticos</i> .....	11
<b>1.3.</b>	<b>Hongos xilófagos</b> .....	<b>12</b>
1.3.1.	<i>Características generales</i> .....	12
1.3.2.	<i>Tipos de agentes patógenos y alteraciones causadas</i> .....	13
1.3.2.1.	<i>Hongos superficiales (mohos y hongos cromógenos)</i> .....	13
1.3.2.2.	<i>Hongos estructurales</i> .....	13
1.3.3.	<i>Factores fundamentales para el desarrollo de los hongos</i> .....	13
1.3.3.1.	<i>Humedad</i> .....	14
1.3.3.2.	<i>Suministro de oxígeno</i> .....	14
1.3.3.3.	<i>Temperatura</i> .....	14
1.3.3.4.	<i>Sustancias nutritivas</i> .....	14
1.3.4.	<i>Clasificación de los hongos según el tipo de pudrición</i> .....	15
1.3.4.1.	<i>Pudrición blanca</i> .....	15
1.3.4.2.	<i>Pudrición parda</i> .....	15
1.3.4.3.	<i>Pudrición blanda</i> .....	16
1.3.5.	<i>Efectos causados sobre la madera</i> .....	16
<b>1.2.</b>	<b>Durabilidad natural de la madera</b> .....	<b>17</b>
1.2.1.	<i>Tablas de índices de durabilidad natural</i> .....	18
1.2.1.1.	<i>Clasificación según norma ASTM D- 2017</i> .....	18
1.2.1.2.	<i>Clasificación de Findlay</i> .....	19
1.2.2.	<i>Factores responsables de la durabilidad</i> .....	19
1.2.3.	<i>Métodos para determinar la durabilidad</i> .....	20
<b>1.3.</b>	<b>Densidad básica de las maderas</b> .....	<b>20</b>
1.3.1.	<i>Métodos para determinar la densidad básica</i> .....	21

## **CAPÍTULO II**

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.</b>	<b>Área de estudio.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.</b>	<b>Equipos y materiales.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.1.</b>	<b><i>Equipos.....</i></b>	<b>23</b>
<b>2.2.2.</b>	<b><i>Materiales.....</i></b>	<b>24</b>
<b>2.2.3.</b>	<b><i>Metodología.....</i></b>	<b>26</b>
<b>2.2.3.1.</b>	<b><i>Diseño experimental .....</i></b>	<b>26</b>
<b>2.2.3.2.</b>	<b><i>Procedimiento.....</i></b>	<b>27</b>

## **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.</b>	<b>Porcentaje de pérdida de peso de las especies .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.</b>	<b>Resistencia a la pudrición .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.</b>	<b>Relación de la densidad básica con la resistencia .....</b>	<b>34</b>

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b> Clasificación según la Norma ASTM D-2017 para maderas expuestas a pruebas con hongos xilófagos en laboratorio.....	18
<b>Tabla 2-1:</b> Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo.....	19
<b>Tabla 1-2:</b> Características climáticas y edáficas del lugar de procedencia de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm y <i>Tectona grandis</i> L.f.....	25
<b>Tabla 2-2:</b> Características dasométricas de <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm y <i>Tectona grandis</i> L.f. especies seleccionadas para el ensayo de durabilidad natural.....	25
<b>Tabla 1-3:</b> Porcentaje de pérdida de peso por sección del árbol de <i>G.arborea</i> , bajo la acción de <i>Ganoderma sp.</i> .....	30
<b>Tabla 2-3:</b> Porcentaje de pérdida de peso por sección del árbol de <i>T. grandis</i> , bajo la acción de <i>Ganoderma sp.</i> .....	31
<b>Tabla 3-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso de <i>T. grandis</i> y <i>G. arborea</i> .....	32
<b>Tabla 4-3:</b> Clasificación de Findlay, durabilidad natural y resistencia de la madera de <i>G. arborea</i> al ataque del hongo xilófago.....	33
<b>Tabla 5-3:</b> Clasificación de Findlay, durabilidad natural y resistencia de la madera de <i>T. grandis</i> al ataque del hongo xilófago.....	34
<b>Tabla 6-3:</b> Densidad básica y clasificación de la resistencia de <i>Gmelina arborea</i> por árbol.....	34
<b>Tabla 7-3:</b> Densidad básica y clasificación de la resistencia de <i>T. grandis</i> por árbol.....	35
<b>Tabla 8-3:</b> Análisis de varianza (ANOVA) para la densidad básica de <i>T.grandis</i> y <i>G.arborea</i> .....	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** Certificado de identificación botánica de *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm.
- ANEXO B:** Certificado de identificación botánica de *Tectona grandis* L.f
- ANEXO C:** Composición del medio de cultivo utilizado para la inoculación y propagación de *Ganoderma sp*
- ANEXO D:** Pérdida de peso (%) de las probetas de las especies en estudio frente a la acción de *Ganoderma sp*
- ANEXO E:** Datos para la obtención de la densidad básica de *T. grandis*
- ANEXO F:** Datos para la obtención de la densidad básica de *G. arborea*
- ANEXO G:** Crecimiento del hongo xilófago *Ganoderma sp*, a los 9 días posteriores a su cultivo.
- ANEXO H:** Desarrollo de *Ganoderma sp* sobre la probeta de *T. grandis*.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar la durabilidad natural de la madera de dos especies forestales a la acción de un hongo xilófago con pruebas aceleradas en laboratorio. La durabilidad se evaluó mediante el porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera y con esto la interpretación de su resistencia mediante la Norma ASTM D-2017 y la tabla de Findlay frente a la acción destructiva del hongo xilófago *Ganoderma sp*, el cual es utilizado para estudios de este tipo por su facilidad para remover la lignina. Los resultados detallan un porcentaje de pérdida de peso superior al 45% para las dos especies forestales, interpretando así que son maderas con una clasificación “D” y con un grado de resistencia “No resistente” frente al hongo xilófago empleado, por ende se le atribuye un promedio de vida útil de 5 años. Esta pérdida de peso es independiente del nivel de altura del fuste de donde se tomó la muestra, no obstante, al comparar la pérdida de peso entre las dos especies *G. arborea* presenta valores más altos, sin afectar la clasificación de la resistencia. En cuanto a la relación de la densidad básica y la resistencia de las especies no presenta correlación alguna ya que la clasificación de la resistencia sigue siendo la misma para las dos especies, sin embargo, la densidad básica en forma general es un buen índice de durabilidad pero existen numerosas excepciones. Se recomienda realizar estudios similares con la separación de albura y duramen, y mediante la acción destructiva de otras especies de hongos xilófagos.

**Palabras clave:** <DURABILIDAD NATURAL> <MADERA> <HONGO XILÓFAGO>  
<PRUEBAS ACELERADAS> <RESISTENCIA A LA PUDRICIÓN> <DENSIDAD BÁSICA>



Firmado electrónicamente por:

**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1406-DBRA-UPT-2021

2021-07-19

## ABSTRACT

The research aimed to determine the natural durability of the wood of two forest species to the action of a xylophagous fungus with accelerated tests in the laboratory. The durability was evaluated by the percentage of weight loss of the wooden specimens and with this the interpretation of their resistance through the ASTM D-2017 Standard and the Findlay table against the destructive action of the xylophagous fungus *Ganoderma sp.* This was used for studies of this type due to its ease in removing lignin. The results detailed a percentage of weight loss greater than 45% for the two forest species. Thus, interpreting that they were woods with a "D" classification and with a degree of resistance "Not resistant" against the xylophagous fungus used. An average useful life of 5 years was attributed. This weight loss was independent of the height level of the stem from which the sample was taken. However, when comparing the weight loss between the two species, *G. arborea* showed higher values, without affecting the resistance classification. Regarding the relationship of the basic density and the resistance of the species, it did not present any correlation since the resistance classification remained the same for the two species. However, the basic density in general is a good index of durability, but there were numerous exceptions. Similar studies were recommended with the separation of sapwood and heartwood, and through the destructive action of other species of xylophagous fungi.

**Keywords:** <NATURAL DURABILITY> <WOOD> <XYLOPHAGUS FUNGUS> <ACCELERATED TESTING> <ROT RESISTANCE> <BASIC DENSITY>

Translated by:



Firmado digitalmente  
por DENNYS  
VLADIMIR  
TENELANDA LOPEZ  
Fecha: 2021.07.21  
00:01:44 +02'00'

Mgs. Denny Tenelanda  
López  
**PROFESSOR OF EFL**

Riobamba, July 20, 2021

## INTRODUCCIÓN

La durabilidad natural es una característica de las especies forestales la cual le confiere resistencia al ataque de agentes degradadores ya sean biológicos, físicos o químicos sin tratamiento de preservación (Serna-Mosquera et al., 2019: p.194) y se debe a la presencia de sustancias tóxicas en la misma (Ramos León et al., 2016a: p.82), esta propiedad está influenciada por la interacción de la composición química de sus protectores naturales o llamados también extractivos con las condiciones ambientales (De La Cruz Carrera et al., 2018: p. 105). Estos extractivos se forman en la madera durante el proceso de transformación de duraminización y van quedando fijas de manera progresiva en el duramen (Ramos León et al., 2016a: p.82) el tipo y cantidad de estas sustancias varía entre especies, e incluso entre individuos de la mismas especie de acuerdo a la edad y condiciones de desarrollo (Ramos León et al., 2016b).

Esta propiedad depende de la composición química de la pared celular, la presencia de otros compuestos químicos en las cavidades celulares, la permeabilidad, el contenido de humedad, la temperatura y por las condiciones finales del uso de la madera (Serna-Mosquera et al., 2019: p.194).

La industria maderera en el Ecuador ha permitido obtener cifras que según el Banco Central del Ecuador, tuvo un crecimiento a través de los años:

*Ubicándose en el puesto 17 de 47 industrias a nivel nacional, con un aporte de \$1.364,5 millones de dólares en 2018 (1,3% del PIB), cabe mencionar que, en 2018, el 67,1% del VAB de esta industria lo generaron las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Cotopaxi, Pichincha y Chimborazo. El Ecuador en el 2019 registró 180.000 ha de plantaciones forestales comerciales, el 65% de las plantaciones forestales comerciales estuvieron en Cotopaxi, Los Ríos, Guayas, Pichincha y Santo Domingo de los Tsáchilas, además, 160.000 ha del total fueron cultivadas con pino, teca, eucalipto, melina y balsa; esto según el Ministerio de Agricultura (Sánchez et al., 2020).*

No obstante, el mercado nacional de la madera es pequeño en comparación al consumo mundial, esto se debe a diversos factores, entre ellos; la baja renta per cápita, la crisis económica, los altos precios y la falta de cultura en la utilización de este recurso, a pesar de ello a nivel internacional “el Ecuador durante el 2019 exportó \$304,1 millones de dólares FOB de madera (1,4% del total de exportaciones), lo que equivale a 637.000 toneladas métricas. La exportación de madera aumentó 25,6% en relación

al 2018 y tuvo una tasa promedio de variación interanual de 9,8% entre 2010 y 2019” (Sánchez et al., 2020).

Melina y teca son especies que tiene un alto valor económico en la industria forestal ecuatoriana; la primera, una especie exótica que ha desempeñado un papel fundamental en el crecimiento y la producción de madera en un tiempo corto debido a su rápido crecimiento y bajo costo en su manejo silvicultural, también posee un paquete tecnológico para el manejo de toda la plantación, a comparación con otras especies nativas. Su durabilidad resulta resistente al ataque de insectos, bajo el agua es altamente durable; pero en contacto directo con el suelo poco durable (Jiménez, 2016: pp.24-31).

La segunda, en Ecuador se encuentra entre las especies que integran el Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales impulsado por el MAGAP, los objetivos principales se basan en; generar materia prima para el suministro de la industria nacional e internacional, ampliar las áreas de bosque y controlar de la explotación indiscriminada de los mismos (INIAP, 2017: p.15). Su durabilidad es excelente ante la pudrición, termitas y taladradores marinos, sin embargo la albura es poco durable. La teca cultivada tiene características excelentes de resistencia a la intemperie (Vinueza, 2012b).

Los hongos xilófagos son organismos que juegan un papel esencial en el ecosistema forestal, pues contribuyen significativamente al reciclaje del carbono porque atacan y degradan los residuos orgánicos. Los hongos de pudrición marrón, blanda y blanca son los que más se han estudiado ampliamente por su capacidad para degradar las paredes celulares (De La Cruz Carrera et al., 2018: p.104) desintegrando la lignina por oxidación y la celulosa por hidrólisis, cambiando así las propiedades físicas, químicas, mecánicas y anatómicas de la madera (Serna-Mosquera et al., 2019: p.194) estas afecciones ocasionan fallas en los productos finales y pérdidas económicas para los productores forestales.

Es por esto que el uso de la madera se ve condicionado por la susceptibilidad al deterioro ocasionado por estos organismos. No obstante, Durán y Tuset (1980) citado en Ramos León et al. (2016a: p.82) mencionan que la madera de albura y duramen presentan diferentes resistencias a los organismos biológicos que causan su deterioro; la primera, sin tratamiento preservante es más susceptible a sufrir daño ya que contiene sustancias como azúcares y almidones que la hace más atractiva por los organismos xilófagos. En cambio en el duramen como menciona Elgueta et al. (2019: p.1) muestra una mayor



resistencia al contener otros tipos de sustancias entre ellos; aceites, taninos, gomas y sustancias hidrosolubles de alta toxicidad y demás, cuya naturaleza y cantidad varía entre las especies forestales.

Conocer sobre la durabilidad, permite obtener información básica para elegir y aplicar correctamente las técnicas de preservación y secado en función del uso final de la madera y con esto el empleo adecuado de la misma y por ende el aprovechamiento integral de las especies maderables existentes en el bosque (González Flores y Yataco Pérez, 2016: pp.1-2).

## **PROBLEMÁTICA**

El uso de las especies forestales es seleccionado bajo ciertos criterios técnicos que las industrias maderas han establecido, dependiendo del fin o el producto final. Esto con el objetivo de evitar pérdidas económicas como consecuencia de su uso y empleo inadecuado. Normalmente las especies que presentan características, físicas, químicas y mecánicas sobresalientes a las demás, han sido explotadas selectivamente no solo en la actualidad, si no desde épocas pasadas.

Una de las propiedades sobresalientes de cualquier especie forestal comercial es la durabilidad natural que esta posee, ya que condiciona su uso e influye en el tiempo de vida útil de la misma. Es por esto que el número de especies maderables utilizadas es bastante reducido y se usan solamente aquellas de comprobada resistencia biológica.

## **JUSTIFICACIÓN**

Debido a la importancia que genera la madera dentro de la economía del país, con las cifras mencionadas en párrafos anteriores se debe priorizar el uso adecuado de la misma y para ello conocer y aprovechar sus propiedades al máximo. Es por esto que se plantea el objetivo de determinar la durabilidad natural de la madera de dos especies forestales a la acción de un hongo xilófago con pruebas aceleradas en laboratorio, para la cual se empleara la metodología de cultivar y propagar el hongo xilófago (*Ganoderma sp*) en un medio de cultivo modificado. En la preparación de las cámaras de degradación se colocará 1 cm<sup>2</sup> de micelio del hongo seleccionado en frascos de vidrio, luego de 13 días de incubación a temperatura ambiente quedaran aptos para la colocación de las probetas de las especies en estudio, las mismas que serán acondicionadas para el ensayo cumpliendo así con los tres objetivos propuestos.

## **OBJETIVOS**

### **A. OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la durabilidad natural de la madera de dos especies forestales a la acción de un hongo xilófago con pruebas aceleradas en laboratorio

### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar la pérdida de peso en las probetas de las dos especies forestales
- Determinar la resistencia al ataque del hongo xilófago en las dos especies forestales
- Determinar la influencia de la densidad básica en la resistencia de pudrición de las especies

## **HIPÓTESIS**

### **A. HIPÓTESIS NULA**

- La durabilidad natural de las maderas en estudio no varía en los tratamientos empleados

### **B. HIPÓTESIS ALTERNANTE**

- La durabilidad natural de las maderas en estudio varía en los tratamientos empleados

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Características generales de las especies

##### 1.1.1. *Melina*

###### 1.1.2.1. Taxonomía

- **Reino:** Plantae
- **Phylum:** Espermatophyta
- **Subfilo:** Angiosperma
- **Clase:** Dicotyledonae
- **Orden:** Lamiales
- **Familia:** Lamiaceae
- **Género:** *Gmelina*
- **Especie:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

###### 1.1.2.2. Descripción botánica

Árbol que alcanza hasta los 30 m de altura, con diámetro mayor a 80 cm (Tropical timber, [sin fecha]). “Su corteza presenta un color gris pálido y lisa a medida que pasa el tiempo va adquiriendo un tono marrón y se vuelve más rugosa” (Vinueza, 2012a). “Sus hojas son grandes, simples, opuestas, enteras y dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, el color de su haz es verde y glabra, el envés verde pálido y aterciopelado con nerviación reticulada” (Tropical timber, [sin fecha]). “Flores de color amarillo-naranjadas brillante en racimos, corola con 4-5 sépalos soldados a la base del ovario” (Tropical timber, [sin fecha]). “Fruto carnoso tipo drupa, de forma oblonga de color verde lustroso, tornándose amarillo al madurar de 2,3 a 3 cm de largo, en plantaciones los arboles empiezan a producir frutos de los tres a cuatro años de edad” (Vinueza, 2012a). “Semillas con testa color café, lisa, membranosa y muy delgada” (Tropical timber, [sin fecha]) con capacidad germinativa pierde viabilidad a un 70% (Vinueza, 2012a).

### 1.1.2.3. Distribución y características de la especie

“Melina se desarrolla en hábitats que varía desde bosque húmedos hasta secos y es nativa de la India, Bangladesh, Myanmar, Tailandia, sur de China, Laos, Camboya e Indonesia. Se desarrolla naturalmente entre 5 ° N y los 30 ° N de latitud norte”( Rojas Rodríguez et al., 2004: p.120). En Ecuador se ha desarrolla en zonas de la costa como Manabí, Esmeralda, Guayas, Santo Domingo y Los Ríos (Gonzabay Ramos, 2018: p.1).

*Se adapta a suelos profundos, húmedos y fértiles de los valles aluviales francos o franco arenosos y prefiere pH alcalinos o ligeramente ácidos. Es una especie intolerante a la sombra y susceptible a la competencia de malezas. El marco de plantación debe ser de 3\*3 m con cuatro raleos, puede ser utilizada en sistema agroforestales a un distanciamiento de 4 x 4 m o a menor distancia. Los incrementos medios anuales son: 2 m en altura y de 3,6 cm en diámetro y su rendimiento en volumen es de 20 – 35 m<sup>3</sup>/ha/año (Vinueza, 2012a).*

### 1.1.2.4. Uso de la madera

En cuanto a su uso (Jiménez, 2016: pp.33-34) detalla los principales a continuación:

- La elaboración de chapas decorativas, tableros contrachapados, tableros listonados de aglomerados o de partículas.
- Como madera de aserrío, es apta para construcción estructural y de obra liviana, de fácil trabajabilidad.
- En la edificación de barcos y cubiertas, en la fabricación de estribos y para el revestimiento de interiores de casas y edificios.
- Por su capacidad de resistencia al fuego se emplea para la decoración interior.
- En carpintería, se utiliza para fabricar muebles, gabinetes, alacenas, paneles y estantes, listones decorativos, pisos livianos, plataformas, instrumentos de resonancia, esculturas, etc.
- En Ecuador se usa en la elaboración de pallets y tarimas.
- La madera de segunda mano, específicamente aquella que proviene los raleos, se extrae su fibra que mezclada con otras de mayor longitud, se elabora papel de buena calidad.
- Los subproductos, como hojas, cortezas y frutos, también se utilizan en ganado y animales salvajes; su fibra se utiliza como medicamento contra la vesícula biliar; de las flores se extrae miel de alta calidad.
- Es una especie recomendada para la alimentación del gusano de seda, por medio de sus hojas.

- Los frutos se emplean para la preparación de champú.
- La leña quema bien y tiene buen poder calorífico obteniendo carbón de buena calidad.
- Como fuente de pulpa para papel la madera de melina tiene un alto contenido de celulosa.

### 1.1.2. *Teca*

#### 1.1.2.1. *Taxonomía*

- **Reino:** Plantas
- **Filum:** Spermatophyta
- **Subphylum:** Angiospermae
- **Clase:** Dicotyledonae
- **Orden:** Lamiales
- **Familia:** Lamiaceae (Verbenaceae)
- **Género:** *Tectona*
- **Especie:** *Tectona grandis* L.f

#### 1.1.2.2. *Descripción botánica*

“Árbol de fuste recto y corteza áspera, delgada y fisurada de color café claro que se desprende en placas grandes y delgadas en su exterior y su corteza interna blanquecina, sin color u olor característico. En su lugar de origen el árbol puede alcanzar una altura superior a 50 m y un diámetro de 2m” (Chaves y Fonseca, 1991:p.4). “Sus hojas son opuestas simples y grandes de 11 a 85 cm de largo y 6 a 50 cm de ancho, con peciolo gruesos” (Chaves y Fonseca, 1991:p.4), de color verde oscuro y áspero en el haz, blanquecinos en el envés (Vinueza, 2012b). “La inflorescencia es tipo panículas terminal de 40cm hasta 1 m de largo, presenta flores de cáliz campanulado de color amarillo verdoso, estigma blanco amarillento, ovario ovado de cuatro celdas” (Chaves y Fonseca, 1991:p.4). Su fruto es una drupa de color café cuadrilobulada con una semilla pequeña bastante dura (Vinueza, 2012b).

### 1.1.2.3. Distribución y características de la especie

“Teca se encuentra en estado natural en la India, Birmania, Tailandia, Indochina y Malasia” (Vinueza, 2012b), en la zona de distribución natural “se encuentran en los bosques monzónico, bosque seco tropical y bosque húmedo tropical” (Fonseca González, 2003: p.1). En el Ecuador es una especie introducida que se encuentra en la costa principalmente en plantaciones comerciales (Vinueza, 2012b).

*T. grandis* es la especie de madera tropical más plantada en el mundo y se estima que 74% del total de las plantaciones de madera dura en el mundo son de teca, con aproximadamente una superficie de 5,819.000 ha según la FAO (Blanco-Flórez et al., 2014: p.12). En Ecuador se adapta a “suelos arenosos o franco arenosos, bien drenados; prácticamente se adapta a una gran variedad de suelos, no tolera el agua estancada, ni la arcilla anaeróbica” (Vinueza, 2012b).

*La semilla se puede almacenar por varios años con un contenido de humedad menor del 10%. En el vivero las plántulas se producen en semilleros con una distancia 5×5 cm por semilla. El trasplante se realiza cuando las plantas tienen unos 3 cm de altura para su posterior trasplante en campo. Ya en plantación el marco de siembra es de 4×4 m o 4×3 m, debido a que requieren de mucha luz* (Vinueza, 2012b).

### 1.1.2.4. Uso de la madera

La teca ha sido reconocida como una madera de alta calidad debido a sus excelentes propiedades, convirtiéndose en una de las más valiosas del mundo junto al *Cedrela odorata* y la *Swietenia macrophylla* (Blanco-Flórez et al., 2014: p.12). Especialmente el duramen se destaca con propiedades como:

*combinación de bajo peso específico con resistencia, durabilidad natural, estabilidad dimensional, facilidad de trabajar con herramientas, resistencia a termitas, hongos, químicos, además de su belleza. La madera de teca presenta alta demanda para usos específicos, como construcción y revestimiento de embarcaciones, fabricación de muebles y objetos lujosos* (Blanco-Flórez et al., 2014: p.12).

## 1.2. Degradación de la madera

Debido a que la madera es un material orgánico compuesto principalmente de celulosa y lignina, es la fuente de alimento básica para varios organismos vivos, incluidos hongos, insectos, aves, entre otros. La descomposición de la madera se debe al ataque de organismos biológicamente destructivos, principalmente hongos e insectos xilófagos, que invaden la pared celular de la madera y destruyen las células que la componen, afectando así sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y las características estéticas reduciendo así su resistencia (Anónimo, 2011: p.1).

### 1.2.1. Agentes degradadores de la madera

Tradicionalmente se ha clasificado a los agentes destructores de la madera en dos grupo: bióticos y abióticos.

#### 1.2.1.1. Agentes abióticos

Por lo general, los agentes abióticos son resultado de anomalías que surgen durante el crecimiento del árbol, agentes atmosféricos (radiación solar, humedad ambiental, acción corrosiva de la lluvia, el viento, temperatura, etc), agentes mecánicos, químicos, incluso la absorción de agua y el fuego (Alfieri, 2018: p.22).

- **Factores de crecimiento:** normalmente se encuentra las acebolladuras, atronaduras, bolsas de resina, excentricidad del corazón, fendas, fibra diagonal fibra entrelazada, fibra torcida, lupas y verrugas, curvatura, mermas, nudos madera de reacción, corazón doble, madera de tiro, madera seca y demás (Zanni, 2008: pp.80-81).
- **Humedad:** es un agente que causa degradación, ya sea por la pérdida de estabilidad dimensional o por el crecimiento de agentes microbianos degradantes. Para prevenir el deterioro, la humedad debe reducirse por debajo del punto de saturación de la fibra, de 28 a 30% (Alfieri, 2018: p.32).
- **Fuego:** si bien la madera se comporta como un material combustible y resultar susceptible en casos de incendio, generalmente presenta una resistencia significativa la cual se debe a la



reducida penetración del fuego, atribuyéndola a la baja conductividad térmica y a la formación de una capa carbonizada superficial que retarda la velocidad de propagación (Alfieri, 2018: p.38).

- **Radiación solar:** La radiación solar está constituida por un amplio rango de longitudes de onda entre los cuales se encuentra la luz ultravioleta que posee gran cantidad de energía y por lo tanto genera deterioros significativos causando variaciones en el color de la madera y la luz infrarroja, la cual produce calor y por ende acelera los procesos de degradación en la madera (Alfieri, 2018: p.43). Normalmente el ataque de la radiación solar se da en la superficie de la madera produciendo modificación químicas y la degradación de su protección superficial (Zanni, 2008: p.81).

#### *1.2.1.2. Agentes bióticos*

- **Insectos:** en general estos se alimentan de lignina y celulosa, los ataques se presentan en variadas situaciones y contenidos de humedad, y básicamente se alimentan de los tejidos del floema y xilema a través de galerías. En el caso de los escarabajos y las termitas poseen celulasa que es la enzima utilizada para descomponer la celulosa en glucosa (Ruiz Salazar, 2017: p.6).

“Los insectos pertenecientes al orden coleóptero son los que mayor daño provocan, en este grupo se encuentran: Carcomas (Anobiidae); Lícidos o polillas de madera (Lyctidae); Escolítidos (Curculionidae); Taladro (Cerambycidae); Escarabajo (Bostrichidae)” (Alfieri, 2018: p.31).

Las termitas pertenecen a este grupo y al no requerir un aporte especial de agua, el contenido de humedad de la madera es suficiente para dañarla abriendo galerías o provocando grietas y ranuras. Básicamente, los obreros hacen agujeros pequeños conectados con el exterior, por donde secretan restos de lignina (Berrocal Jiménez, 2006: p.4). Se recomienda que en condiciones de servicio en las que exista un riesgo de pérdida de resistencia inaceptable o una degradación visual, las especies de madera clasificadas como “sensibles” deberán tratarse con un producto protector (Touza, 2015: p.29).

- **Aves:** los principales agentes de daño son los pájaros carpinteros, quienes producen orificios de 10 cm de diámetro y de profundidad, afectando seriamente la resistencia físico-mecánica de la madera (Alfieri, 2018: p.32).

- **Moluscos:** Penetran en la madera en dirección perpendicular a la fibra, pero pronto cambian su trayectoria en forma paralela al grano. Básicamente se alimentan de celulosa y hemicelulosa con rapidez, las galerías que ocasionan son fáciles de detectar ya que dejan una fina capa de carbonato de calcio en el interior (Berrocal Jiménez, 2006: p.3).
- **Crustáceos:** se caracterizan por que abren galerías superficiales en la piezas de madera, especialmente las que están en contacto con el agua de mar, su daño es gradual aunque se ve favorecido por acción de las mareas. Provocan importantes daños mecánicos en la estructura e incluso llegan al punto que puede colapsar con el tiempo (Berrocal Jiménez, 2006: p.3).
- **Bacterias:** son conocidas por la capacidad enzimática de romper la pared celular y algunas tienen la capacidad de atacar las maderas que han sido tratadas químicamente con conservantes. El daño causado depende del tipo de madera, pero si se nota un aumento de la permeabilidad (Berrocal Jiménez, 2006: p.6).
- **Hongos:** dado a que estos organismos no poseen clorofila para elaborar su comida, utilizan materiales orgánicos prefabricados, dependiendo de los hongos unos se nutren desintegrando las paredes celulares produciendo pudrición y otros se alimentan de los almidones del contenido celular. Estos pueden ser saprofitos o parásitos y el primero se caracteriza por ser destructor de la madera el cual crece a partir de micelios y se reproduce en forma de esporas (Ruiz Salazar, 2017: p.7).

### 1.3. Hongos xilófagos

#### 1.3.1. *Características generales*

Los hongos xilófagos son los principales agentes que degradan la madera y son los responsables de grandes pérdidas económicas, siendo estas principalmente pudriciones, manchas y mohos; pues se caracterizan por degradar moléculas complejas como la celulosa, las hemicelulosas, las pectinas, el almidón y la lignina (Serna-Mosquera et al., 2019: p.194) mediante la producción y excreción de enzimas, destruyen parcial o totalmente las paredes celulares, hidrolizando las moléculas estructurales (Valderrama Maiques, 2017: p.162).

La mayoría de los hongos pudridores pertenecen a la clase Basidiomicetes; los más importantes los lignícolas, los mismos que se caracterizan por desintegrar las paredes celulares, desintegrando la lignina por oxidación (pudrición blanca) y la celulosa por hidrólisis (pudrición marrón), los efectos ocasionados son cambios en la composición química y las propiedades físicas, mecánicas y anatómicas de la madera. Esta alteración en la madera da lugar al estado llamado pudrición. Por ello, el término durabilidad suele asociarse con la resistencia a la degradación fúngica (Intini y Tello, 2003; citado en Serna-Mosquera et al., 2019: p.194).

### ***1.3.2. Tipos de agentes patógenos y alteraciones causadas***

Valderrama Maiques, (2017: p.162) clasifica a los hongos xilófagos en dos grandes grupos detallados a continuación:

#### ***1.3.2.1. Hongos superficiales (mohos y hongos cromógenos)***

Dado que su fuente de alimento proviene de la descomposición de las deposiciones de polvo y materia orgánica se desarrollan en la superficie. Su crecimiento se detecta cuando el cuerpo fructífero aparece en la superficie en forma de colonias algodonosa, estos hongos no alteran las propiedades mecánicas, no obstante causan cambios de coloración en la madera y la ponen en peligro por el simple hecho de que crean las condiciones ideales para el desarrollo de los hongos de pudrición.

#### ***1.3.2.2. Hongos estructurales***

Llamados también hongos de pudrición, se caracterizan por que se alimentan de los compuestos de la pared celular causando daños graves en la madera e incluso destruirla por completo. Los efectos de esta alteración son pérdidas de densidad y resistencia mecánica, acompañados de un cambio de coloración. Debido a que las hifas se alimentan de manera oculta no son fáciles de reconocer, conforme se va desarrollado la pudrición se puede observar un cambio de coloración y la madera empieza a perder peso, finalmente se observa una destrucción completa de la estructura de la madera y con ello la pérdida completa de sus propiedades mecánicas.

### ***1.3.3. Factores fundamentales para el desarrollo de los hongos***

#### *1.3.3.1. Humedad*

El contenido de humedad mínimo que permite su desarrollo es del 18-20 % (Valderrama Maiques, 2017: p.162), cuando los valores son superiores y fluctúen por encima de la saturación de las fibras (30%-50%) la madera está expuesta al ataque de hongos xilófagos ya que pueden efectuar una libre difusión de las enzimas (González Flores y Yataco Pérez, 2016: p.2).

#### *1.3.3.2. Suministro de oxígeno*

Kollman (1959; citado en González Flores y Yataco Pérez, 2016: p.3) los hongos xilófagos necesitan de por lo menos un 20% del volumen de poros llenos de aire, para que puedan desarrollar actividades destructivas en la madera.

#### *1.3.3.3. Temperatura*

Los valores de temperaturas favorables pueden variar dependiendo de la especie del hongo; entre 20-37 °C son los ideales para su desarrollo. En condiciones extremas de temperaturas muy bajas paralizan su metabolismo quedando en un estado latente de manera indefinida, hasta que las condiciones ambientales sean adecuadas (Valderrama Maiques, 2017: p.162). Su actividad cesara cuando estén por debajo de los 3°C y por encima de los 40°C (Remacha Gete, [sin fecha]: p.1).

La falta de ventilación y la ausencia de luz también son factores que favorecen a la proliferación de la acción fúngica.

#### *1.3.3.4. Sustancias nutritivas*

Hunt y Garrat (1952; citado en González Flores y Yataco Pérez, 2016: p.3) consideran a la madera el alimento natural de los hongos, y aunque no puedan alimentarse directamente de ella por combinación compleja de celulosa y lignina que tiene la madera, lo hacen mediante la acción de enzimas que ellos mismos segregan descomponiéndolas en sustancias más simples y fácilmente asimilables.

### 1.3.4. Clasificación de los hongos según el tipo de pudrición

Los hongos se clasifican en función de las moléculas prioritarias en la digestión de los mismos, detallándose a continuación:

#### 1.3.4.1. Pudrición blanca

También llamada descomposición corrosiva, se caracteriza porque los hongos se alimentan de la celulosa, hemicelulosa y lignina. Los que degradan la lignina y la hemicelulosa son conocidos como de pudrición blanca selectiva y aumentan la capacidad de deformar la madera sin producir roturas únicamente dejándola blanquecina, con baja densidad y con aspecto fibroso e incluso enharinado (Valderrama Maiques, 2017: pp.162-163). Los más importantes son: *Xylaria hypoxylon*, *Eutypa flavovires*, *Polystictus versicolor* y *Schizophyllum commune* y generalmente afectan más a maderas frondosas que a coníferas, debido a que las primeras tienen un mayor contenido de lignina (Remacha Gete, [sin fecha]: p.1).

#### 1.3.4.2. Pudrición parda

También se le llama pudrición cúbica y es la más seria y peligrosa. Es provocada por hongos que ocasionan una degradación parcial de la celulosa y hemicelulosa, una vez descubierto el daño se aprecia residuos marrones constituidos principalmente por lignina, de manera que la madera adquiere una coloración parda (Valderrama Maiques, 2017: p.163), además disminuye el peso, las propiedades físicas y mecánicas de la misma. Provocan agrietamientos en tres direcciones del espacio; largo, alto y ancho, que da lugar a figuras cúbicas en la madera las cuales disgregan con facilidad (Ruiz Salazar, 2017: p.9).

Existe dos tipos de pudrición parda, la seca y la húmeda; la primera va desde los 22% como límite mínimo para el ataque, los hongos más comunes son: *Coniophora cerebelia*, *Merulius lacrymans*. Y la pudrición parda humedad se da cuando la madera está con una humedad de 40-50%, y los hongos más comunes son: *Lencites betulina*, *Deadalea quercina*, *Lencites abietina*, *Coniophora cerebella* y *Poria vaillantii* (Remacha Gete, [sin fecha]: p.2).

#### 1.3.4.3. Pudrición blanda

Esta degradación es causada por hongos cuyas hifas se desarrollan en el interior de la pared celular de las células parenquimáticas y atacan principalmente la celulosa contenida en la pared secundaria, lo que suele ocurrir cuando la madera tiene un alto contenido de humedad (Valderrama Maiques, 2017: pg. 163), y se encuentren en contacto con la tierra, la madera afectada presenta un aspecto esponjoso y blando perdiendo su fuerza mecánica. El hongo más importante de esta pudrición es *Chaetomium globosum* (Remacha Gete, [sin fecha]: p.2).

#### 1.3.5. Efectos causados sobre la madera

Los efectos en la madera pueden variar desde árboles en pie hasta madera seca, en el primer caso es poco común a excepción que el árbol este expuesto a una constante exposición de agua o a condiciones atmosféricas que permitan el desarrollo del hongo. La degradación patógena presente en especímenes en pie pueden conducir a la muerte de los mismos provocando pérdidas en la calidad y cantidad de madera y además ponen en riesgo su estabilidad (Murace, 2019).

En madera aserrada o seca el peligro es mayor, pues estas aparte de estar en contacto con el piso o en bodegas que no dispongan de un buen acondicionamiento el hongo se desarrollaran con mayor rapidez. Por ejemplo los mohos no influyen en las propiedades de resistencia mecánica de la madera, solamente se desarrollan en su superficie y no en el interior, no obstante provocan un cambio de color, desprendimiento de polvo, mal olor y demás en la madera debido a que producen proliferaciones algodonosas de micelio de diversas tonalidades. Normalmente estos se desarrollan en los depósitos y patios de madera aserrada, cuando el material no se apila correctamente y se impide de esta forma un secado rápido (Berrocal Jiménez, 2006: p.7).

Los hongos cromógenos debido a que sus desechos metabólicos producen una pigmentación azulada-negruzca provocan cambios de coloración en los tejidos de la madera, el ataque se da durante la época de corta y el almacenamiento de las trozas. Normalmente las maderas de colores claros tienden a mancharse más fácilmente que las maderas oscuras, lo mismo que las maderas menos densas. La mancha azul no causa efecto considerable en esfuerzos de flexión, compresión, pero si es muy intenso reduce la resistencia al impacto, disminuye la velocidad de secado y aumenta la susceptibilidad a la pudrición (Berrocal Jiménez, 2006: p.7).

Los hongos de pudrición van más allá de un daño en las características físicas, sino que específicamente afectan sus características mecánicas reduciendo la densidad, peso, flexión, la compresión, trabajabilidad y exponiendo a la madera a grietas y rupturas con facilidad. En los tres casos, las pérdidas económicas son altas pues cuando la madera presenta inconvenientes simplemente es un producto desperdiciado que no genera ganancias.

## **1.2. Durabilidad natural de la madera**

La durabilidad natural de la madera se debe a la presencia de sustancias tóxicas en la misma (Ramos León et al., 2016a: p.82), esta propiedad está influenciada por la interacción de la composición química de sus protectores naturales o llamados también extractivos con las condiciones ambientales (De La Cruz Carrera et al., 2018: p. 105). Estos extractivos se forman en la madera durante el proceso de transformación de duraminización y van quedando fijas de manera progresiva en el duramen (Ramos León et al., 2016a: p.82).

Esta propiedad de la madera varía ampliamente en especie, edad del individuo y las condiciones en las cuales se desarrolló, no solo varía entre los árboles de la misma especie, sino también al interior del mismo (Fabián Hidalgo, 2020: p.7) y de acuerdo a esto (Durán y Tuset, 1980; citado en Ramos León et al., 2016a: p.82) menciona que la albura y el duramen tienen diferentes resistencias a los organismos que se deterioran. Por ejemplo, la albura generalmente tiene sustancias de reserva como el azúcar y el almidón que la hacen apetecible para los organismos xilófagos. A comparación del duramen, que mostrará una mayor resistencia al contener otros tipos de sustancias propias del proceso de duraminización (aceites, taninos, gomas y sustancias hidrosolubles de alta toxicidad) dicho proceso reduce la susceptibilidad de la madera a la pudrición.

También, Touza (2015: p.6) menciona que, la menor durabilidad de la albura respecto del duramen ya era conocida desde hace mucho tiempo, específicamente por los romanos ya que limpiaban la albura existente en los elementos estructurales de pino, ciprés o roble empleados para la edificación. Incluso hasta el siglo XIX, numerosos tratados de construcción sólo consideraban aprovechable el duramen, por ello a lo largo del tiempo varias generaciones de carpinteros y constructores han seleccionado especies con una alta durabilidad natural.

Por lo mencionado anteriormente, es difícil establecer con certeza la durabilidad de una madera para una especie en particular, ya que no solo depende de las condiciones de desarrollo, sus características dendrológicas, su origen genético, la silvicultura, el clima; como también, puede disminuir desde la base hacia el ápice del fuste, o probablemente aumentar con la edad y su diámetro del árbol (Fabián Hidalgo, 2020: p.7).

### 1.2.1. Tablas de índices de durabilidad natural

La interpretación de la durabilidad se realiza mediante el cálculo del porcentaje de pérdida de peso de las probetas de madera utilizadas en el ensayo. La fórmula usualmente utilizada es la citada por (González Flores y Yataco Pérez, 2016: p.5), donde:

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

Donde,

**%PP:** Pérdida de peso (%)

**PSI:** Peso seco inicial (gr) antes del proceso de pudrición

**PSF:** Peso seco final (gr) después del proceso de pudrición

#### 1.2.1.1. Clasificación según norma ASTM D- 2017

En este caso la tabla presenta 4 clases de durabilidad natural de la madera con respecto a la pérdida de peso.

**Tabla 1-1:** Clasificación según la Norma ASTM D-2017 para maderas expuestas a pruebas con hongos xilófagos en laboratorio.

Clase	Pérdida de peso (%)	Grado de resistencia al hongos xilófagos
A	0-10	Altamente resistente
B	11-24	Resistente



C	25-44	Moderadamente resistente
D	>45	No resistente

**Fuente:** Norma ASTM D-2017 citado en (Ruiz Salazar, 2017: p.11).

### 1.2.1.2. Clasificación de Findlay

Esta tabla se caracteriza por que el porcentaje de pérdida de peso se lo interpreta también con el tiempo de vida útil que se espera de esa madera.

**Tabla 2-1:** Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo.

Grado	Pérdida de masa (%)	Tiempo de vida útil esperada (años)
Altamente resistente	0-1	25
Resistente	1-5	15-25
Moderadamente resistente	5-10	10-15
Poco resistente	10-30	5-10
No resistente	30	5

**Fuente:** Findlay citado en (Ruiz Salazar, 2017: p.10).

### 1.2.2. Factores responsables de la durabilidad

(Hunt y Garrat, 1952; citados en Gonzáles Flores y Yataco Pérez, 2016: p.2) mencionan que, la mayor durabilidad natural existente en el duramen sobre la albura, se atribuye a ciertos cambios químicos que se producen durante la transformación de la albura en duramen denominado duraminización. Y se debe al depósito de ciertos productos en las células del duramen llamadas extractivos, tales como aceites esenciales, resinas, compuestos fenólicos, gomas, taninos, sustancias hidrosolubles, entre otros.

La resistencia del duramen a la pudrición varía en la dirección radial y generalmente es más fuerte en el duramen exterior y disminuye hacia la medula; asimismo, el duramen externo de árboles viejos es más resistente a la pudrición que el de los árboles jóvenes, este aumento se debe a la producción de una mayor cantidad de extractivos o a la producción de extractivos altamente tóxicos en árboles viejos (Kollman, 1959; citados en Gonzáles Flores y Yataco Pérez, 2016: p.2).

Trujillo (1985; citados en Gonzáles Flores y Yataco Pérez, 2016: p.2) señala que, la durabilidad natural de la madera se correlaciona con la mayor acumulación de sustancias tóxicas llamadas extractivos, y también se menciona que no existe una correlación clara entre la densidad y la resistencia fungosa.

Los factores responsables de la durabilidad de la madera dependen notablemente de las características y condiciones propias de la madera Fabián Hidalgo (2020: p.8), con su forma de uso, la complejidad del leño, el contenido de nitrógeno de la madera, la cristalinidad de la celulosa, el contenido de sílice y demás (Gonzáles Flores y Yataco Pérez, 2016: p.2).

### ***1.2.3. Métodos para determinar la durabilidad***

Según, Fabián Hidalgo (2020: pp.8-9) la durabilidad de la madera se puede determinar de dos formas, la primera en campo llamado también cementerio de estaca; las cuales se realizan en áreas que cumplan con las características climáticas (temperatura y humedad relativa), la presencia de hongos xilófagos y termitas subterráneas, vegetación y tipo de suelo. El periodo de estudio varía de 2 años como tiempo mínimo y un máximo indefinido, dependiendo del comportamiento de la madera. Y el segundo con pruebas aceleradas de laboratorio, en la cual se evalúa la pérdida para conocer la durabilidad natural de la madera. “Existen básicamente dos métodos conocidos como: Método agar/block según la norma EN 350 -1, y el Método Soil/block según la norma ASTM D 2017 (ASTM, 2005). Ambas con una duración de tres a seis meses, bajo el mismo principio de someter a la madera a una especie de hongo en particular”.

### **1.3. Densidad básica de las maderas**

Díaz- vaz (1981; citado en Barría et al., 2017: p.350) define a la densidad básica como la relación entre el peso y el volumen de la madera medido en estado anhidro y saturado respectivamente. La densidad básica de la madera es una de las propiedades físicas más importantes de la misma, normalmente es

utilizada como un factor de predicción de uso final (Vázquez-Cuecuecha et al., 2015: p.130) y como indicador de calidad de las plantaciones forestales, también se relaciona con la calidad de los procesos de transformación industrial y se relaciona fácilmente con otras propiedades de la madera y con la calidad de producto final (Barría et al., 2017: p. 350).

La densidad es una propiedad que refleja una amplia variación entre y dentro de especies e incluso individuos de la misma especie, por ende posee un fuerte control genético en la formación de la madera y que es posible manipular genéticamente (Valencia Manzo y Vargas Hernández, 2016: p.82). En la variación de la densidad influyen también factores ambientales, climáticos, manejo, edad y condiciones de desarrollo de la especie (Vázquez-Cuecuecha et al., 2015: p.130). Además, (Valencia Manzo y Vargas Hernández, 2016: 82) menciona que “la productividad total en biomasa de un rodal no puede determinarse a menos que se conozca la densidad promedio de la madera”. A lo anterior mencionado (Eufraide-Junior et al., 2017: p.290) en un estudio realizado menciona que la densidad aumenta con mayor dosis de fertilizantes y con el espaciamiento de la plantación.

En cuanto a la relación que posee la densidad básica con la resistencia a la pudrición de la madera (García Brancacho, 2008: p.38) menciona que la alta resistencia a la pudrición está asociada al mayor peso de las maderas duras tropicales y está relacionada directamente con el porcentaje de extractivos presentes en la madera. También (González Flores y Yataco Pérez, 2016: p.13) en sus estudios de durabilidad, menciona que no presenta correlación significativa con la resistencia a la acción destructiva del hongo xilófago.

### ***1.3.1. Métodos para determinar la densidad básica***

Existen diversas normas para el cálculo de la densidad básica de la madera, una de ellas es la Norma COPANT 461 la cual sugiere la dimensión que debe tener las probetas y los instrumentos que se utilizaran y presenta la siguiente fórmula:

$$Db = \frac{Po}{Vv}$$

**Fuente:** (NORMA COPANT, 1972).

Donde,

Db: Densidad básica (g cm<sup>-3</sup>)

Po: Peso Anhidro de la madera secado en la estufa (g)

Vv: Volumen verde de la probeta (cm<sup>3</sup>)

Otra norma utilizada es la es IRAN 9544, la cual detalla que se emplea 10 probetas por especie y con cubos de 2cm de aristas y con la siguiente formula:

$$Db = \frac{Psh}{Vv}$$

**Fuente:** (Norma IRAN 9544; citado en Gonzáles Flores y Yataco Pérez, 2016: p.6).

Donde,

Db: Densidad básica (gr/cc)

Psh: Peso seco al horno (gr)

Vv: Volumen verde (cc)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Área de estudio

Las muestras de *Gmelina arborea* y *Tectona grandis* utilizadas en la investigación, proceden de plantaciones forestales ubicadas en la provincia de Santo domingo de los Tsáchilas en la parroquia Luz de América. Y la investigación como tal, se llevó a cabo en el laboratorio de Ciencias biológicas de la misma facultad de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### 2.2. Equipos y materiales

##### 2.2.1. Equipos

##### Equipos de laboratorio

- Agitador FISHER MODEL 210T
- Asa microbiana FISHER
- Balanza de precisión OHAUS
- Bisturí MEDICAL EXPO
- Cabina de flujo laminar LABCONCO
- Cajas Petri (10cm de diámetro)
- Esterilizador (autoclave) CHAMBERLAND
- Estufa MEMMERT
- Frascos de vidrio 250ml
- Incubadora REVCO
- Pinzas

## **Equipos de campo**

- Cámara fotográfica (Celular cámara de 16 Mpx)
- Cinta métrica STANLEY (30m)
- Fundas plásticas (70\*90cm)
- GPS (aplicación UTM Geo Map)
- Libreta de campo
- Machete BELLOTA
- Motosierra STIHL MS 250
- Papel periódico
- Prensa de madera

## **Reactivos**

- Agar-agar POWDER
- Agua destilada
- Alcohol 70°
- Cloro (Clorox)
- Machica
- Pony malta

### **2.2.2. *Materiales***

- a. **Madera:** la madera de las dos especies forestales, fueron seleccionadas bajo el criterio de la norma COPANT 458 y las cuales proceden de Plantaciones Forestales ubicadas en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en la parroquia Luz de América, la cual presenta las siguientes características.

**Tabla 1-2:** Características climáticas y edáficas del lugar de procedencia de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm y *Tectona grandis* L.f.

Temperatura anual (°C)	Precipitación anual (mm)	Evaporación anual (mm)	Humedad relativa anual (%)	Heliofanía (horas)	Suelo
24,5	2371,6	764,8	87	605,9	Arcillo-limoso

Fuente: (INAMHI, 2014: p.33).

Realizado por: Vásquez Karina, 2021.

**Tabla 2-2:** Características dasométricas de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm y *Tectona grandis* L.f. especies seleccionadas para el ensayo de durabilidad natural.

Especie	Edad	Altura promedio	DAP promedio	Ubicación
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	4 años	25m	0,30m	Hacienda Santa Elina
<i>Tectona grandis</i> L.f.	40 años	32m	0,60m	Recinto Carlos Julio, hacienda San Fernando.

Realizado por: Vásquez Karina, 2021.

Las probetas se obtuvieron tanto de la parte alta (copa) como la parte baja (fuste), el tamaño de las mismas fue de 2cm<sup>3</sup>, en este caso no se tomó en cuenta la separación de albura y duramen.

- b. **Hongo Xilófago:** Se empleó el hongos xilófago *Ganoderma sp*, perteneciente a la familia de las Poliporaceas el cual es recomendado para estudios de este tipo, debido a la facilidad que tiene para remover la lignina antes o al mismo tiempo que remueve el componente de celulosa de la madera. El mismo que fue propagado hasta obtener una densidad de micelio óptimo para la inoculación en el medio de cultivo de la cámara de experimentación.
- c. **Medio de cultivo:** se utilizó como medio de cultivo; malta agar modificado.

### 2.2.3. Metodología

Para determinar la durabilidad de las especies se usó como referencia lo indicado en la Norma ASTM D 2017 recomendado en la metodología (Claros Cuadrado et al., 2017), (González Flores y Yataco Pérez, 2016) y (Ramos Leon et al., 2016).

#### 2.2.3.1. Diseño experimental

El diseño empleado para conocer las variables fue un DCA con estructura factorial (dos factores).

- Factor “A”: Especies forestales

A1. *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.

A2. *Tectona grandis* L.f

- Factor “B”: Sección del árbol

B1. Sección Alta

B2. Sección Baja

- Tratamientos

**T1:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.+ Sección Alta (Árbol #1)

**T2:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.+ Sección Baja (Árbol #1)

**T3:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.+ Sección Alta (Árbol #2)

**T4:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.+ Sección Baja (Árbol #2)

**T5:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.+ Sección Alta (Árbol #3)

**T6:** *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.+ Sección Baja (Árbol #3)

**T7:** *Tectona grandis* L.f.+ Sección Alta (Árbol #1)

**T8:** *Tectona grandis* L.f + Sección Baja (Árbol #1)



**T9:** *Tectona grandis* L.f + Sección Alta (Árbol #2)

**T10:** *Tectona grandis* L.f + Sección Baja (Árbol #2)

**T11:** *Tectona grandis* L.f + Sección Alta (Árbol #3)

**T12:** *Tectona grandis* L.f + Sección Baja (Árbol #3)

- Repeticiones: 3
- Unidad experimental:  $2*2*3= 12$  unidades experimentales

6 probetas o cubos de madera por cada repetición, 72 cubos en total.

#### 2.2.3.2. Procedimiento

- Para el objetivo 1: Evaluar la pérdida de peso en las probetas de las dos especies forestales

La resistencia de la madera al ataque del hongo se conoció mediante la durabilidad Natural de la misma, para aquello primero se necesita realizar el análisis de la pérdida de peso de las probetas, por ende los objetivos 1 y 2 están íntimamente relacionados. Y esto se realizó mediante los siguientes pasos:

- a. Preparación de Probetas de madera: De las muestras de madera de las especies en estudio se obtuvieron probetas de 2x2x2 cm convenientemente orientados, las probetas de madera de las 2 especies en estudio fueron sometidas a una desinfección externa mediante la utilización de cloro al 10% en solución, las probetas fueron sumergidas en esta solución por 10 minutos, concluidos los mismos se procedió a lavar sucesivamente con agua destilada estéril hasta eliminar por completo el olor a cloro, y luego fueron secadas a 70°C en estufa por 30 min, a fin de referenciar un peso seco inicial.
- b. Preparación del medio de cultivo: El medio de cultivo empleado fue malta agar modificado, donde se utilizó como composición: Agar-agar 10 gr, machica 20 gr, pony malta 100ml y agua destilada 500ml (sin corrección de pH). El medio fue esterilizado en autoclave por 20 min,

posterior a esto y en la cámara de flujo laminar se colocó 1 capsula de cloranfenicol (antibiótico) por cada 500ml cultivo, inmediatamente después de esto se colocó el medio en cajas Petri esterilizadas y se instalaron los micelios con una asa microbiana en 4 puntos de las mismas y se incubaron a temperatura ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) durante dos semanas.

- c. Preparación de las Cámaras de degradación: En los frascos de vidrio, se adiciono 25 ml del medio malta agar (modificado), previamente esterilizado. Seguidamente se realizó la inoculación de los hongos de prueba, para lo cual se inoculó secciones cuadradas (1 cm de lado) del hongo xilófago previamente cultivados en cajas Petri durante 2 semanas. Una vez replicado el hongo en los frascos, se incubo en la cámara durante 13 días a temperatura ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) y con las tapas abiertas  $\frac{1}{4}$  de vueltas.
  - d. Acondicionamiento de probetas de madera: Luego de los 13 días de desarrollo del hongo xilófago se colocó una probeta de madera sobre el manto fungoso e inmediatamente se incubó, por un espacio de 12 semanas a una temperatura ambiente ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) iniciándose así el proceso de degradación. La humedad de las probetas fue controlada mediante la adición de agua destilada de acuerdo al requerimiento de las unidades experimentales en función al tiempo de incubación.
  - e. Cálculo de Pérdida de Peso: Una vez concluidas las 12 semanas de exposición al hongo, la masa fúngica de las probetas fue retirada de su superficie y colocadas en la estufa a  $105^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, hasta lograr el peso seco constante. Calculando así el porcentaje de pérdida de peso (%PP) de cada probeta de madera empleando la siguiente relación:  $\%PP = [(PSI - PSF)/PSI] \times 100$ .
- Para el objetivo 2: Determinar la resistencia al ataque del hongo xilófago en las dos especies forestales

La resistencia de las dos especies en estudio se evaluó en función de la perdida de leño expresado en porcentaje, es decir, la diferencia que resulta del peso inicial (PSI) (antes de la exposición al hongo xilófago) y eso peso final (PSF) (después de la exposición al hongo xilófago), este método se conoce por ser el más sencillo, rápido y aplicable para maderas susceptibles a gran deterioro.

Una vez conocido el porcentaje de la pérdida de peso (%PP) fueron interpretados mediante la Norma ASTM D- 2017 (Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods) en la tabla 1-1 y también la tabla de interpretación de Findlay que le añadiría el tiempo de vida útil esperada observada en la tabla 2-1.

- Para el objetivo 3: Determinar la influencia de la densidad básica en la resistencia de pudrición de las especies

Para relacionar la densidad con la durabilidad de la madera se trabajó con los siguientes pasos:

- a. Preparación de las probetas: adaptadas al procedimiento de la normal IRAN 9544 se empleó 4 probetas 2\*2\*2cm por sección de árbol, con sus caras bien pulidas, las mismas que fueron llevadas a la estufa a 103°C por 24h para obtener su peso seco.
- b. El volumen verde: Para el volumen verde, se tomó la medida de 3 caras de los cubos tomando como referencia la fórmula de volumen (alto\*ancho\*longitud).
- c. Cálculo de la densidad básica: Con dos datos de peso y volumen, se realizó el cálculo de la densidad con la siguiente formula:  $Db = Psh/Vv$ .
- d. Interpretación de datos: se realizó mediante la relación entre la densidad básica obtenida con las tablas de resistencia obtenidas en el objetivo 2.

La interpretación de los datos del objetivo 1 y 3 se realizó mediante un ANOVA, en el programa estadístico InfoStat.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Porcentaje de pérdida de peso de las especies

Los resultados para *Gmelina arborea* observados en la tabla 1-3 presenta valores oscilan entre 63,86 y 67,57%, estos datos se asemejan a un estudio realizado por García Brancacho, (2008: pp.34-35) en una especie similar (*Jacaranda copaia*) donde obtuvo una pérdida de peso de 73,06% bajo la acción del hongo xilófago *Polyporus versicolor* y 71,63% con el hongo *Heterobasidium annosum*. Sin embargo en un estudio realizado por Equihua Equihua, (2018: p.45) para conocer los efectos de termotratamientos en la resistencia de la pudrición de la madera de *Gmelina arborea* señala una pérdida de peso menor a la obtenida en nuestro estudio; 7,91 y 7,08% para madera natural; 8,96 y 26,27% para madera tratada térmicamente en aire y 17,09 a 7,91% para madera tratada en aceite caliente esto en 3 y 6 meses respectivamente y con *Trametes versicolor*. Estos valores notablemente son inferiores a los obtenidos en nuestro estudio y esto se debe, como menciona el tema a la aplicación de tratamientos preventivos para evitar la pudrición de la madera y por ende lograr un tiempo más largo de vida útil.

**Tabla 1-3:** Porcentaje de pérdida de peso por sección del árbol de *G.arborea*, bajo la acción de *Ganoderma sp.*

	Tratamientos	Peso Seco Inicial (PSI)	Peso seco final (PSF)	Pérdida de peso (%)
Arb.1	Sección Alta	47,76	15,49	67,57
	Sección Baja	45,76	15,62	65,87
Arb.2	Sección Alta	47,67	17,23	63,86
	Sección Baja	48,02	15,79	67,12
Arb.3	Sección Alta	45,41	15,43	66,02
	Sección Baja	47,07	15,84	66,35

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

En la tabla 2-3 se detalla la pérdida de peso por sección y por árbol de *Tectona grandis* por la acción del hongo xilófago *Ganoderma sp.* Los resultados arrojan valores que oscilan entre 53,37 - 61,98%, a pesar de no tener una secuencia de variación; en la sección alta del árbol 2 y la sección baja del

árbol 3 existe una tendencia a una mayor pérdida de peso. Estos datos son similares a los encontrados por (Moya et al., 2009: p.127) en plantaciones de 13 años de *T. grandis* donde utilizaron hongos como *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus* y los valores de pérdida de peso fueron menores al 11% para el duramen y la albura manifestó valores de 30 y 50% para *T. versicolor* y valores ligeramente menores (10-35%) para *P. sanguineus*. Sin embargo, (Fabián Hidalgo, 2020: pp.51-53) en su estudio realizado mostró valores que varían de 7,3 y 11,2 % para duramen y 14,2 y 26,8 % para albura, siendo *P. sanguineus* el hongo que mayor consumo de leño presentó.

De acuerdo a los estudios detallados, la diferencia de la pérdida de peso varía entre albura y duramen; por ende, nuestros resultados se pueden atribuir a que, las probetas utilizadas corresponde solamente a la albura la cual posee sustancias atractivas que la hacen más a fin al ataque del hongo o también a la utilización de otra especie de hongo xilófago. A esto se puede atribuir también, que la especie utilizada tiene una edad de 40 años y estudios mencionan que a mayor edad de la especie más susceptible al ataque de patógenos resulta, además (Fabián Hidalgo, 2020: pp.51-53) señala que el comportamiento de la variable pérdida de peso resulta altamente variable, en cuanto a lugar de procedencia de la madera y la edad del árbol. También (García Brancacho, 2008: p.35) menciona que las pruebas aceleradas de durabilidad en laboratorio se refieren mayormente a la acción destructiva del hongo en la madera que a su resistencia.

**Tabla 2-3:** Porcentaje de pérdida de peso por sección del árbol de *T. grandis*, bajo la acción de *Ganoderma sp.*

	Tratamientos	Peso Seco Inicial (PSI)	Peso seco final (PSF)	Pérdida de peso (%)
<b>Arb.1</b>	Sección Alta	61,76	28,8	53,37
	Sección Baja	61,71	26,44	57,15
<b>Arb.2</b>	Sección Alta	52,11	20	61,62
	Sección Baja	58,85	23,92	59,35
<b>Arb.3</b>	Sección Alta	56,55	26,32	53,46
	Sección Baja	64,13	24,38	61,98

**Realizado por:** Vásquez Karina, 2021.

**Tabla 3-3:** Análisis de varianza (ANOVA) para el porcentaje de pérdida de peso de *T. grandis* y *G. arborea*.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
<b>Modelo</b>	77,88	3	25,96	9,47	0,0052
<b>Especie</b>	72,05	1	72,05	26,28	0,0009 **
<b>Sección</b>	4,01	1	4,01	1,46	0,2611 n.s
<b>Especie*Sección</b>	1,82	1	1,82	0,66	0,4386 n.s
<b>Error</b>	21,94	8	2,74		
<b>Total</b>	99,82	11			

n.s=No existen diferencias significativas; \*\*=diferencia significativas

**Realizado por:** Vásquez Karina, 2021.

A pesar de existir pequeñas variaciones en el porcentaje de pérdida de peso de las dos especies ya sea por sección o por árbol, corroborado (Tapia Campos, 2010: p.20) al decir que la diferencia de pérdida de masa entre los árboles puede deberse a que exista una mayor pérdida en algunas posiciones a diferencia de otras en el mismo árbol. Sin embargo, al realizar el ANOVA correspondiente (tabla 3-3) no existe un efecto en el porcentaje de pérdida de peso en la interacción, ni en el factor sección pero si en el factor especie, esto se debe a que la teca posee propiedades físicas y mecánicas que la hacen considerar como una madera dura de alta calidad por ende la pérdida de peso va ser menor a comparación de melina.

### 3.2. Resistencia a la pudrición

La resistencia de la madera se evaluó mediante la Norma ASTM D- 2017 (Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods) y la interpretación de Findlay. En las tablas 4-3 y 5-3, se detallan los valores de pérdida de peso encontrados en cada uno de los árboles y con este la clasificación correspondiente a su resistencia. Para las dos especies estudiadas el grado de resistencia fue “No resistente” y por ende obtuvo la clasificación D, esperando con ello una vida útil de 5 años aproximadamente, en este caso no existe diferencias en la resistencia ni por árbol, ni por sección y tampoco por especie pues sus valores son superiores al 45% del promedio de pérdida de peso para las dos especies.

Para melina, los datos obtenidos son similares a los encontrados por (García Brancacho, 2008: p.41) en *J. copaia* especie semejante considerándose así una madera no durable frente al porcentaje de pérdida de peso. También, (Jiménez, 2016: pp.24-31) menciona que *Gmelina arborea* es poco durable en contacto con el suelo.

Para Teca el resultado hallado fue diferente a los encontrados por Fabián Hidalgo, (2020: p.80) quien menciona que la madera de *Tectona grandis* se clasifica según su durabilidad como resistente en el duramen y moderadamente resistente en la albura, independientemente del nivel de altura del fuste de donde se tomó la muestra y que la resistencia de la madera al ataque de hongos incrementa con la edad. Este diferente resultado se debe a la utilización de un hongo xilófago diferente y sobre todo a la edad de las muestras recolectadas, pues a mayor edad más susceptibilidad al ataque de patógenos resulta y por ende su resistencia a la pudrición va ser menor.

También esta clasificación de “No resistente” se puede atribuir al contenido de hongos endófitos presentes en los árboles de esta especie, quienes se adaptan y proliferan cuando la madera empieza su estado de descomposición en esta caso cuando *Ganoderma* inicio su proceso de degradación los micelios que estaban inhibidos se activaron, pues según (MACAYA-SANZ et al., 2017: p.11) las especies forestales albergan una gran diversidad de hongos endófitos, a pesar que estos hongos se caracterizan por la adaptación a vivir en tejidos vivos, otra parte se adapta y prolifera cuando los tejidos de la planta empiezan a morir, evidenciando así implicación de estos hongos saprofitos en las etapas iniciales de degradación de la madera.

**Tabla 4-3:** Clasificación de Findlay, durabilidad natural y resistencia de la madera de *G. arborea* al ataque del hongo xilófago.

#Árbol	Pérdida de peso (%)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación	Tiempo de vida útil esperada (años)
Arb.1	66,72	No resistente	D	5
Arb.2	65,49	No resistente	D	5
Arb.3	66,18	No resistente	D	5

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

**Tabla 5-3:** Clasificación de Findlay, durabilidad natural y resistencia de la madera de *T. grandis* al ataque del hongo xilófago.

#Árbol	Pérdida de peso (%)	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación	Tiempo de vida útil esperada (años)
Arb.1	55,26	No resistente	D	5
Arb.2	60,49	No resistente	D	5
Arb.3	57,72	No resistente	D	5

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

### 3.3. Relación de la densidad básica con la resistencia

Para *G. arborea*, los datos de densidad oscilan de 0,31-0,35 g cm<sup>-3</sup> como se observa en la tabla 6-3, atribuyéndose así una densidad básica baja. Este resultado son similares a los obtenidos por (Rojas Rodríguez et al., 2004: p.232) con valores de 0,38 g cm<sup>-3</sup> para arboles mejorados y 0,39 g cm<sup>-3</sup> para arboles sin mejora.

**Tabla 6-3:** Densidad básica y clasificación de la resistencia de *Gmelina arborea* por árbol.

#Árbol	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación de la resistencia
Arb.1	0,35	No resistente	D
Arb.2	0,31	No resistente	D
Arb.3	0,31	No resistente	D

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

Los resultados de la densidad para *T. grandis* se detallan en la tabla 7-3, cuyos valores oscilan de 0,43-0,53 g cm<sup>-3</sup> identificándose como una densidad básica media, estos resultados se asemejan a los encontrados por (Blanco-Flórez et al., 2014: p.16) en plantaciones de 13 años obteniendo una densidad promedio de 0,54 g cm<sup>-3</sup> y clasificando a la teca como una especie de densidad básica media y por ende como una madera pesada (0,50 a 0,6 g cm<sup>-3</sup>). También (Antonio et al., 2017: p.47) menciona que en estudios realizados en países como Bolivia en plantaciones de 8 años se obtuvo una densidad básica de 0,58 g cm<sup>-3</sup> y en México con plantaciones de 21 años 0,60 g cm<sup>-3</sup>. La pequeña variación de los



valores encontrada el árbol 2 se puede atribuir a las condiciones de desarrollo, la variación espontanea de la edad, entre otros; lo que corrobora (Roque, 2002: p.48) atribuyendo que la densidad de la especie depende de distintos factores; manejo silvicultural, procedencia, genética, factores climáticos, factores edáficos entre otros y que además a mayor edad de la madera mayor densidad básica.

**Tabla 7-3:** Densidad básica y clasificación de la resistencia de *T. grandis* por árbol.

#Árbol	Densidad básica (g/cm <sup>3</sup> )	Grado de resistencia al hongo xilófago	Clasificación de la resistencia
Arb.1	0,53	No resistente	D
Arb.2	0,43	No resistente	D
Arb.3	0,53	No resistente	D

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

**Tabla 8-3:** Análisis de varianza (ANOVA) para la densidad básica de *T.grandis* y *G.arborea*.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	3	0,03	10,21	0,0041
Especie	0,09	1	0,09	30,35	0,0006 **
Sección	6,7e-04	1	6,7e-04	0,22	0,6486 n.s
Especie* Sección	1,6E-04	1	1,6E-04	0,05	0,8213 n.s
Error	0,02	8	3,0E-03		
Total	0,11	11			

n.s=No existen diferencias significativas; \*\*=diferencia significativas

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

Al realizar el ANOVA observado en la tabla 8-3, no se evidencia una diferencia de densidad básica en la interacción, ni en el factor sección pero si en el factor especie. A pesar de ello la densidad básica no tiene relación alguna con la resistencia de la madera, pues las dos especies se clasifican como “No resistentes” y con un promedio de 5 años de vida útil. Estos resultados son corroborados por (González Flores y Yataco Pérez, 2016: p.13) en sus estudios de durabilidad, donde la densidad básica no presenta correlación significativa con la resistencia a la acción destructiva del hongo xilófago y (García Brancacho, 2008: p.38) que la alta resistencia a la pudrición está asociada al mayor peso de las maderas

duras tropicales y que la densidad está relacionada directamente con el porcentaje de extractivos presentes en las muestras. No obstante, mencionan que la densidad básica en forma general es un buen índice de durabilidad pero existen numerosas excepciones.

## CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se acepta la HIPÓTESIS NULA y se rechaza la HIPÓTESIS ALTERANTE.
- La pérdida de peso determina para *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. es; 66,13% y para *Tectona grandis* L.f; 57,82 respectivamente.
- Las especies forestales *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. y *Tectona grandis* L.f según el grado de resistencia al hongo *Ganoderma sp* se clasifican como maderas “**No resistentes**” adquiriendo así una clasificación “**D**” y mediante la tabla de interpretación de Findlay se espera una vida útil de 5 años.
- En este estudio la densidad básica de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. y *Tectona grandis* L.f, no tuvo correlación con la resistencia a la pudrición de la madera frente al hongo xilófago, a pesar de ser un índice que determine arbitrariamente la durabilidad de una especie en particular.

## RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda realizar estudios similares con la separación de albura y duramen esto con el objetivo de verificar la variación de la pérdida de peso en las mismas.
- Para conocer la resistencia de la madera frente al cualquier hongo xilófago, es recomendable estudios previos del contenido de hongos endófitos presentes en los árboles de las especies en estudio, pues con su presencia puede alterar o inhibir el crecimiento del hongo xilófago utilizado y también la utilización de cepas puras del hongo xilófago es importante para evitar la maduración rápida del micelio.
- Se recomienda realizar estudios con especies forestales cuya diferencia de densidad sea mayor a las especies utilizadas en este estudio, esto con el objetivo de comparar si en verdad la densidad básica influye o no en la resistencia que presenta la especie frente al hongo xilófago.
- Debido a que se utilizó un medio de cultivo de prueba, se recomienda comparar el desarrollo del hongo xilófago con medios de cultivo diferentes al utilizado.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALFIERI, P.** Control del deterioro de la madera mediante la acción de nano-impregnantes y recubrimientos sol-gel a base de silanos [En línea]. (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Argentina. 2018. pp.1-174. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66389>.

**ANÓNIMO.** Protección de la madera-Durabilidad natura y Agentes degradadores. [Consulta: 13 Abril 2021]. Disponible en:

[https://infomadera.net/uploads/productos/informacion\\_general\\_766\\_Madera\\_Agentes%20Degradadores\\_18.07.2011.pdf](https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_766_Madera_Agentes%20Degradadores_18.07.2011.pdf)

**ANTONIO, R; et al.** "Propiedades físico-mecánicas de la madera *Tectona grandis* L . F . De una plantación comercial en el estado de Michoacán Physico-mechanical properties of *Tectona grandis* L . F . Wood from a commercial plantation in the State of Michoacán". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2017, (México) 8(40), pp. 37-56. [Consulta: 05 Abril 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v8n40/2007-1132-remcf-8-40-00037.pdf>.

**BARRÍA, C; et al.** "Using resistography method for prediction of wood basic density in standing trees of *Pinus Radiata*". *Maderas: Ciencia y Tecnologia* [en línea], 2017, 19(3), pp. 349-362. [Consulta: 05 Marzo 2021]. ISSN 0718221X. DOI 10.4067/S0718-221X2017005000030. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v19n3/aop3017.pdf>.

**BERROCAL JIMÉNEZ, A.** "Clasificación de daños producidos por agentes de biodeterioro en la madera". *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* [en línea], 2007, (Costa Rica) 4(10), pp. 54-62. [Consulta: 03 Octubre 2020]. ISSN-e 2215-2504. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5123260>.

**BLANCO-FLÓREZ, J; et al.** "Caracterización de la madera joven de *Tectona grandis* L. F plantada en Brasil". *Madera y Bosques* [en línea], 2014, (Brasil) 20(1), pp. 11-20. [Consulta: 08 Noviembre 2020]. ISSN 14050471. DOI 10.21829/myb.2014.201172. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n1/v20n1a2.pdf>.

**CHAVES, E. & FONSECA, W.** *Tectona grandis* L.f. *Especie de Árbol de uso Multiple en América Central* [en línea]. Turrialba, Costa Rica: CATIE, 1991. [Consulta: 08 Noviembre 2020]. ISBN 9977571058. Disponible en: [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4173/Teca\\_Tectona\\_grandis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4173/Teca_Tectona_grandis.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CLAROS CUADRADO, J; et al.** "Durabilidad natural de la madera de *Pinus oocarpa* y *Pinus tecunumanii*, proveniente de plantaciones forestales en San Alberto, Oxapampa". *Revista Forestal del Perú* [en línea], 2017, (Lima, Perú) 32(2), pp. 70-77. [Consulta: 01 Octubre 2020]. Disponible en: [http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1038/pdf\\_11](http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1038/pdf_11).

**DE LA CRUZ CARRERA, R; et al.** "Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea], 2018, (Durango, México) 9(46), pp.103-129. [Consulta: de Octubre 2020]. ISSN 2007-1132. DOI 10.29298/rmcf.v9i46.144. Disponible en:

<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/editorial/index.php/forestales/article/view/144/1460>

**ELGUETA, P; et al.** Durabilidad natural de la madera de Pino oregon (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) [en línea]. Santiago, Chile: Instituto Forestal, Chile, 2019. [Consulta: 01 Octubre 2020]. ISBN 978-956-318-154-8. Disponible en:

<https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/29195/IT224.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.

**EQUIHUA EQUIHUA, M.L.** Efecto de termotratamientos en las propiedades físico- mecánicas, químicas y resistencia a la pudrición de la madera de *Gmelina arborea* [En línea]. (Trabajo de titulación), (Posgrado) Universidad Michoacana de San Nicolás De Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 2018. pp. 1-72. [Consulta: 08 Abril 2021]. Disponible en:

[http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB\\_UMICH/229/FITECMA-M-2018-1986.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/229/FITECMA-M-2018-1986.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

**EUFRADE-JUNIOR, H; et al.** "Effect of silvicultural management on wood density from short rotation forest systems". *Maderas: Ciencia y Tecnologia* [en línea], 2017, 19 (3), pp. 285-292. [Consulta: 05 Marzo 2021]. ISSN 0718221X. DOI 10.4067/S0718-221X2017005000024. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v19n3/aop2417.pdf>.

**FABIÁN HIDALGO, K.N.** Durabilidad natural de madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) procedente de Chanchamayo - Junín [En línea]. (Trabajo de titulación), (Grado) Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Ciencias Forestales, Lima, Perú. 2020. pp.1-113. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4388/fabian-hidalgokarennathaly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**FONSECA GONZÁLEZ, W.** Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica Heredia, [en línea]. 2003. pp.1-112. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en: <https://www.fonafifo.go.cr/media/1332/manual-para-productores-de-teca.pdf>.

**GARCÍA BRANCACHO, L.C.** Durabilidad natural en maderas de *Miconia barbeyana* Cogniaux, *Jacaranda copaia* ( Aubl .) D . Don y *Schizolobium amazonicum* ( Huber ) Ducke a la accion de los hongos *Polyporus versicolor* L . ex Fr Y *Heterobasidium annosum* ( Fr .) Karst [En línea]. (Trabajo de titulación), (Grado) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú. 2008. pp. 1-80. [Consulta: 07 Abril 2021]. Disponible en:

<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/672/T.FRS45.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**GONZABAY RAMOS, J.A.** Efectos de seis sustratos, en plantas de melina (*Gmelina arborea*) para la producción en vivero, en la zona de Babahoyo [En línea] (Trabajo de titulación) , (Grado) Universidad Técnica De Babahoyo, Facultad De Ciencias Agropecuarias, Escuela De Ingeniería Agronómica, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. 2016. pp.1-56. [Consulta: 09 Noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3026/TE-UTB-FACIAG-INGAGRON-000007.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**GONZÁLES FLORES, V.R. & YATACO PÉREZ, A.** "Durabilidad natural de diez maderas de madre de dios a la acción de tres hongos xilofagos". *Revista Forestal del Perú* [en línea], 2016, (Lima, Perú) 14(1), pp. 1-14. [Consulta: 30 Septiembre 2020]. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/141/139>.

**INAMHI.** Anuario meteorológico. Dirección de gestión meteorológica [En línea] 2014. vol. 51, pp. 149. [Consulta: 05 abril 2021]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wpcontent/uploads/anuarios/meteorologicos/Am2011.pdf>.

**INIAP.** Etiología de la ‘Muerte Regresiva’ en teca en Ecuador y rol de insectos en su dispersión [blog] [En línea] Mayo de 2017. [Consulta: 09 Noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2019/04/Proyecto\\_Teca\\_Muerte\\_Regresiva.pdf](https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/wp-content/uploads/2019/04/Proyecto_Teca_Muerte_Regresiva.pdf).

**JIMÉNEZ, L.** *El cultivo de la melina (Gmelina arborea Roxb) en el trópico* [en línea]. Sangolquí, Ecuador: ESPE (Universidad de las Fuerzas Armadas), 2016. [Consulta: 09 Noviembre 2020]. ISBN: 978-9978-301-86-9. Disponible en: [https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11687/4/CULTIVO\\_DE\\_LA\\_MELINA.pdf](https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11687/4/CULTIVO_DE_LA_MELINA.pdf).

**MACAYA-SANZ, D; et al.** *Diversidad de hongos endófitos en especies forestales y su posible papel en la defensa de su hospedante y la degradación de la madera* [en línea]. Sociedad E. S.L.: 7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL. 2017. [Consulta: 05 Abril 2021]. ISBN 978-84-941695-2-6. Disponible en: [http://oa.upm.es/50565/1/INVE\\_MEM\\_2017\\_274849.pdf](http://oa.upm.es/50565/1/INVE_MEM_2017_274849.pdf).

**MOYA, R; et al.** “Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica”. *Investigación Agraria Sistemas y Recursos Forestales* [en línea], 2009, (Brasil), 18(2), pp. 119-131. [Consulta: 05 Abril 2021]. ISSN 11317965. Disponible en: [http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/119-131\\_VariacionRadial\\_1260950709656.pdf](http://www.inia.es/GCONTREC/PUB/119-131_VariacionRadial_1260950709656.pdf).

**MURACE, M.** Identificación y efectos de los hongos xilófagos sobre las características estructurales y químicas del leño de especies forestales [en línea]. Argentina: Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, 2019. [Consulta: 03 Octubre 2020]. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82934#:~:text=Las%20pudriciones%20patog%C3%A9nicas%20\(presentes%20en,la%20estabilidad%20de%20los%20ejemplares](http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82934#:~:text=Las%20pudriciones%20patog%C3%A9nicas%20(presentes%20en,la%20estabilidad%20de%20los%20ejemplares).

**NORMA COPANT.** Normas panamericanas [en línea], 1972. [Consulta: 05 Mayo 2021].

Disponible en: <http://materiales.azc.uam.mx/eam/Labsolidos/5NormasCopant.pdf>.

**RAMOS LEÓN, H.M; et al.** "Durabilidad natural de la madera de pino chuncho (*Shizolobium amazonicum* Huber. ex Ducke) a la acción de dos hongos de pudrición". *Revista Forestal del Perú* [en línea], 2016a, (Lima, Perú) 31(2), pp.81-89. [Consulta: 01 Octubre 2020]. ISSN 0556-6592. DOI 10.21704/rfp.v31i2.1029. Disponible en:

[https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1029/pdf\\_19](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1029/pdf_19)

**RAMOS LEÓN, H.M; et al.** Durabilidad natural de dos especies forestales a la acción de dos hongos xilofagos y su relación con sus principios básicos activos [en línea]. Lima, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, 2016b. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en:

[http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/366/1/Ramos-durabilidad natural.pdf](http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/366/1/Ramos-durabilidad%20natural.pdf).

**REMACHA GETE, A.** Hongos cromógenos y de pudrición. Infomadera, Universidad Politécnica de Madrid [en línea], [sin fecha]. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en:

[https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_1368\\_17243.pdf](https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1368_17243.pdf).

**ROJAS RODRÍGUEZ, F; et al.** *Biología y Ecología*. [aut. libro] Freddy Rojas Rodríguez y Olman Murillo Gamboa. *Manual para productores de melina Gmelina arborea en Costa Rica* [en línea]. Cartago: FONAFIFO, 2004. pp. 114-151. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en:

<http://www.fonafifo.go.cr/media/1334/manual-para-productores-de-melina.pdf>.

**ROQUE, R.M.** "Influencia de la edad del cambium, tasa de crecimiento y nivel de precipitación sobre la densidad básica de la teca en Costa Rica". *Madera y Bosques* [en línea], 2002 (México) 8(1), pp. 39-49. [Consulta: 02 Abril 2021]. ISSN: 1405-0471. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/617/61789903.pdf>.

**RUIZ SALAZAR, D.E.** Determinación de la durabilidad natural de la madera de *Carapa amorphocarpa* W. Palacios y *Alnus nepalensis* D. Don. [En línea] (Trabajo de titulación), (Grado) Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, carrera de Ingeniería Forestal Ibarra, Ecuador. 2017. pp.1-58. [Consulta: 01 Octubre 2020]. Disponible en:

[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6641/1/03 FOR 251 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6641/1/03_FOR_251_TRABAJO_DE_GRADO.pdf).

**SÁNCHEZ, A; et al.** Sector maderero del Ecuador. Universidad técnica de Ambato [en línea], 2020. pp. 1-4. [Consulta: 21 Octubre 2020]. Disponible en: <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/06/Sector-maderero-Ecuador-aprobado.pdf>.

**SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, R.E; et al.** "Hongos endófitos: fuente potencial de metabolitos secundarios bioactivos con utilidad en agricultura y medicina". *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [en línea], 2013 (México), 16(2), pp. 132-146. [Consulta: 22 Abril 2021]. ISSN 1405888X. DOI 10.1016/s1405-888x(13)72084-9. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/tip/v16n2/v16n2a6.pdf>.

**SERNA-MOSQUERA, Y.B; et al.** "Durabilidad natural de la madera de *Ochroma pyramidale* Urb.



en el municipio de Atrato, Colombia". *Revista Ciencias Agrícolas* [en línea], 2020, (Chocó, Colombia) 16(1), pp. 192-202. [Consulta: 01 Octubre 2020]. ISSN 1900-3803. DOI 10.18041/1900-3803/entramado.1.6105. Disponible en:

<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/entramado/article/view/6105/5636>

**TAPIA CAMPOS, J.C.** Durabilidad natural de *Eucalyptus nitens* frente al ataque de hongos xilófagos [En línea], (Trabajo de titulación) (Grado) Universidad Austral de Chile. Valdivia. 2010. pp.1-43. [Consulta: 01 Octubre 2020]. Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fift172d/doc/fift172d.pdf>

**TOUZA, M.** *Capítulo 2: Durabilidad. Guía de la Madera* [en línea]. CONFEMADER. España: centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia (CIS-MADERA), 2013. [Consulta: 02 Octubre 2020]. ISBN 9788469570449. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/281321494\\_Guia\\_de\\_la\\_Madera\\_Capitulo\\_2\\_Durabilidad\\_Documento\\_de\\_Aplicacion\\_del\\_CTE](https://www.researchgate.net/publication/281321494_Guia_de_la_Madera_Capitulo_2_Durabilidad_Documento_de_Aplicacion_del_CTE).

**TROPICAL TIMBER.** Melina, gmelina (Gmelina arborea) [blog]. Tropical timber [en línea]. ITTO (Lesser used species), [sin fecha]. [Consulta: 08 Noviembre 2020]. Disponible en:

<http://www.tropicaltimber.info/es/specie/melina-gmelina-arborea/>

**VALDERRAMA MAIQUES, A.** "Tècniques de cultius aplicades a la conservació- restauració en cas d'atac fúngic sobre peces a intervenir". *Unicum* [en línea], 2017. (16), pp. 162-163. [Consulta: 02 Octubre 2020]. Disponible en:

<https://www.raco.cat/index.php/UNICUM/article/view/332758/423550>.

**VALENCIA MANZO, S. & VARGAS HERNÁNDEZ, J.** "Método empírico para estimar la densidad básica en muestras pequeñas de madera". *Madera y Bosques* [en línea], 2016, (México) 3(1), pp. 81-87. [Consulta: 05 Mayo 2021]. ISSN 1405-0471. DOI 10.21829/myb.1997.311381. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/617/61730107.pdf>.

**VÁZQUEZ-CUECUECHA, O.G; et al.** "Densidad básica de la madera de dos pinos y su relación con propiedades edáficas". *Madera y Bosques* [en línea], 2015, (México) 21(1), pp. 129-138. [Consulta: 05 Mayo 2021]. ISSN 1405-0471. DOI 10.21829/myb.2015.211437. Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v21n1/v21n1a10.pdf>.

**VINUEZA, Marco.** Ficha Técnica N° 3: Melina [blog]. Ecuador forestal [en línea] 26 de Julio de 2012a. [Consulta: 08 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-3-melina/>

**VINUEZA, Marco.** Ficha Técnica N° 1: Teca [blog]. Ecuador Forestal [en línea] 09 de Julio de 2012b. [Consulta: 08 Noviembre 2020]. Disponible en: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-1-teca/>

**ZANNI, E.** *Patología de la madera. degradación y rehabilitación de estructuras de madera* [en línea]. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas, 2008. [Consulta: 02 Octubre 2020]. ISBN 9871142587, 9789871142583. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=tmGpBJ2S3lUC&printsec=frontcover&dq=patologia+de+la+madera&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwil9uixvZbsAhVBj1kKHVGkDHIQ6AEwAHoECAUQA#v=onepage&q=patologia%20de%20la%20madera&f=false>

## ANEXOS

### ANEXO A: Certificado de identificación botánica de *Gmelina arborea* Roxb. Ex Sm.



Ofc.No.013.CHEP.2021

23 de marzo del 2021

A QUIEN CORRESPONDA:

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que la señorita Vasconez Lucintuña Diana Karina con CI: 1751551662, tesista de la carrera Forestal, se identificó: *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.. Esta especie es exótica cultivada, se revizó en el herbario y se ingresará a la colección del herbario en un tiempo no determinado para los fines pertinentes. Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad y el interesado puedo usar el presente certificado como crea conveniente

Atte.

JORGE  
MARCELO  
CARANQUI  
ALDAZ

Firmado digitalmente por  
JORGE MARCELO  
CARANQUI ALDAZ  
Fecha: 2021.03.23  
12:03:16 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui Msc.  
BOTANICO  
HERBARIO ESPOCH

### ANEXO B: Certificado de identificación botánica de *Tectona grandis* L.f.



Ofc.No.02.CHEP.2021

10 de febrero del 2021

A QUIEN CORRESPONDA

Reciba un atento y cordial saludo, por medio de la presente certifico que la señorita Vasconez Lucintuña Diana Karina con CI: 175155166-2, tesista de Ingeniería Forestal, se identificó la especie: *Tectona grandis* L.f. Esta especie es exótica cultivada, que se revizó en el herbario y se archivará en un año para los fines pertinentes. Es todo cuanto puedo decir en honor a la verdad y el interesado puedo usar el presente certificado como crea conveniente.

Atte.

JORGE  
MARCELO  
CARANQUI  
ALDAZ

Firmado digitalmente por  
JORGE MARCELO  
CARANQUI ALDAZ  
Fecha: 2021.02.10  
09:28:01 -05'00'

Ing. Jorge Caranqui Msc.  
RESPONSABLE  
HERBARIO ESPOCH

**ANEXO C:** Composición del medio de cultivo utilizado para la inoculación y propagación de *Ganoderma sp.*

<b>500 ML DE MEDIO DE CULTIVO</b>
20 gr machica
100 ml de pony malta (sin GAS)
10 gr de agar
500 ml de agua destilada
1 capsula de cloranfenicol

**Realizado por:** Vásquez Karina, 2021.

**ANEXO D:** Pérdida de peso (%) de las probetas de las especies en estudio frente a la acción de *Ganoderma sp.*

ESPECIE	#ARBOL	SECCIÓN DEL ÁRBOL	REPETICIONES	PESO SECO FINAL (PSF)	PESO SECO FINAL POR SECCIÓN
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Alta	TA1A1	4,69	28,8
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Alta	TA1A2	5,01	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Alta	TA1A3	4,8	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Alta	TA1A4	4,72	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Alta	TA1A5	4,36	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Alta	TA1A6	5,22	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Baja	TA1B1	4,56	26,44
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Baja	TA1B2	3,96	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Baja	TA1B3	4,43	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Baja	TA1B4	4,04	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Baja	TA1B5	4,75	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.1	Sección Baja	TA1B6	4,7	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Alta	TA2A1	3,56	20
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Alta	TA2A2	3,05	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Alta	TA2A3	3,56	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Alta	TA2A4	3,32	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Alta	TA2A5	3,47	

<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Alta	TA2A6	3,04	23,92
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Baja	TA2B1	4,02	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Baja	TA2B2	4,06	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Baja	TA2B3	4,11	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Baja	TA2B4	3,9	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Baja	TA2B5	3,69	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.2	Sección Baja	TA2B6	4,14	26,32
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Alta	TA3A1	4,37	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Alta	TA3A2	3,84	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Alta	TA3A3	4,86	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Alta	TA3A4	4,33	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Alta	TA3A5	4,28	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Alta	TA3A6	4,64	24,38
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Baja	TA3B1	4,02	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Baja	TA3B2	4,53	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Baja	TA3B3	3,64	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Baja	TA3B4	4,29	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Baja	TA3B5	4,23	
<i>Tectona grandis</i> L.f	Arb.3	Sección Baja	TA3B6	3,67	15,49
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección alta	mA1A1	2,47	

<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección alta	mA1A2	2,54	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección alta	mA1A3	2,58	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección alta	mA1A4	2,64	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección alta	mA1A5	2,69	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección alta	mA1A6	2,57	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección baja	mA1B1	2,31	15,62
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección baja	mA1B2	2,43	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección baja	mA1B3	2,66	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección baja	mA1B4	2,48	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección baja	mA1B5	2,9	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.1	Sección baja	mA1B6	2,84	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección alta	mA2A1	2,66	17,23
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección alta	mA2A2	3	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección alta	mA2A3	2,88	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección alta	mA2A4	2,92	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección alta	mA2A5	2,92	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección alta	mA2A6	2,85	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección baja	mA2B1	2,66	15,79
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección baja	mA2B2	2,71	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección baja	mA2B3	2,72	

<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección baja	mA2B4	2,77	15,43
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección baja	mA2B5	2,47	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.2	Sección baja	mA2B6	2,46	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección alta	mA3A1	2,67	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección alta	mA3A2	2,49	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección alta	mA3A3	2,44	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección alta	mA3A4	2,52	15,84
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección alta	mA3A5	2,59	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección alta	mA3A6	2,72	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección baja	mA3B1	2,46	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección baja	mA3B2	2,77	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección baja	mA3B3	2,61	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección baja	mA3B4	2,52	15,84
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección baja	mA3B5	2,61	
<i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm	Arb.3	Sección baja	mA3B6	2,87	

**Realizado por:** Vásconez Karina, 2021.



**ANEXO E:** Datos para la obtención de la densidad básica de *T. grandis*.

**TECA** (*Tectona grandis* L.f)

Código	PESO SECO AL HORNO(G)		VOLUMEN VERDE (g/cm <sup>3</sup> )				VOLUMEN TOTAL		DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )		PROMEDIO POR SECCIÓN/ÁRBOL		Suma por árbol	Promedio por árbol			
	Sección Alta	Sección Baja	Sección Alta		Sección Baja		Sección Alta	Sección Baja	Sección Alta	Sección Baja	Sección Alta	Sección baja					
Arb.1	C1	4,8	5,11	2,08	2,1	2,04	2,2	2,02	2,18	8,91	9,69	0,54	0,53	0,53	0,52	4,22	0,53
	C2	4,45	4,79	1,83	2,05	2,26	2	2,18	2,06	8,48	8,98	0,52	0,53				
	C3	5,29	5,13	2,2	2,17	2,08	2,18	2,06	2,2	9,93	9,88	0,53	0,52				
	C4	4,73	4,42	2,05	2,01	2,18	1,88	2,19	2,07	8,98	8,52	0,53	0,52				
Arb.2	C1	2,91	4,46	1,88	2,1	2	2,2	2,04	2,15	7,90	9,65	0,37	0,46	0,39	0,48	3,48	0,43
	C2	3,44	3,99	2,14	2,08	1,98	1,9	2,02	2,1	8,81	8,06	0,39	0,50				
	C3	3,58	3,92	2,2	2	2,04	1,9	2,06	2,1	8,98	8,22	0,40	0,48				
	C4	3,89	4,48	2,31	2	2,08	2,09	2,18	2,04	9,61	9,29	0,40	0,48				
Arb.3	C1	5,14	4,96	2	2	2,13	2,3	2,09	2,1	8,52	10,09	0,60	0,49	0,59	0,48	4,28	0,53
	C2	4,19	4,64	1,95	2,1	1,88	2,18	2,1	2,15	7,70	9,84	0,54	0,47				
	C3	4,91	4,64	2,07	2,09	1,9	2,12	2,13	2,11	8,22	9,53	0,60	0,49				
	C4	5,4	4,39	2,15	2,08	2	2,05	2,13	2,1	8,94	9,17	0,60	0,48				

Realizado por: Vásconez Karina, 2021.

**ANEXO F:** Datos para la obtención de la densidad básica de *G. arborea*.

**MELINA** (*Gmelina arborea* Roxb. ex Sm)

CÓDIGO	PESO AL HORNO (GR)		VOLUMEN VERDE (g/cm <sup>3</sup> )						VOLUMEN TOTAL (CM3)		DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )		PROMEDIO POR SECCIÓN/ÁRBOL		SUMA POR ÁRBOL	PROMEDIO POR ÁRBOL	
	Sección alta	Sección Baja	Sección Alta			Sección Baja			Sección alta	Sección Baja	Sección Alta	Sección Baja	Sección alta	Sección baja			
Arb.1	C1	2,81	3,01	2,2	1,85	1,99	2	1,98	2	8,10	7,92	0,35	0,38	0,36	0,35	2,81	0,35
	C2	2,71	2,8	2,09	1,98	1,81	1,91	1,99	1,9	7,49	7,22	0,36	0,39				
	C3	2,79	2,95	2,13	1,86	1,96	2,12	2	1,93	7,77	8,18	0,36	0,36				
	C4	2,93	2,94	2,2	1,9	1,98	2,07	2,96	1,88	8,28	11,52	0,35	0,26				
Arb.2	C1	2,92	2,71	2,05	2,02	2,1	2,1	2,13	2	8,70	8,95	0,34	0,30	0,33	0,30	2,51	0,31
	C2	2,75	2,98	1,94	2,03	2,16	2,25	2,2	2,07	8,51	10,25	0,32	0,29				
	C3	2,82	3,08	2,18	2,18	2,09	2,29	2,14	2	9,93	9,80	0,28	0,31				
	C4	3,11	2,71	1,97	2,09	2,03	2,1	2,06	2,15	8,36	9,30	0,37	0,29				
Arb.3	C1	2,79	2,92	2,19	1,97	2	2,25	2,08	2	8,63	9,36	0,32	0,31	0,33	0,30	2,49	0,31
	C2	2,74	2,41	2,15	1,98	1,97	1,98	2,3	2,08	8,39	9,47	0,33	0,25				
	C3	2,65	2,89	2,04	1,95	2	2,23	2,07	2	7,96	9,23	0,33	0,31				
	C4	2,93	2,73	2,3	1,99	2	2,09	2,1	2	9,15	8,78	0,32	0,31				

Realizado por: Vásquez Karina, 2021.

**ANEXO G:** Crecimiento del hongo xilófago *Ganoderma sp*,  
a los 9 días posteriores a su cultivo.



**Fuente:** Vásquez Karina, 2021.

**ANEXO H:** Desarrollo de *Ganoderma sp* sobre la probeta de *T. grandis*.



**Fuente:** Vásquez Karina, 2021.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL  
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 08 / 2021

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> DIANA KARINA VASCONEZ LUCINTUÑA
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> RECURSOS NATURALES
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA FORESTAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERA FORESTAL
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo. Holger Ramos, MSc.



Firmado electrónicamente por:  
**HOLGER GERMAN  
RAMOS UVIDIA**

1406-DBRA-UPT-2021