



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a  
la obtención del título de Ingeniero Forestal**

**“DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA**

**DE *Carapa amorphocarpa* W. Palacios Y *Alnus nepalensis* D. Don.”**

**AUTOR**

Diego Esteban Ruiz Salazar

**DIRECTORA**

Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja.

**IBARRA - ECUADOR**

2017

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

“DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE *Carapa  
amorphocarpa* W. Palacios Y *Alnus nepalensis* D. Don.”

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO FORESTAL**

## APROBADO

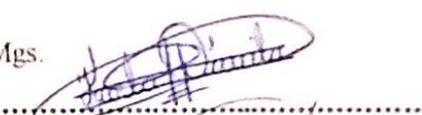
Ing. María Isabel Vizcaino Pantoja

Directora de trabajo de titulación

.....

Ing. Karla Fernanda Dávila Pantoja, Mgs.

Tribunal de trabajo de titulación

.....

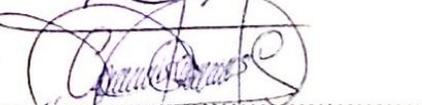
Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.

Tribunal de trabajo de titulación

.....

Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc.

Tribunal de trabajo de titulación

.....

Ibarrá – Ecuador

2017



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA**  
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>Cédula de ciudadanía:</b>	172633175-2
<b>Apellidos y nombres:</b>	Ruiz Salazar Diego Esteban
<b>Dirección:</b>	Pedro Moncayo y Gonzalo Zaldumbide
<b>Email:</b>	<a href="mailto:diegol098@hotmail.com">diegol098@hotmail.com</a>
<b>Teléfono fijo:</b>	022140299
<b>Teléfono móvil:</b>	0981158234

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>Título:</b>	DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE <i>Carapa amorphocarpa</i> W. Palacios Y <i>Alnus nepalensis</i> D. Don
<b>Autor:</b>	Diego Esteban Ruiz Salazar
<b>Fecha:</b>	17 de abril 2017
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ingeniero Forestal
<b>Directora:</b>	Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Diego Esteban Ruiz Salazar, con cédula de identidad Nro. 172633175-2; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

## 3. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros; por lo tanto la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

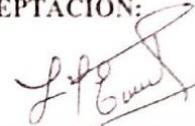
Ibarra, 17 de abril del 2017

EL AUTOR:



.....  
Diego Esteban Ruiz Salazar  
C.C.: 172633175-2

ACEPTACIÓN:



.....  
Ing. Betty Mireya Chávez Martínez  
JEFA DE BIBLIOTECA



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Diego Esteban Ruiz Salazar, con cédula de ciudadanía Nro. 172633175-2; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de titulación denominado **“DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE *Carapa amorphocarpa* W. Palacios Y *Alnus nepalensis* D. Don.”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Diego Esteban Ruiz Salazar  
C.C.: 172633175-2

Ibarra, a los 17 días de abril del 2017

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: **FICAYA -UTN**

Fecha: **17 de abril del 2017**

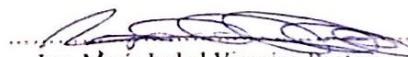
Diego Estaban Ruiz Salazar: “**DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE *Carapa morphocarpa* W. Palacios Y *Alnus nepalensis* D. Don.**”

/Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 17 de abril del 2017. 58 páginas.

**DIRECTORA:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el proceso de degradación de las maderas de *Carapa morphocarpa* W. Palacios y *Alnus nepalensis* D. Don. Entre los objetivos específicos se encuentra: Calcular la pérdida de peso en las probetas, comparar la degradación de las dos especies forestales y clasificar las dos especies según su durabilidad natural

Fecha: **17 de abril del 2017**



Ing. María Isabel Vizcaino Pantoja

**Directora de trabajo de titulación**



Diego Estaban Ruiz Salazar

**Autor**

## **DEDICATORIA**

*Los esfuerzos hechos para alcanzar este logro en mi vida, son dedicados a mis padres porque ellos son los pilares que motivaron la obtención de este objetivo, siendo las personas que más me dieron confianza y apoyo moral.*

*Mis abuelos les dedico triunfo, porque son las personas que compartieron su tiempo y me brindaron su abrigo de hogar y cariño, el cual fue uno de las razones y fuente de motivación principal para poder soportar los días de clases y arduas noches de estudio.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Por el logro obtenido en esta etapa de mi vida agradezco el apoyo y confianza incondicional brindada por mis padres, que con sus sacrificios lograron que yo pueda culminar la carrera universitaria y poderles recompensar en un futuro por toda su apoyo.*

*Otros de las personas a las que puedo dedicar este logro son mis ábuelos, que siempre me medio sus sabios consejos para poder afrontar los problemas con más coraje y poder estar en este punto de mi vida.*

*A mis primos les agradezco por las palabras de motivación en los momentos difíciles de mi vida estudiantil, ya que ellos son uno de los ejes fundamentales de mi familia*

*A todos los amigos y compañeros con quienes competí días y momentos difíciles de mis estudios.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

Págs.

<b>APROBADO.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....</b>	<b>iii</b>
<b>2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD.....</b>	<b>iv</b>
<b>3. CONSTANCIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL .....</b>	<b>v</b>
<b>TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....</b>	<b>v</b>
<b>REGISTRO BIBIOGRÁFICO.....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vi</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 General.....	2
1.1.2 Específicos .....	2
<b>1.2 Hipótesis.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Nula (H <sub>0</sub> ) .....	2
1.2.2 Alterna (H <sub>a</sub> ).....	2

	<b>Págs.</b>
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Fundamentación legal</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Plan nacional para Buen Vivir (2013-2017).....	3
2.1.2 Ley forestal.....	3
2.1.3 Línea de investigación.....	3
<b>2.2 Fundamentación Teórica</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2.1 La madera</b> .....	<b>4</b>
2.2.2 Agentes destructores de origen biológico.....	6
2.2.3 Agentes de destrucción edafo –climáticos.....	7
2.2.4 Tipos de pudrición.....	9
2.2.5 Ensayo de cementerio.....	10
2.2.6 Tablas de índices de durabilidad natural.....	10
2.2.7 Descripción de las especies.....	12
2.2.8 Referencias de la durabilidad natural de la madera.....	12
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>14</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Ubicación del sitio</b> .....	<b>14</b>
3.1.1 Político.....	14
3.1.2 Geográfica.....	14
3.1.3 Límites.....	15
<b>3.2 Datos climáticos</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Materiales, equipos y maquinaria</b> .....	<b>16</b>
3.3.1 Materiales.....	16
3.3.2 Equipos.....	16
3.3.3 Maquinaria.....	16
<b>3.4 Metodología</b> .....	<b>16</b>

3.4.1	Selección de los árboles y apeado.....	16
3.4.2	Corta y extracción de las trozas .....	17
3.4.3	Obtención y preparación de las probetas de duramen y albura .....	17
3.4.4	Establecimiento del cementerio .....	19
3.4.5	Cálculo de la pérdida de peso en las probetas .....	21
3.4.6	Comparación la degradación de las dos especies forestales.....	23
3.4.7	Clasificación las especies según su durabilidad natural. ....	24
3.4.8	Evaluación de la foto degradación.....	25
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>26</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>		<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>26</b>
4.1.1	Análisis de suelo .....	26
4.1.2	Datos climatólogos .....	27
4.1.3	Contenido de humedad en la madera.....	27
4.1.4	Pérdida de peso en las probetas. ....	29
4.1.5	Comparación de la degradación de las dos especies forestales. ....	35
4.1.6	Clasificación de las dos especies según su durabilidad natural. ....	36
4.1.7	Evaluación de la foto degradación.....	37
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>39</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>39</b>
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>39</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>40</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>40</b>
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>40</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>41</b>

	Págs.
<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>50</b>
<b>ANEXO 2.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO 3.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO 4.....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO 5.....</b>	<b>57</b>
<b>LISTA DE SIGLAS .....</b>	<b>58</b>

### INDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. <i>Clasificación de Findlay para maderas según su durabilidad natural en contacto con el suelo. ....</i>	10
Tabla 2. <i>Clasificación de la durabilidad natural de la madera ASTM D- 2017 .....</i>	11
Tabla 3. <i>Clasificación de maderas respecto a su resistencia natural a las pudriciones</i>	11
Tabla 4. <i>Esquema del análisis de varianza.....</i>	23
Tabla 5. <i>Características del experimento.....</i>	24
Tabla 6. <i>Criterio para la interpretación de resultados y clasificación de maderas respecto a su resistencia natural a las pudriciones.....</i>	24
Tabla 7. <i>Promedio de pérdida de peso al segundo mes .....</i>	29
Tabla 8. <i>Análisis de varianza .....</i>	30
Tabla 9. <i>Contenido de humedad .....</i>	27
Tabla 10. <i>Rangos Tukey al segundo mes.....</i>	30
Tabla 11. <i>Pérdida promedio de peso al tercer mes .....</i>	31
Tabla 12. <i>Análisis de varianza .....</i>	31
Tabla 13. <i>Contenido de humedad .....</i>	28
Tabla 14. <i>Rangos Tukey al tercer mes .....</i>	32
Tabla 15. <i>Promedio de los datos que se registró al sexto mes .....</i>	32
Tabla 16. <i>Análisis de varianza .....</i>	33

	Págs.
Tabla 17. <i>Contenido de humedad</i> .....	29
Tabla 18. <i>Rango Tukey al sexto mes</i> .....	34
Tabla 19. <i>Peso promedio de las probetas en los 25 cm bajo la línea de tierra</i> .....	35
Tabla 20. <i>Clasificación de la durabilidad natural de la madera de Carapa amorphocarpa</i> .....	36
Tabla 21. <i>Clasificación de la durabilidad natural de la madera de Alnus nepalensis</i> ..	36
Tabla 22. <i>Evaluación del cambio del color en la madera de Alnus nepalensis</i> .....	37
Tabla 23. <i>Evaluación del cambio del color en la madera de Carapa amorphocarpa</i> .....	38

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Págs.
<i>Ilustración 1.</i> Ubicación de las probetas en la troza .....	17
<i>Ilustración 2.</i> Tiras .....	18
<i>Ilustración 3.</i> Probeta en el ensayo de cementerio.....	20
<i>Ilustración 4.</i> Esquema del ensayo del cementerio.....	21
<i>Ilustración 5.</i> <i>Carapa amorphocarpa</i> W. Palacios .....	54
<i>Ilustración 6.</i> <i>Alnus nepalensis</i> D. Don Palacios .....	54
<i>Ilustración 7.</i> Trozas .....	54
<i>Ilustración 8.</i> Piezas escuadradas.....	54
<i>Ilustración 9.</i> Desembarque en la granja .....	55
<i>Ilustración 10.</i> Dimensión de las duelas .....	55
<i>Ilustración 11.</i> Duelas .....	55
<i>Ilustración 12.</i> Dimensionado de las probetas .....	55
<i>Ilustración 13.</i> Etiquetado.....	56
<i>Ilustración 14.</i> Registro de datos .....	56
<i>Ilustración 15.</i> Secado de probetas .....	56
<i>Ilustración 16.</i> Limpieza del terreno.....	56
<i>Ilustración 17.</i> Ensayo de cementerio.....	56

	Págs.
<i>Ilustración 18.</i> Recolección de probetas .....	57
<i>Ilustración 19.</i> Medición de peso.....	<b>57</b>
<i>Ilustración 20.</i> Registro de datos .....	57
<i>Ilustración 21.</i> Daños en probeta .....	<b>57</b>

**TITULO: “DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA  
MADERA DE *Carapa amorphocarpa* W. Palacios Y *Alnus nepalensis* D. Don.”**

**Autor:** Diego Esteban Ruiz Salazar  
**Director de trabajo de titulación:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja.  
Año: 2017

**RESUMEN**

La investigación tuvo como objetivo principal evaluar el proceso de degradación de las maderas de *Carapa amorphocarpa* W. Palacios y *Alnus nepalensis* D. Don. Los árboles fueron obtenidos en el Bosque Protector Cerro Golondrinas, provincia del Carchi y en la parroquia Apuela, zona de Intag, provincia de Imbabura. Se utilizó el ensayo de cementerio, que consiste en colocar probetas de madera en contacto con el suelo obteniendo resultados más confiables que las pruebas aceleradas de durabilidad. Se estableció ocho parcelas de albura y ocho de duramen, de las dos especies; fueron 16 unidades experimentales o parcelas que contaron con 50 probetas de 2,50 x 2,50 x 65,00 cm con un total de 800 en todo el ensayo. Las probetas fueron enterradas a una profundidad de 25,00 cm. y fueron evaluadas en dos, tres y seis meses. La degradación de la madera fue expresada en porcentaje, siendo la madera de *Alnus nepalensis* D. Don. la que presentó menor durabilidad natural, clasificándose como moderadamente resistente; mientras que *Carapa amorphocarpa* W. Palacios, se clasifica como madera resistente; además se evaluó la degradación en el color causada por la radiación solar en la parte aérea de la probeta.

**TITLE:** NATURAL DURABILITY OF *Carapa amorphocarpa* W. Palacios AND *alnus nepalensis* D. Don WOOD"

**Author:** Diego Esteban Ruiz Salazar

**Director of titilation:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja

**Year:** 2017

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to evaluate the degradation process of *Carapa amorphocarpa* W. Palacios and *Alnus nepalensis* D. Don wood. Those trees were felled in the Cerro Golondrinas Protector forest located in Carchi Province and in Apuela Parish, Intag area in Imbabura Province. The cemetery essay was used, where the wood tube had contact with the soil, getting the most reliable results, which provide accelerate durability test. Eight sapwood and heartwood plots were established in both species; the experimental unit had 50 tubes of 2,5 x 2,5 x 65,0 cm, with a total of 800 tubes. They were buried 25 cm depth and they were evaluated during two, three and six months. The wood degradation was show in percentages, identifying the *Alnus nepalensis* wood with less natural durability and it was into a moderately resistant rank while *Carapa amorphocarpa* was classified as resistant wood. In addition, the degradation of color was evaluated, it was caused by the solar radiation in the aerial part of the tube

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Para determinar el uso de la madera se debe conocer las propiedades físicas, mecánicas y las características estéticas, considerando que esas características se ven afectadas por el tiempo y organismos de deterioro en unas especies en mayor o menor porcentaje; los agentes que mayor daño ocasionan son los biológicos como hongos e insectos xilófagos (Bobadilla; Pereyra; Silva y Stehr, 2005). La durabilidad natural es la resistencia que posee la madera para soportar los agentes biológicos y abióticos que causan degradación (Tapia, 2010).

*Alnus nepalensis* es una especie originaria de Nepal, que se introdujo al Ecuador el año 1995 específicamente en la zona de Intag, provincia de Imbabura; la madera de esta especie se catalogó con los siguientes usos: contrachapados, desenrollo, tallados, artesanías en general, cajonería, muebles lineales, muebles clásicos y postes para cercas (Mediavilla, 2016).

*Carapa amorphocarpa* es una especie endémica del bosque protector Cerro Golondrinas, ubicado en la provincia del Carchi; esta especie fue recientemente clasificada por el ingeniero Walter Palacios<sup>1</sup>, posee una madera que es utilizada en la construcción de casas y muebles (Palacios, 2012).

Al no existir investigaciones sobre durabilidad natural de la madera de las especies antes mencionadas, el uso que se les da no corresponde a las características físicas químicas y mecánicas que poseen, es por eso necesario la generación de información específica sobre estos tópicos, que contribuyan en el uso adecuado de estas especies, su tratamiento y potencialidades.

La investigación tuvo la finalidad de determinar la durabilidad natural de la madera de las dos especies mencionadas en un periodo de seis meses, mediante el análisis del grado, clase y

---

<sup>1</sup> Profesor de las cátedras de Ecología y Dendrología en la UTN, investigador asociado del Herbario Nacional del Ecuador.

porcentaje de degradación en la madera; esta información ayudará a los industriales, a los pequeños artesanos y a los usuarios de este recurso.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 General**

Evaluar el proceso de degradación de las maderas de *Carapa amorphocarpa* W. Palacios y *Alnus nepalensis* D. Don.

### **1.1.2 Específicos**

- Calcular la pérdida de peso en las probetas.
- Comparar la degradación de las dos especies forestales.
- Clasificar las dos especies según su durabilidad natural.

## **1.2 Hipótesis**

### **1.2.1 Nula ( $H_0$ )**

La durabilidad natural de las maderas de las dos especies es similar.

### **1.2.2 Alterna ( $H_a$ )**

La durabilidad natural de las maderas de las especies es diferente.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Fundamentación legal**

##### **2.1.1 Plan nacional para Buen Vivir (2013-2017)**

El presente estudio se enmarca en los objetivos, políticas y lineamientos estratégicos siguientes:

**En el objetivo 10** que menciona “Impulsar la transformación de la matriz productiva”, además en la

**Política y lineamiento 10.2.** Que infiere promover la intensidad tecnológica en la producción primaria, de bienes intermedios y finales”. A su vez respaldada el **literal b** “tecnificar los encadenamientos productivos en la generación de materias primas y la producción bienes de capital, con mayor intensidad tecnológica en sus procesos productivos”. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo [SENPLADES], 2013, p. 301)

##### **2.1.2 Ley forestal**

Además hace referencia al artículo 50 del capítulo VIII de la Investigación y Capacitación Forestal de la Ley Forestal que menciona que:

El Ministerio del Ambiente promoverá, realizara y coordinara la investigación relativa a la conservación, administración, uso y desarrollo de los recursos forestales y de las áreas naturales del patrimonio forestal. (Ministerio del Ambiente Ecuatoriano [MAE], 2004, P.15)

##### **2.1.3 Línea de investigación**

El presente estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: Producción y protección sustentable de los recursos forestales.

## **2.2 Fundamentación Teórica**

### **2.2.1 La madera**

La madera es un material con propiedades como: anisotrópicas, higroscópicas y polares (Vignote y Martínez, 2006), compuesta por células de sostén, almacenamiento y conductoras que cumplen distintas funciones y por ende conformadas de diferente forma (Nutsch, 2000). Estos tejidos están constituidos principalmente por celulosa y hemicelulosa que forman la pared celular, además posee sustancias extractivas, material inorgánico y un pequeño porcentaje de lignina incrustado (Marquéz, 2008).

#### **2.2.1.1 Composición química**

##### **2.2.1.1.1 Celulosa**

Las paredes celulares de los árboles están compuestas fundamentalmente de celulosa, al ser un material de sostén de coníferas y frondosas o latifoliadas, este compuesto comprende entre el 40,00 – 50,00 % del total del árbol. Es un hidrato de carbono que tiene como unidad a la glucosa ( $C_6H_{10}O_5$ ), con apariencia de una sustancia blanca que ostenta la forma de fibras (Argeo, 1960), la cual resiste a compuestos ácidos (Beyer y Walter, 1987). Estas moléculas de celulosa están formadas por D-glucosa unidas por enlaces glicosídicos tipo  $\beta$ - (1,4) en forma de homopolímero lineal regular (Arana, Téllez, González, González, s.f).

##### **2.2.1.1.2 Hemicelulosa**

Son polímeros de unidades anhidroazúcares están enlazados por glucosídicos, que mantienen unidos a la celulosa y lignina (Domínguez, 2003), se encuentra en la madera en porcentajes de 20,00 – 30,00 %, con un estado amorfo; está se localiza en los espacios libres conectados por dos haces de fibras elementales (Valderrama, 1998); hay varios tipos de hemicelulosa las cuales son manosa, galactosa, pentosa, xilosa y arabinosa (Sandemann, 1968).

### 2.2.1.1.3 *Lignina*

La palabra lignina proviene del latín *lignun* que significa madera, y las plantas que poseen gran cantidad se les denomina leñosas (Paz, 2008), está entre un rango de 15,00 – 30,00 % en la madera. Esta se forma de la deshidratación de los azúcares que se tiene como resultado estructuras aromáticas (Gracia s.f), mientras que Valderrama (1998) menciona que, es un compuesto de unión de las capas de la pared celular; (Universidad de la República de Uruguay [UDELAR, 2010]), además actúan como puente de unión entre las células de la madera haciendo un material resistente a impactos, compresiones y flexiones (Paz, 2008).

### 2.2.1.2 *Durabilidad natural*

Es la resistencia que posee la madera para soportar los agentes biológicos y abióticos que causan degradación (Tapia, 2010); mientras que Bobadilla *et al.* (2005) concuerdan que la durabilidad es la propiedad de la madera de resistir sin la aplicación de ningún tratamiento químico a los hongos e insectos xilófagos. Bobadilla (2004) menciona que la durabilidad es medida mediante el tiempo que esta puede mantener las propiedades mecánicas cuando se encuentra en contacto con el suelo y agentes biológicos de deterioro.

#### 2.2.1.2.1 *Factores internos que afectan a la durabilidad natural*

La durabilidad natural puede variar entre especies y de albura a duramen entre la parte superior o inferior de tronco (Salazar *et al*, 2001). La alta resistencia del duramen sobre la albura se atribuye a cambios químicos, cuando se trasforma de albura a duramen se deposita sustancias extractivas como aceites, resinas, compuestos fenólicos, gomas, taninos y diversos productos químicos (González y Yataco, 2011); también OIMT (2012) menciona que la alta resistencia natural del duramen con respecto a la albura es por la densidad superior. La propiedad de la higroscopia permite captar vapor de agua de la atmosfera (Monea y Alvarez, 2000), si llega a valores mayores de 20,00 % de Contenido de Humedad (CH) ayuda a la proliferar organismos xilófagos (OIMT, 2012).

## **2.2.2 Agentes destructores de origen biológico**

### **2.2.2.1 Insectos**

Los insectos se alimentan de compuestos presentes en la madera como es lignina y la celulosa, los ataques se presentan en variadas situaciones y contenidos de humedad (Marquéz, 2008), estos construyen galerías alimentándose de los tejidos del floema, xilema y corteza (Suarez, Aguilar y Gonzales, 2005); se los puede clasificar en dos grupos insectos de ciclo larvario y sociales (Navarrete, s.f). La celulasa es una enzima que poseen algunos insectos como los escarabajos y termitas para descomponer la celulosa en glucosa (Martínez, Balcázar, González y Folch, 2008).

#### **2.2.2.1.1 De ciclo larvario**

Durante el ciclo de vida cambian de forma a través de un proceso llamado metamorfosis pasando por cuatro estados los cuales son (Peraza, s.f) huevo, larva, pupa y adulto; el mayor daño que causan es en estado larvario, la presencia de estos insectos no es fácil reconocer hasta que emergen en estado adulto para aparearse (Navarrete, s.f). El orden Coleóptera y Lepidóptero contiene familias de insectos xilófagos entre ellos tenemos a (Rojas y Gallardo, 2004):

#### **a) Coleóptera**

- Scolytidae
- Lymexilidae
- Bostrychidae
- Lyctidae
- Anobiidae
- Cerambycidae
- Buprestidae
- Curculionidae

b) Lepidóptero

- Cossidae

*2.2.2.1.2 Sociales*

Se caracterizan por vivir en sociedad ordenados en distintos tipos o castas y cada una de estas desempeñan en la colonia actividades o funciones distintas. Con el vuelo en enjambre de los individuos sexuales comienza el ciclo de vida de la colonia, se han identificado 2800 especies de termitas que pertenecen al orden Isóptero (Peraza, s.f); también avispas y hormigas que pertenecen al orden himenóptera (Zanni, 2008). Estos insectos destruyen madera sólida, laminada, tableros y papel (Peraza, s.f)

*2.2.2.2 Hongos*

Son organismos que no poseen clorofila para elaborar su alimento, debido a esto se proveen de materiales orgánicos ya elaborados (Sánchez, s.f), algunos hongos se nutren desintegrando las paredes celulares produciendo pudrición; otros se alimentan de los almidones del contenido celular (Vaca, 1998). Estos pueden ser parásitos o saprofitos y el ultimo se caracteriza por ser destructor de la madera y crecer a partir de micelios y reproducirse en forma de esporas (Bobadilla, 2004).

**2.2.3 Agentes de destrucción edafo –climáticos.**

*2.2.3.1 Temperatura.*

Bobadilla (2004) menciona que la temperatura adecuada para la proliferación de hongos esta entre 20,00 – 30,00°C mientras que Vaca (1998) menciona que, la temperatura es de 20,00 – 40,00°C; sin embargo Tapia (2010) afirma que las temperaturas limitantes son menor que 18,00°C y mayores que 36,00°C. Cabe indicar que, la diferencia de temperaturas radica en los requerimientos ambientales intrínsecos de cada especie

### **2.2.3.2 Heliofanía - Radiación solar.**

La radiación solar que llega hacia la tierra es regulada por la cantidad de horas luz directa o heliofanía (Fernández, 2016), la cual ocasiona la fotodegradación o degradación cromática en la madera, esta no disminuye la resistencia mecánica en piezas de grandes dimensiones; pero afecta el aspecto de la madera (Monea y Álvarez, 2000) no obstante en piezas pequeñas los defectos ocasionados pueden afectar a las propiedades mecánicas de esta. Es así, la radiación ultravioleta causa agrisamiento y desescama quemando las células de la superficie de la madera, causa colores marrones y oscuros en la madera. La radiación infrarroja calienta la madera y elimina el contenido de agua de las células de la superficie, causa agrietamientos y fisuras (Urbán, 2000)

### **2.2.3.3 Humedad relativa – Precipitación**

La precipitación y humedad relativa en la madera causa el aumento del contenido de humedad y el desequilibrio higroscópico (Bobadilla, 2004), con resultados de presencia de manchas, microorganismos y xilófagos (Ordóñez, 2011). Si los valores son superiores al 20,00 % de contenido de humedad son aptos para los organismos xilófagos (OIMT, 2012).

### **2.2.3.4 Suelo**

El suelo es un ecosistema, que presenta una mezcla compleja de fracciones orgánicas e inorgánicas, alberga biodiversidad representada por hongos (Ludwig; Pfenning y Magalhaes, 2011). El pH del suelo para proliferar los micelios y esporas de los hongos deben ser valores ácidos entre 5,00 – 6,00 (Vaca, 1998), además los suelos alcalinos disuelve la celulosa y la hemicelulosa; los suelos ácidos causa la hidrólisis de la celulosa disminuyendo la resistencia mecánica de la madera (Tauzan, 2003). Según Pedreros (2007) el fósforo se debe encontrar en 4,00 ppm, el potasio entre 1,00 – 4,00 ppm y el magnesio en 1,00 ppm para el crecimiento de los hongos. El nitrógeno y carbono ayudan a desarrollarse a los hongos (OIMT, 2012).

## **2.2.4 Tipos de pudrición**

### **2.2.4.1 *Blanca o fibrosa***

Es causado por los hongos Basidiomisetos, la madera atacada toma un color blancuzco procedente del complejo celulósico resultante (Peraza, s,f), mientras que Touza (2003) menciona que; la pudrición descompone en preferencia a la lignina antes o al mismo tiempo que remueve el componente de celulosa, la madera toma apariencia blanquesina y esponjosa y en etapas avanzadas la madera se debilita en un porcentaje alto (Chaparro y Rosas, 2006).

### **2.2.4.2 *Blanda***

Es causada por hongo inferiores como son los Ascomicetos, cuyas hifas crecen en el interior de la pared celular (Peraza, s,f); que atacan la celulosa en la madera cuando tiene un alto contenido de humedad, afectando a las maderas que se encuentren en contacto a la tierra y agua, los daños de este pudrición es el reblandecimiento de la parte superior de la madera (Touza, 2003), se torna húmeda y esponjosa pierde fuerza mecánica. Es provocada por Ascomycetes y Deuteromycetes (Chaparro y Rosas, 2006).

### **2.2.4.3 *Parda o cúbita***

Son hongos que degradan a la celulosa ocasionando un color pardo disminuyendo el peso, las propiedades físicas y las propiedades mecánicas (Vaca, 1998); dejando un color pardo debido a que la lignina es el residuo que queda después que el hongo ha terminado de atacar (Touza, 2003). Procacan agrietamientos en los tres direcciones del espacio largo, alto y ancho, que da lugar a figuras cúbitas en la madera (Calonger y Sánchez, 1999).

## 2.2.5 Ensayo de cementerio

Es un proceso de colocar las probetas de madera en contacto con suelo exponiéndolas a los agentes biológicos y edafo - climaticos que presentará una zona o región determinada (Tapia, 2010), este ensayo da como resultado la durabilidad natural de la madera de cualquier especie (Bobadilla *et al.* 2005). El proceso de cementerio es más preciso para evaluar la durabilidad que las pruebas aceleradas (Maquez, 2008), el inconveniente de esta es el tiempo ya que puede durar varios años para obtener los resultados hasta haya un colapso mecánico en las probetas (González, s.f).

## 2.2.6 Tablas de índices de durabilidad natural

### 2.2.6.1 Clasificación de Findlay

La tabla de cinco grados de durabilidad natural de la madera, en un tiempo que va de cinco a veinticinco años con respecto a la pérdida de masa en la madera (Findlay citado por Tapia, 2010) se muestra en la tabla 1.

**Tabla 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 por Tapia, 2010)

### 2.2.6.2 Clasificación según norma ASTM D- 2017

La tabla con cuatro clases de durabilidad natural a la madera con respecto a la pérdida de peso de esta, ocasionado por hongos xilófagos (Norma ASTM D-2017 citado por Tapia, 2010) ver a continuación tabla 2.

**Tabla 2.**

*Clasificación de la durabilidad natural de la madera ASTM D- 2017*

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 por Tapia, 2010)

### 2.2.6.3 Clasificación según Gonzalo y Yataco

La tabla propone cuatro clases de durabilidad natural de la madera, midiendo la pérdida de peso de ésta en porcentaje (González y Yataco, 2011), ver a continuación tabla 3

**Tabla 3.**

*Clasificación de maderas respecto a su resistencia natural a las pudriciones*

Promedio de pérdida de peso (%)	Promedio de peso residual (%)	Grado de resistencia	Clase
0-10	90 - 100	Altamente resistente	A
11-24	76 - 89	Resistente	B
25-44	56 - 75	Moderadamente resistente	C
45 o mas	55 o menos	No resistente	D

Fuente: González y Yataco, 2011

## **2.2.7 Descripción de las especies**

### **2.2.7.1 *Carapa amorphocarpa***

Palacios (2012) afirma:

La especie puede alcanzar 25 cm de altura y 60 cm de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), presenta raíces de forma aguda con una altura de 0,80 m de altura, tiene una corteza áspera; la cual, se desprende en placas, con una corteza interna rosada-roja, hojas paripinadas con folíolos opuestos, con una forma oblongo-elípticas, con una textura coriácea y un ápice cortamente emarginado o redondeado, tiene una inflorescencia panícula en posición axial o terminal en ramitas largas (p.75).

### **2.2.7.2 *Alnus nepalensis***

Duke (citado por Castillo 2012) afirma:

Pertenecen a la familia Betulaceae, al género *Alnus* y uno de los nombres comunes es Aliso de Nepal. Son árboles que se caracterizan por ser caducifolios o semidecíduos tiene un tronco derecho con una corteza de color oscuro con manchas amarillas, tiene alturas entre 30 m. de altura. Tiene hojas simples, alternas, elípticas, son árboles dioicos. Las flores masculinas son amentos de color amarillo; los amentos femeninos son leñosos, los frutos son de color marrón parecidos a conos de pino, se encuentran en posición vertical. Las semillas son aladas de color marrón de forma circular y plana. (p.35).

## **2.2.8 Referencias de la durabilidad natural de la madera**

### **2.2.8.1 *Ocotea costulata***

*Ocotea costulata* perteneciente al tipo C de densidad que esta entre 0,40-0,54 g/cm<sup>3</sup> (Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011) igual que *Carapa amorphocarpa*. La pérdida de peso promedio fue de 3,61%, con pruebas aceleradas, se clasificó con clase A y

altamente resistente; se utilizó *Polyporus sanguineus*, *Polyporus versicolor*, *Lenzites trabea* y *Ganoderma applanatum* durante tres meses (Gonzalez y Trujillo, s. f)

#### **2.2.8.2 *Melia azedarach***

*Melia azedarach* pertenece a la familia de las MELIACEAE, perdió un peso de 49,57 % en pruebas aceleradas utilizando *Laetiporus sulphureus* y *Picnoporus sanguineus*, se categorizó como madera no resistente durante tres meses (Bobadilla et al. 2005).

#### **2.2.8.3 *Alnus acuminata***

*Alnus acuminata* expuesta a *Trametes versicolor* y *Phanerochaete chrysosporium* en pruebas aceleradas durante cuatro meses presento una madera de clase C perdiendo peso superior al 36,10% (Fuentes, Silva, Rodriguez, Lomelí, Sanjuán, 2011).

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Ubicación del sitio**

##### **3.1.1 Político**

El estudio se realizó en dos fases:

La fase de campo ubicada en el Cerro Golondrinas en los cantones de Espejo, Mira y Tulcán de la provincia del Carchi, también en la comunidad Santa Rosa que pertenece a la parroquia de Apuela, Cantón Cotacachi (Instituto Espacial Ecuatoriano,[IEE], 2017).

La fase de laboratorio se realizó en la Granja experimental “Yuyucocha” de la Universidad Técnica del Norte, específicamente en la Central Maderera y en el Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca; la granja se encuentra ubicada en la parroquia Caranqui, cantón Ibarra, provincia de Imbabura.

##### **3.1.2 Geográfica**

El bosque protector Cerro Golondrinas se encuentra ubicada a  $78^{\circ} 11' 26''$  longitud w y  $00^{\circ} 50' 28''$  latitud N, a una altitud de 2 849 m.s.m.m.

Santa Rosa se encuentra ubicada a  $78^{\circ} 30' 41''$  longitud w y  $00^{\circ} 21' 27''$  latitud N, a una altitud de 1 800 m.s.m.m.

La Granja Experimental Yuyucocha se localiza a  $78^{\circ} 07' 52,93''$  de longitud W y  $00^{\circ} 19' 38,67''$  de latitud N, a 2 247 m.s.n.m.

### **3.1.3 Límites**

El bosque protector Cerro Golondrinas limita con las quebradas: al norte San José, al este Pailón, al sur Piedra; sin nombre y la cordillera Rosacocha y oeste con el río Carmen (Grupo de Apoyo Interinstitucional, [GAI], 2006).

La parroquia de Apuela limita: al norte con las parroquias de Cuellaje e Imantag; al sur con la Plaza Gutiérrez y Vacas Galindo; al este con Imantag y al Oeste con Peñaherrera (Municipio de Santa Ana de Cotacachi, [MSAC], s.f).

La Granja Experimental Yuyucocha limita con los barrios: al norte San Vicente, al sur Bella Vista de María al occidente con Ejido de Caranqui y al Oriente San Francisco de Santa Lucía (Quinde y Clerque, 2011).

### **3.2 Datos climáticos**

El bosque protector Cerro Golondrinas posee una temperatura promedio anual de 19,50 °C, y la precipitación promedio anual de 2249,00 mm. El mes más lluvioso es abril, mientras que el mes de menor precipitación es agosto (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tulcán [GADMT], 2015).

En Santa Rosa la temperatura media anual es de 18,00°C, y la precipitación media anual es de 2000,00 mm. El mes más lluvioso es abril y mayo, mientras que el mes de menor precipitación es agosto (Rosero, 2013).

La Granja Experimental Yuyucocha presenta una temperatura media anual de 15,90°C y la precipitación oscila entre 1000,00 mm; los meses más lluviosos son marzo, mayo y octubre; los meses de menor precipitación junio y septiembre (Cornejo, 2013).

### **3.3 Materiales, equipos y maquinaria**

#### **3.3.1 Materiales**

- Cinta métrica.
- Madera de *Alnus nepalensis* y *Carapa amorphocarpa*.
- Útiles de escritorio.
- Etiquetas plásticas.
- Silicona.

#### **3.3.2 Equipos**

- Balanza de precisión Jadever JWL.
- Horno Robert Hildebrand.
- GPS Garmin eTrex.

#### **3.3.3 Maquinaria**

- Motosierra.
- Sierra circular de mesa.
- Ingletadora.
- Planeadora.

### **3.4 Metodología**

#### **3.4.1 Selección de los árboles y apeado**

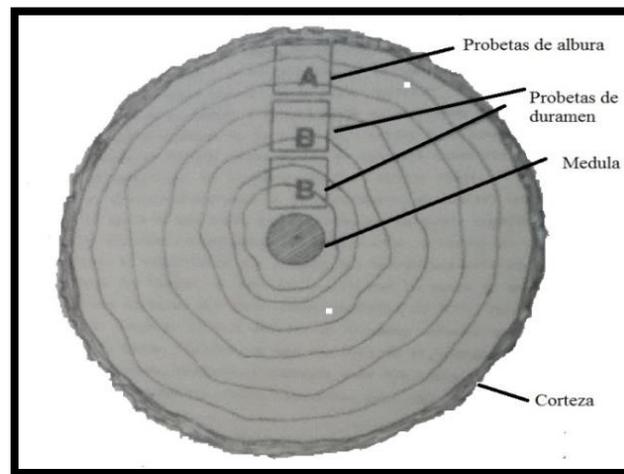
Se utilizó la metodología de Salazar (2001), con las modificaciones de Cárdenas y Polanco (2004) la cual menciona que, deben ser dos árboles de cada especie con fustes cilíndricos y sin

enfermedades cuyos rangos diamétricos oscilaron entre 39,90 – 54,70 cm de DAP (Bothig, 2008).

### 3.4.2 Corta y extracción de las trozas

Los árboles apeados se seccionaron en trozas de 70 cm de longitud (Salazar, 2001); que luego fueron escuadradas en piezas de 13 cm de espesor, lo que facilitó su traslado a la central maderera de la Universidad Técnica del Norte

### 3.4.3 Obtención y preparación de las probetas de duramen y albura



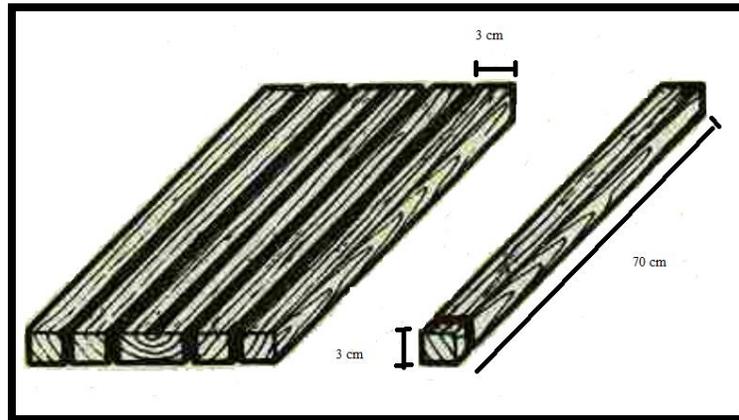
*Ilustración 1.* Ubicación de las probetas en la troza

**Fuente:** Orbe, 1983

Para la obtención y codificación de las probetas de 2,50 x 2,50 x 65,00 cm (ASTM D 17 1967, citado por Salazar, 2001), se realizó el siguiente proceso:

a) Se cortó las piezas antes mencionadas en la cierra de mesa; que dio como resultado tablas de 3,00 x 13,00 x 70,00 cm que contenían albura y duramen (Bothig, 2008).

b) Se cortaron las tablas en tiras de 3,00 x 3,00 x 70,00 cm, se separó la zonas de albura adyacente a la corteza y las de duramen de la sección interna de las tablas (Martínez, 1981) *ver a continuación ilustración 2.*



*Ilustración 2. Tiras*

Fuente: **Martínez 1981**

c) Se cepillaron 0.50 cm por lado y cortaron las tiras, para obtener las probetas con las dimensiones deseadas (Martínez, 1981).

d) Se pesaron todas las probetas antes y después de ser secadas como indican (Cárdenas y Polanco, 2004). Utilizando una balanza Jadever, la cual tiene una precisión de  $\pm 2,00$  gr.

e) Se secó al horno de marca Robert Hildebrand durante 60 horas en el programa cuatro.

f) Se codificaron con adhesivos y luego se les colocó silicona líquida.

Ejemplos del código. Ver a continuación.

**SP1-A-P1-P50**

**Elaborado por.** Diego Esteban Ruiz Salazar

Donde:

SP1 = *Carapa amorphocarpa*.

A = Albura.

P1 = Parcela uno.

P50 = Probeta cincuenta.

**SP2-D-P16-P1**

**Elaborado por.** Diego Esteban Ruiz Salazar

Donde:

SP2 = *Alnus nepalensis*.

D = Duramen.

P16 = Parcela dieciséis.

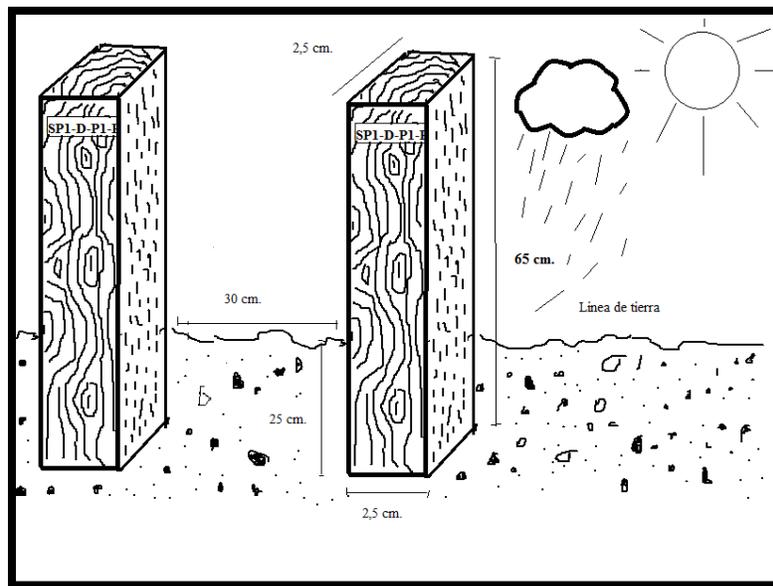
P1 = Probeta uno.

#### **3.4.4 Establecimiento del cementerio**

Para establecer el ensayo se realizó lo siguiente:

- a) Se utilizó una gallineta y una volqueta para retirar la maleza
  
- b) Se estableció al azar 10 puntos de muestreo de suelo, retirando la capa superficial con una pala. De cada uno de ellos se tomó una submuestra entre 30,00 cm de profundidad, que fueron colocados en una funda plástica, para tener una muestra representativa y se realizó análisis químico (Orbe, 1983) en el laboratorio De Labonort
  
- c) Se estableció cuatro parcelas con probetas de albura y cuatro parcelas con duramen por cada especie de madera, cada parcela tuvo una dimensión 1,20 m ancho por 5,40 m de largo.

- d) Se dividió en hileras y columnas cada parcela con espaciamiento de 30,00 cm entre hilera y 60,00 cm entre columna (Salazar, 2001).
- e) Se distribuyó 50 probetas al azar en cada parcela (Salazar, 2001) y 800 en todo el ensayo.
- f) Se enterró a una profundidad de 25,00 cm en el cruce de hileras y columnas (Wolf y Parales, 1985), ver ilustración 5.



*Ilustración 3. Probeta en el ensayo de cementerio*

**Elaborado por.** Diego Esteban Ruiz Salazar

- g) Se solicitó mensualmente los datos climatológicos de la estación meteorológica ubicada Granja Experimental Yuyucocha que fueron temperatura media, Humedad relativa, precipitación y heliofanía (Orbe, 1983) luego de haber establecido el ensayo de cementerio el 15 de junio del 2016

El ensayo tuvo el siguiente diseño en el campo (Ilustración 4.)

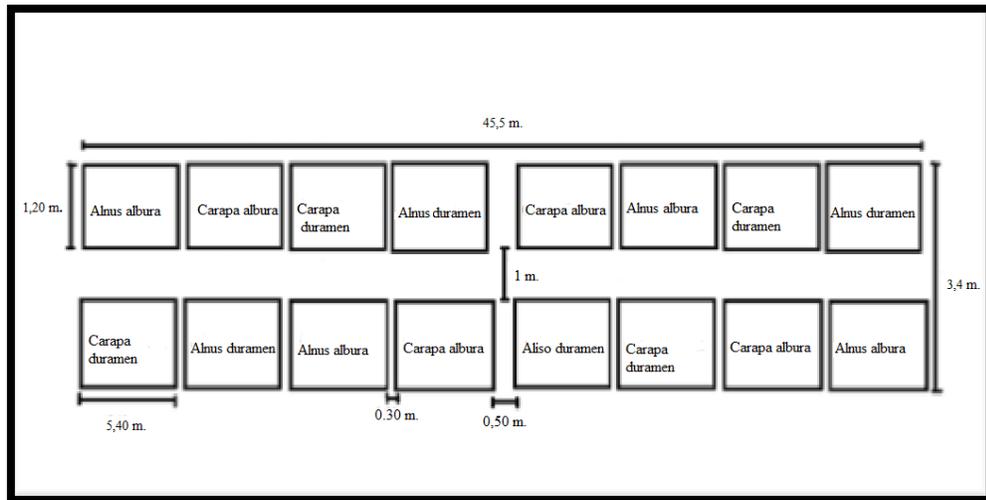


Ilustración 4. Esquema del ensayo del cementerio

Elaborado por. Diego Esteban Ruiz Salazar

### 3.4.5 Cálculo de la pérdida de peso en las probetas

Para calcular la pérdida de peso se realizó lo siguiente:

- De cada parcela se escogieron cinco probetas al azar, que luego fueron pesadas y registrados en estado verde y anhidro; para volverlas a colocar en su parcelas correspondientes.
- Se calculó el contenido de humedad con la ecuación 1 (Viscarra, 1998)

$$CH\% = \frac{Pv - Psh}{Psh} \times 100$$

Ec. (1)

Donde:

CH = El contenido de humedad expresada en porcentaje (%).

P<sub>v</sub> = El peso de la probeta en estado verde expresada en gramos (g).

P<sub>sh</sub> = El peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (g).

c) Se calculó el volumen de las probetas

d) Se determinó la densidad de las probetas con la ecuación 2 (Rojas y Villers, 2005)

$$D_b = \frac{P_O}{V_V}$$

Ec. (2)

Donde:

D<sub>b</sub> = Densidad básica de la madera en (g/cm<sup>3</sup>)

P<sub>O</sub> = Peso anhidro (g)

V<sub>V</sub> = Volumen verde (cm<sup>3</sup>)

e) Se midió el volumen de los 25,00 cm bajo la línea de tierra, para obtener el peso de cada una de las probetas evaluadas. Se despejo el peso anhidro de la ecuación 2.

$$P_O = D_b \times V_V$$

Ec. (3)

Dónde:

P<sub>O</sub> = Peso anhidro (g)

D<sub>b</sub> = Densidad básica de la madera en (g/cm<sup>3</sup>)

V<sub>V</sub> = Volumen verde (cm<sup>3</sup>)

f) De la diferencia de los pesos anhidros inicial y final de las probetas evaluadas se obtuvo el valor de pérdida de peso de la probeta completa

- g) Posteriormente se sacó la equivalencia de los 25,00 cm bajo la línea de la tierra, y se determinó el porcentaje de pérdida de peso

### 3.4.6 Comparación la degradación de las dos especies forestales

Se empleó el diseño irrestricto al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, con arreglo factorial A x B siendo el factor A las especies y el factor B el origen (albura y duramen).

Tabla 4.

#### *Esquema del análisis de varianza*

<b>Factor variación</b>	<b>GL</b>
Tratamientos	$t - 1 = (4 - 1) = 3$
Factor A: Especie	$e - 2 - 1 = 1$
Factor B: Origen	$o - 2 - 1 = 1$
Interacción AxB	$(e-1) \times (o-1) = 1$
Error	$t \times (n - 1) = 4 \times (4 - 1) = 12$
Total	$(t \times n) - 1 = (4 \times 4) - 1 = 15$

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

Para el análisis funcional del porcentaje de pérdida de peso se empleó la prueba de Tukey al 95% de probabilidad estadística.

El diseño experimental presentó cuatro tratamientos los cuales fueron duramen y albura de las especies *Carapa amorphocarpa*; y *Alnus nepalensis* con cuatro repeticiones

**Tabla 5.***Características del experimento*

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	4
Número de unidades experimentales	16
Número de probetas por unidad experimental	50
Número de especies	2
Número origen (albura o duramen)	2
Número de probetas por origen	200
Número de probetas por especie	400
Número de probetas totales	800

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

### 3.4.7 Clasificación las especies según su durabilidad natural

Para clasificar la durabilidad natural de las maderas se utilizó la siguiente tabla (González y Yataco, 2011).

**Tabla 6.**

*Criterio para la interpretación de resultados y clasificación de maderas respecto a su resistencia natural a las pudriciones.*

<b>Promedio de Pérdida de peso (%)</b>	<b>Promedio de peso residual (%)</b>	<b>Grado de resistencia</b>	<b>Clase</b>
0-10	90-100	Altamente resistente	A
11-24	76-89	Resistente	B
25-44	56-75	Moderadamente resistente	C
45 o mas	55 o menos	No resistente	D

Fuente: **González y Yataco, 2011**

### **3.4.8 Evaluación de la foto degradación**

Se evaluó el cambio de color utilizando la tabla de Munsell de suelos, que se comparó albura y duramen de probetas extraídas a los seis meses del ensayo de cementerio y para luego ser comparadas con probetas sin exposición al ambiente.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1 Resultados

##### 4.1.1 Análisis de suelo

El suelo presentó factores inadecuados para el desarrollo de hongos xilófagos como, fósforo y magnesio no se encuentran en valores idóneos, los valores deben ser de 4,00 y 1,00 ppm respectivamente (Pedreros 2007); además el pH fue básico, factor que afecta el desarrollo de esporas y micelios de los hongos xilófagos (Vaca, 1998). No obstante valores como el de nitrógeno y manganeso son adecuados para el crecimiento de estos (OIMT, 2012); ver tabla a continuación.

En este sentido si bien en la mayoría de las variables analizadas, a excepción del nitrógeno y manganeso presentan características no aptas para el óptimo desarrollo de hongos, durante el periodo de investigación se observó la incidencia en el deterioro de la madera.

**Tabla 7.**

*Características químicas del suelo*

Nutrientes	Valor	Unidad
N	36,12	ppm
P	176,83	ppm
S	8,27	ppm
K	1,69	meq/100ml
Mg	3,17	meq/100ml
Mn	6,87	ppm
pH	7.25	

\*ppm: Partes por millón

\*meq/100ml: Miliequivalente sobre cien milímetros.

**Fuente:** Labnort

#### 4.1.2 Datos climatológicos

La temperatura promedio de 17,47 °C durante el tiempo de evaluación no estuvo entre un rango favorable para el crecimiento de hongos xilófagos (Vaca, 1998), la precipitación en el mes de agosto causó el incremento del contenido de humedad (CH) en la madera a valores mayores que 20 %, los cuales fueron adecuados para proliferar organismos xilófagos (OIMT, 2012); mientras que la heliofanía y las bajas precipitaciones influyeron en los meses de septiembre y octubre en el aumento de cantidad de horas de radiación solar que recibieron las probetas, modificando el contenido de humedad y degradando el color en la madera; ver tabla a continuación.

**Tabla 8.**

*Datos climatológicos registrados durante el periodo de evaluación del ensayo*

<b>Variables</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>
Temperatura media (°C)	17,70	17,50	17,80	16,90
Humedad relativa (%)	81,00	85,00	80,00	76,00
Precipitación (mm)	48,00	124,70	66,90	30,90
Heliofanía (horas)	112,40	135,50	171,10	161,40

Fuente: INAMHI-UTN, 2016

#### 4.1.3 Contenido de humedad en la madera

##### 4.1.3.1 Medición a los dos meses

El contenido de humedad en *Alnus nepalensis* fue superior al 20 %, mientras que en *Carapa amorphocarpa* no superó este valor; ver tabla a continuación

**Tabla 9.***Contenido de humedad promedio a los dos meses*

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>CH (%)</b>
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	28,32
	Albura	27,60
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	14,78
	Albura	13,01

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar**4.1.3.2 Medición a los tres meses**

El contenido de humedad de las dos especies no superaron el valor a 20%, ver tabla a continuación

**Tabla 10.***Contenido de humedad promedio a tercer mes*

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>CH (%)</b>
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	16,57
	Albura	12,71
	Duramen	14,91
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Albura	10,19

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar**4.1.3.3 Medición a los seis meses**

El contenido de humedad de las dos se mantuvo en valores menores inferiores al 20 %, ver tabla a continuación

**Tabla 11.***Contenido de humedad promedio al sexto mes*

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>CH (%)</b>
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	14,91
	Albura	10,19
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	12,57
	Albura	9,71

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar**4.1.4 Pérdida de peso en las probetas****4.1.4.1 Medición a los dos meses**

La madera de *Alnus nepalensis* fue la que mayor pérdida de peso registró en los dos orígenes principalmente en el duramen, mientras que *Carapa amorphocarpa* fue la más durabilidad presento, ver tabla a continuación.

**Tabla 12.***Promedio de pérdida de peso al segundo mes*

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>Pérdida de peso (%)</b>
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	17,53
	Albura	15,39
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	7,28
	Albura	11,58

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

En el análisis de varianza se observan diferencias altamente significativas para las fuentes de variación tratamiento y especie al 95 % de probabilidad estadística; mientras que para el origen y la interacción especie por origen no se registraron diferencias estadísticas; por lo tanto se acepta la hipótesis alterna y descarta la nula, a continuación en la tabla 13.

**Tabla 13.***Análisis de varianza*

F.V.	SC	Gl	CM	F		F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$
Tratamiento	171,78	3	57,26	6,87	**	4,75	9,33
Especie	148,78	1	148,78	17,85	**	3,49	5,95
Origen	6,98	1	6,98	0,84	ns	3,49	5,95
Especie*Origen	16,02	1	16,02	1,92	ns	3,49	5,95
Error	100,00	12	8,33				
Total	271,78	15					
C.V	22,95						

Elaborador por: **Diego Esteban Ruiz Salazar**

Los porcentajes de pérdida de peso de las medias que corresponde al rango Tukey A en la madera de *Alnus nepalensis*, en el origen de duramen es la que presentó mayor degradación, mientras que el origen de duramen en *Carapa amorphocarpa* que pertenece al rango B de Tukey indica mayor durabilidad natural; ver tabla a continuación.

**Tabla 14.***Rangos Tukey al segundo mes*

Especie	Origen	Pérdida de peso de las medias (%)	Rangos Tukey
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	16,26	A
	Albura	15,39	A
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	7,28	B
	Albura	11,58	A

Elaborador por: **Diego Esteban Ruiz Salazar**

#### 4.1.4.2 Medición a los tres meses

La madera que registró más degradación fue *Alnus nepalensis* con más pérdida de peso en la albura; mientras que *Carapa amorphocarpa* presentó menos durabilidad natural en la albura, ver tabla a continuación

**Tabla 15.**

*Pérdida promedio de peso al tercer mes*

Especie	Origen	Pérdida de peso (%)
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	16,52
	Albura	19,26
	Duramen	7,96
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Albura	11,94

Elaborado por: **Diego esteban Ruiz Salazar**

En el análisis de varianza se observa que las fuentes de variación tratamiento y especie son altamente significativas al 95 % de probabilidad estadística; mientras que en cuanto al origen únicamente son significativas a nivel estadístico; por el contrario interacción especie por origen no se registraron diferencias estadísticas; por lo tanto se aceptan la hipótesis alterna y se descarta la nula; ver tabla a continuación.

**Tabla 16.**

*Análisis de varianza*

F.V.	SC	GL	CM	F		F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$
Tratamiento	407,42	3	135,81	23,83	**	4,75	9,33
Especie	386,42	1	386,42	67,81	**	3,49	5,95
Origen	20,05	1	20,05	3,52	*	3,49	5,95
Especie*Origen	0,96	1	0,96	0,17	ns	3,49	5,95
Error	68,38	12	5,70				
Total	475,81	15					
CV	23,83						

Elaborador por: **Diego Esteban Ruiz Salazar**

El rango Tukey A indica que la madera de *Alnus nepalensis* presentó la mayor degradación en los dos orígenes especialmente en la madera de albura, mientras tanto que en la madera de *Carapa amorphocarpa* el rango Tukey B indica que fue la madera que mayor durabilidad posee primordialmente en el origen de duramen; ver tabla a continuación.

**Tabla 17.**

*Rangos Tukey al tercer mes*

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>Pérdida de peso de las medias (%)</b>	<b>Rangos Tukey</b>
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	16,52	A
	Albura	19,26	A
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	7,96	B
	Albura	11,94	B

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

#### **4.1.4.3 Medición a los seis meses.**

La madera que presento mayor degradación fue *Alnus nepalensis* principalmente en el duramen, mientras que *Carapa amorphocarpa* tuvo mayor durabilidad natural en ambos orígenes; ver cuadro a continuación.

**Tabla 18.**

*Promedio de los datos que se registró al sexto mes*

<b>Especie</b>	<b>Origen</b>	<b>Pérdida de peso (%)</b>
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	28,32
	Albura	27,60
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	14,78
	Albura	13,01

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

En el análisis de varianza se observaron que las fuentes de variación tratamiento y especie son altamente significativas al 95 % de probabilidad estadística; por el contrario en origen y la interacción especie por origen no tienen significancia; por lo cual se acepta la hipótesis alterna, ver cuadro a continuación.

**Tabla 19.**

*Análisis de varianza*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>		<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Tratamiento	799,49	3	266,50	8,88	**	3,77	5,04
Especie	792,14	1	792,14	26,40	**	3,08	4,32
Origen	6,25	1	6,25	0,21	ns	3,01	4,17
Especie*Origen	1,10	1	1,10	0,04	ns	4,17	4,17
Error	360,12	12	30,01				
Total	1159,62	15					
CV	26,17						

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

La madera de *Carapa amorphocarpa* en un periodo de seis meses presentó una pérdida de peso promedio de 13,89 % equivalente a 98,00 g entre los dos orígenes, mientras que *Alnus nepalensis* se degradó en 27,97 % correspondiente a 51,00 g en promedio de los dos orígenes (Ver tabla 20). Los tipos de pudrición que se observó fueron pudrición blanca y blanda estos resultados se debe a que el mes de agosto se registró una precipitación de 124,70 mm,

incrementando el contenido de humedad a 13,01 % en *Carapa amorphocarpa* y 27,96 % en *Alnus nepalensis* que según OIMT (2012) es un valor adecuado para la proliferación de hongos. No se registró valores más altos de degradación ya que factores como pH básico del suelo, temperatura promedio de 17,47°C y nutrientes en el suelo como fosforo de 176,83 ppm, potasio 1,69 ppm y magnesio 6,87 ppm no son optimos para el desarrollo de los hongos.

**Tabla 20.**

*Rango Tukey al sexto mes*

Especie	Origen	Pérdida de peso de las medias (%)	Rangos Tukey
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	28,33	A
	Albura	27,61	A
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Duramen	14,78	B
	Albura	13,01	B

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

Mientras que Bobadilla *et al.* (2005) en *Melia azedarach* que pertenece a la familia MELIACEAE igual que *Carapa amorphocarpa*, obtuvo una pérdida de peso de 49,57 %; la diferencia se debe a que esa investigación se realizó con pruebas aceleradas utilizando *Laetiporus sulphureus* y *Picnoporus sanguineus* durante un periodo de tres meses; no obstante Gonzales y Trujillo (s. f) en *Ocotea costulata* que pertenece al tipo C de densidad (INEN, 2011) igual que *carapa amorphocarpa* presentó una pérdida de 15,03 %; esta diferencia se debe a que fue realizado con pruebas aceleradas durante tres meses de exposición a *Polyporus sanguineus*

Además *Alnus nepalensis* expuesta seis meses a la intemperie perdiendo un peso promedio de 28,33 %; mientras que *Alnus acuminata* expuesta a *Trametes versicolor* y *Phanerochaete chrysosporium* en pruebas aceleradas durante cuatro meses presentó una pérdida de peso superior al 36,10% (Fuentes *et al.* 2011).

#### 4.1.5 Comparación de la degradación de las dos especies forestales

En la tabla a continuación se muestran las diferencias de degradación entre las dos especies y entre los orígenes de estas.

**Tabla 21.**

*Peso promedio de las probetas en los 25 cm bajo la línea de tierra*

Especie	Origen	Peso (gr)	Pérdida de peso de las medias, en tres mediciones (meses)			Grado de resistencia (6 meses)
			2	3	6	
<i>Alnus nepalensis</i>	Duramen	52	16,26%	19,26%	28,33%	Moderadamente resistente
	Albura	51	15,39%	16,52%	27,61%	Moderadamente resistente
<i>Carapa amorphocarpa</i>	Albura	100	11,58%	11,94%	13,01%	Resistente
	Duramen	96	7,28%	7,96%	14,78%	Resistente

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

Al comparar los resultados de tres mediciones de las pérdidas de peso se observó que la degradación en la madera de *Alnus nepalensis* fue siempre mayor que en *Carapa amorphocarpa*.

Esta diferencia se debe a la densidad, siendo para *Alnus nepalensis* de 0,31gr/cm<sup>3</sup> semejante al valor de 0,32gr/cm<sup>3</sup> obtenido por Mediavilla (2016); y *Carapa amorphocarpa* de 0,42 gr/cm<sup>3</sup> similar al valor obtenido por Sotelo (2016) de 0,42 gr/cm<sup>3</sup>; como menciona CATIE (1979) la densidad puede ser un factor que afecta la durabilidad natural, además esta propiedad física también tiene relación inversamente proporcional con el contenido de humedad (Urias y Salinas, 2003); que se ratifica con el contenido de humedad de *Alnus nepalensis* que fue de 27,96 %, lo

cual genera condiciones adecuadas para la proliferación hongos (OIMT, 2012) y por ende una menor durabilidad natural.

#### 4.1.6 Clasificación de las dos especies según su durabilidad natural

Se muestra en las tablas 22 y 23 la clasificación de la durabilidad natural de las dos especies con sus respectivos orígenes, al final de un periodo de seis meses.

Tabla 22.

*Clasificación de la durabilidad natural de la madera de Carapa amorphocarpa*

Origen	Pérdida de peso (%)	Peso residual (%)	Grado de resistencia	Clase
Duramen	14,78	85,22	Resistente	B
Albura	13,01	86,99	Resistente	B

Elaborador por: **Diego Esteban Ruiz Salazar**

*Carapa amorphocarpa* se clasificó como clase B; es decir resistente, mientras que *Ocotea costulata*, perteneciente a tipo C de densidad similar que *Carapa amorphocarpa* (INEN, 2011), tiene una clase A; esta diferencia se debe a que, se realizó pruebas aceleradas (Gonzales y Trujillo, s.f)

Tabla 23.

*Clasificación de la durabilidad natural de la madera de Alnus nepalensis*

Origen	Pérdida de peso (%)	Peso residual (%)	Grado de resistencia	Clase
Duramen	28,33	71,67	Moderadamente resistente	C
Albura	27,61	72,39	Moderadamente resistente	C

Elaborador por: **Diego Esteban Ruiz Salazar**

La madera de *Alnus nepalensis* se clasifica como clase C, posee un grado moderadamente resistente tanto como albura y duramen, mientras que Fuentes *et al.* (2011) menciona que *Alnus acuminata* al cuatro mes presento una madera de clase C; esta diferencia se debe a que se realizó con pruebas aceleradas.

#### 4.1.7 Evaluación de la foto degradación

En la madera de *Alnus nepalensis* el cambió de color en duramen y albura fue de amarillo pálido blanco a pálido rojo y gris rosado; ver cuadro a continuación.

**Tabla 24.**

*Evaluación del cambio del color en la madera de Alnus nepalensis*

Origen	Color original	Color a las 6 meses de exposición al ambiente
Duramen	Amarillo pálido blanco	Pálido rojo, gris rosado
Albura	Amarillo pálido blanco	Pálido rojo, gris rosado

Elaborador por: **Diego Esteban Ruiz Salazar**

La degradación de color en la madera de *Carapa amorphocarpa* en duramen fue de rojo débil a gris claro, mientras que albura cambio de rosado a pálido rojo (Ver tabla 25), se comparó con *Carapa guianensis* que registró una variación de color ligeramente claro (Valverde y Mayo; 2010) esta diferencia se infiere a que *Carapa amorphocarpa* fue evaluada a los seis meses mientras que *Carapa guianensis* fue valorada a los cuarenta días, cabe mencionar que también influye la cantidad de radiación solar que llega a la ciudades donde se realizó las investigaciones; como en Ibarra es de 684,6 W/m<sup>2</sup>, en tanto que a la ciudad de Costa Rica es 563.3 W/m<sup>2</sup> (Nahle, 2011).

**Tabla 25.**

*Evaluación del cambio del color en la madera de Carapa amorphocarpa*

<b>Origen</b>	<b>Color original</b>	<b>Color a las 6 meses de exposición al ambiente</b>
Duramen	Rojo débil	Gris claro, marrón rojizo claro
Albura	Rosado	Pálido rojo,

**Elaborador por:** Diego Esteban Ruiz Salazar

Los cambios de color que se provocó en las probetas tiende a depreciar en valor económico como estético (Vignote y Villasante, 2010).

Cabe mencionar que también influye la cantidad de radiación solar que llega a la ciudad de Ibarra que es de  $684,6 \text{ W/m}^2$ , en tanto que a la ciudad de Costa Rica llega  $563.3 \text{ W/m}^2$  (Nahle, 2011).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

#### 5.1 Conclusiones

*Alnus nepalensis* presentó una pérdida de peso promedio de 14,37 g equivalente a 28,33 %, mientras que *Carapa amorphocarpa* fue de 14,78 g correspondiente a 13,98 %; estos resultados se debe a factores biológicos y edafo - climáticos.

La madera de *Alnus nepalensis* presentó la mayor degradación que corresponde al 28,33 %, mientras que en *Carapa amorphocarpa* fue de 13,98 %; el cual presentó menor degradación, estos resultados se debe a la diferencias de densidades de las dos especies.

*Carapa Amorphocarpa* se clasificó como una madera resistente (clase B) ya que perdió entre 11 – 24 % de peso, mientras que *Alnus nepalensis* se clasificó como madera moderadamente resistente (clase C) al perder entre 25 – 44 % de su peso; según la clasificación de González y Yataco.

## **CAPÍTULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

#### **5.2 Recomendaciones**

Continuar la evaluación del ensayo para determinar el tiempo de durabilidad real de la madera a las condiciones edafo-climaticos del área de investigación.

Investigar los métodos de preservación para incrementar la durabilidad de la madera y conocer los probables preservantes.

Considerando el grado de resistencia que se clasifico a *Alnus nepalensis* no se sugiere el uso para exteriores.

## BIBLIOGRAFÍA

Argeo. (1960). *Introducción a la química industrial*. Santiago de Chile: Andrés Bello

Arana; téllez; González y González. (s.f). *Aspectos generales de la biodegradación de la madera: aplicaciones industriales de las lacasa*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Ainhoa\\_Arana/publication/261392165\\_Aspectos\\_generales\\_de\\_la\\_biodegradacion\\_de\\_la\\_Madera\\_Applicaciones\\_industriales\\_de\\_las\\_laccasas/links/02e7e534297774ee83000000/Aspectos-generales-de-la-biodegradacion-de-la-Madera-Applicaciones-industriales-de-las-laccasas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ainhoa_Arana/publication/261392165_Aspectos_generales_de_la_biodegradacion_de_la_Madera_Applicaciones_industriales_de_las_laccasas/links/02e7e534297774ee83000000/Aspectos-generales-de-la-biodegradacion-de-la-Madera-Applicaciones-industriales-de-las-laccasas.pdf)

Beyer y Walter. (1987). *Manual de química orgánica*. Barcelona: Reverté S.A.

Bobadilla. ( 2004). *Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción*. Recopilado el 31 de mayo del 2015. Recuperado de [http://mameyp.unam.edu.ar/images/mameyp/tesis/alicia\\_bobadilla.pdf](http://mameyp.unam.edu.ar/images/mameyp/tesis/alicia_bobadilla.pdf)

Bobadilla; Pereyra; Silva y Stehr (2005). *Durabilidad natural de la madera de dos especies aptas para la industria de la construcción*. Recopilado el 31 de mayo del 2015. Recuperado de [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwihhpzh5fvRAhXIRyYKHWfbC3sQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Frevistas.ufpr.br%2Ffloresta%2Farticle%2Fdownload%2F5192%2F3904&usg=AFQjCNEdFEYt8GFw6mMhRW\\_Tlc0sR1yVN5w&bvm=bv.146094739,d.eWE](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwihhpzh5fvRAhXIRyYKHWfbC3sQFggYMAA&url=http%3A%2F%2Frevistas.ufpr.br%2Ffloresta%2Farticle%2Fdownload%2F5192%2F3904&usg=AFQjCNEdFEYt8GFw6mMhRW_Tlc0sR1yVN5w&bvm=bv.146094739,d.eWE)

Bobadilla. ( 2004). *Durabilidad natural de la madera de cinco especies aptas para la industria de la construcción*. Recopilado el 31 de mayo del 2015. Recuperado de [http://mameyp.unam.edu.ar/images/mameyp/tesis/alicia\\_bobadilla.pdf](http://mameyp.unam.edu.ar/images/mameyp/tesis/alicia_bobadilla.pdf)

Bothig; Sánchez y Doldán. (2008), *Durabilidad natural de madera de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden de plantaciones de rápido crecimiento*. Recopilado el 31 de mayo del

2016. Recuperado de <http://www.cenunez.com.ar/archivos/219-microsoftwordhemicelulosasmaderas.pdf>

Calonger y Sánchez. (1999). *Comentarios sobre algunos hongos de los árboles del real jardín botánico de Madrid y tipos de micosis que producen*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/92424/1/H.A.%2053-64.pdf>

Cárdenas y Polanco. (2004). *Durabilidad natural de la madera de Trichospermum colombianum (Algodoncillo)*. Recopilado el 31 de mayo del 2016. Recuperado de <file:///C:/Users/Diego%20Ruiz/Downloads/3400-12102-1-PB.pdf>

Castillo. (2012). *Análisis de comportamiento del aliso Alnus nepalensis D. Don, asociado con Brachiaria decumbens staff y pasto miel Setarias shacelata (schumach) staff & c. e. hubb y pasturas en monocultivos*. 85p.

Chaparro y Rosas. (2006). *Aislamiento y evaluación de la actividad enzimática de hongos descomponedores de madera en la reserva natural la Montaña del ocaso, Quimbaya – Quindío*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis250.pdf>

CATIE. 1979. *Studies on the shootborer Hypsipyla grandella (Zeller)*

Cornejo. (2013). "Proyecto análisis de vulnerabilidad a nivel Municipal" *Perfil Territorial canton San Miguel de Ibarra*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/848/1/Perfil%20territorial%20IBARRA.pdf>

Domínguez. (2003). *Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre Kluyveromyces marxianus*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://biblioteca.ucm.es/tesis/bio/ucm-t26833.pdf>

Fernández. (2016). *Heliofanía efectiva y nubosidad a escala regional y local*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de

Fuentes; Silva; Rodriguez; Lomelí; Sanjuán y Richter. (2011) *Strength properties and Avocado (Persea americana Mill) branch wood*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v17n1/v17n1a3.pdf>

Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tulcán. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Tulcán – Actualización 2015*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/0460000210001\\_0460000210001%20Diagnostico%20Tulc%C3%A1n\\_20-02-2015\\_22-45-03.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0460000210001_0460000210001%20Diagnostico%20Tulc%C3%A1n_20-02-2015_22-45-03.pdf)

González y Yataco. (2011). *Durabilidad natural de diez maderas de madre de dios a la accion de tres hongos xilofagos*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos\\_RFP/Vol14\\_no1\\_87\\_\(19\)/vol14\\_no1\\_art4.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol14_no1_87_(19)/vol14_no1_art4.pdf)

González. (s.f.). *Propiedades Físico - Mecánica y Usos de Dos Especies de Podocarpus*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos\\_RFP/Vol04\\_no1-2\\_EneDic70\\_\(07\)/vol4\\_art6.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol04_no1-2_EneDic70_(07)/vol4_art6.pdf)

González y Trujillo. (s.f). *Durabilidad natural de ocho especies forestales del Peru en medio nutritivo natural*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos\\_RFP/Vol13\\_no1\\_85\\_\(17\)/vol13\\_no1\\_art5.pdf](http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol13_no1_85_(17)/vol13_no1_art5.pdf)

Gracia. (s.f). *Ecología Forestal, Funcionamiento y Producción de las masas forestales*. el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.ub.edu/ecologia/carlos.gracia/PublicacionesPDF/La\\_madera.pdf](http://www.ub.edu/ecologia/carlos.gracia/PublicacionesPDF/La_madera.pdf)

- Grupo de apoyo interinstitucional. (2006). *Plan de Manejo del Bosque Protector Golondrinas*.  
Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.altropico.org.ec/06.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Universidad Técnica del Norte. (2016). Fuente personal
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2015). *Boletín climático anual 2015*.  
Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_anu.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_anu.pdf)
- Instituto Ecuatoriano de normalización. (2011). *Sistema de clasificación de madera aserrada proveniente de bosque húmedos tropicales*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2580.2011.pdf>
- Ludwig; Pfenning y Magalhaes. (2011). *Manual de biología de suelos tropicales*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado <http://www.publicaciones.inecc.gob.mx/libros/667/cap8.pdf>
- MAE. (2004). *Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales Y Vida Silvestre*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-Forestal-y-de-Conservacion-de-Areas-Naturales-y-Vida-Silvestre.pdf>
- Marquéz. (2008). *Agentes de biodeterioro en maderas en contacto con el suelo*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TRABAJOS\\_DE\\_ASCENSOS/Trabajo%20de%20Ascenso%20Agregado%20Arlenys%20Marquez.pdf](http://www.cidar.uneg.edu.ve/DB/bcuneg/EDOCS/TESIS/TRABAJOS_DE_ASCENSOS/Trabajo%20de%20Ascenso%20Agregado%20Arlenys%20Marquez.pdf)
- Martínez; Balcázar; González y Folch. (2008). *Celulasas fúngicas: Aspectos biológicos y aplicaciones industriales energética*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2008/mi08-3\\_4i.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/lamicro/mi-2008/mi08-3_4i.pdf)

Martínez, (1981). *Durabilidad relativa de 53 de maderas ecuatorianas*, Quito Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Mediavilla. (2016). *PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Alnus nepalensis* D. Don EN LA ZONA DE INTAG*. 90 p.

Monea y Álvarez. (2000). *Curso sobre el patrimonio histórico*. Reinosa : Iglesias Gil.

Municipio Santa Ana de Cotacachi. (s.f). *Plan estratégico red Intag*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.care.org.ec/wp-content/uploads/2014/04/Plan-Estrategico-de-turismo-de-INTAG.pdf>

Nahle. (2011). *Radiación Solar en la Capa exterior de la Atmósfera y sobre la Superficie Terrestre (Suelo y Océano)*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.biocab.org/Radiacion\\_Solar\\_en\\_la\\_Capa\\_exterior\\_de\\_la\\_Atmosfera\\_Terrestre\\_y\\_sobre\\_la\\_Superficie\\_Terrestre.pdf](http://www.biocab.org/Radiacion_Solar_en_la_Capa_exterior_de_la_Atmosfera_Terrestre_y_sobre_la_Superficie_Terrestre.pdf)

Navarrete, (s.f). *Protección de la madera de uso rural*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_rea/rea\\_1984\\_02\\_30\\_3\\_3.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_rea/rea_1984_02_30_3_3.pdf)

Nutsch. (2000). *Tecnología de la madera y del mueble* . Barcelona : REVERTÉ,S.A.

Ordóñez. (2011). *En torno al deterioro del mobiliario. Factores de degradación y conservación preventiva*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de

Organización Internacional de Maderas Tropicales. (2012). *Durabilidad natural de 11 maderas tropicales mexicanas (Resultados finales)*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado

de

[http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2596/Promotional/Durabilidad%20Natural%2011%20especies%20maderables.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2596/Promotional/Durabilidad%20Natural%2011%20especies%20maderables.pdf)

Orbe, (1983). *Durabilidad natural de 20 especies maderables del Ecuador y comparación con la durabilidad de esas especies sometidas a tratamientos de preservación*. Quito: Ministerio de Agricultura y Ganadería. 70p.

Palacios, (2012). *Cuatro especies nuevas de árboles del Ecuador*. Caldasia, 85 p.

Paz, (2008). *Determinación de la composición de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (Gmelina arborea roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1090\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1090_Q.pdf)

Peraza. (s.f). *Protección preventiva de la madera*. Barcelona: Libri Mundi.

Quinde y Clerque. (2011). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa exportadora de prendas de vestir a mano, en la parroquia de Caranqui, cantón Ibarra*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/890/2/02%20ICA%20129%20TESIS.pdf>

Rojas y Villers. (2005). *Conversión de densidades de la madera*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www1.inecol.edu.mx/myb/resumeness/11.1/5.%20NOTA%20TECNICA.Rojas%20y%20Villers.2005.pdf>

Rojas y Gallardo. (2004). *Manual de insectos asociados a maderas en la zona sur de Chile*.  
Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de  
[http://www.sag.cl/sites/default/files/MANUAL\\_INSECTOS\\_MADERA.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/MANUAL_INSECTOS_MADERA.pdf)

Rosero. (2013). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE CAFÉ PERGAMINO SECO EN LA PARROQUIA APUELA DE LA ZONA INTAG, PROVINCIA DE IMBABURA*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2439/1/02%20ICA%20545%20TESIS.pdf>

Sánchez. (s.f.). *Insectos y otros organismos xilófagos que afectan la madera*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de  
[http://www.europest.net/salud\\_publica/19\\_europest\\_contra\\_los\\_insectos\\_xilofagos.pdf](http://www.europest.net/salud_publica/19_europest_contra_los_insectos_xilofagos.pdf)

Sandemann. (1968). *Industrias químicas de la madera*. Turrialba: Miscelanía.

Salazar. (2001). *Durabilidad Natural de la Madera de Cinco Especies de Quercus Del Estado de Puebla*. Relayc.org. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de  
<http://www.redalyc.org/pdf/621/62101205.pdf>

SEMPLADES. (2013). *Plan Nacional para el Buen vivir*. Recopilado el 1 de junio del 2015.  
Recuperado de  
<http://documentos.senplades.gob.ec/Plan%20Nacional%20Buen%20Vivir%202013-2017.pdf>

Sotelo. (2016). *PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE Carapa amorphocarpa W. Palacios, EN EL NOROCCIDENTE DEL ECUADOR*. 72 p.

Suárez; Aguilar y Gonzalez. (2005). *Patrones de infección por insectos xilófagos en renovales de Nothofagus obliqua mirb. Y Nothofagus dombeyi (Mirb.) Oerst.- (Fagales:*

*Nothofagaceae*). Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v78n1/art03.pdf>

Tapia. (2010). *Durabilidad Natural de Eucalyptus nitens frente al ataque de hongos xilófagos*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Cybertesis. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2011/fift172d/doc/fift172d.pdf>

Touza. (2003). *Guia de la madera*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.caatlleida.cat/Fitxers/CentreDocumentacio/Biblioteca/NBibliografiques/Index/BD-7770.pdf>

Urbán. (2000). *Contruccion de estructuras de madera*. Alicante: Club Universitaria.

Urias & Salinas. 2003. *Efectos de la intemperie en el color de dos acabados aplicados en madera de Cedrela odorata*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de <http://www.scielo.cl/pdf/maderas/v12n3/art02.pdf>

Vaca. (1998). *Tecnicas para la presevacion de la madera*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/Pnacd119.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacd119.pdf)

Valderrama. (1998). *Información Tecnológica*. México: CIT.

Vignote, y Martínez. (2006). *Tecnología de la Madera*. Madrid: Mundi - Prensa.

Vignote y Villasante. (2010). *La silvicultura y calidad de la mdera*. Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado de [http://www.montes.upm.es/sfs/E.T.S.I.%20Montes/La%20Escuela/ActosInstitucionales/Lecciones/Ficheros\\_Est%C3%A1ticos/LECCI%C3%93N%20INAUGURAL%202013-S.VIGNOTE.pdf](http://www.montes.upm.es/sfs/E.T.S.I.%20Montes/La%20Escuela/ActosInstitucionales/Lecciones/Ficheros_Est%C3%A1ticos/LECCI%C3%93N%20INAUGURAL%202013-S.VIGNOTE.pdf)

Valverde y Mayo. (2010). *Efectos de la intemperie en el color de dos acabados*

*aplicados en madera de Cedrela odorata y Carapa*

GUIANENSIS Recopilado el 1 de junio del 2015. Recuperado  
<http://www.scielo.cl/pdf/maderas/v12n3/art02.pdf>

Viscarra. (1998). *Balance de energía en un horno solar*. Recopilado el 1 de junio del 2015.  
Recuperado de <http://ritim.org.ar/espanol/Descargas/i007.pdf>

Wolf y Perales. (1985). *Durabilidad natural de la madera de algunas especies del matorral del  
noroeste de México*. Recopilado el 31 de mayo del 2016. Recuperado de  
<http://cdigital.dgb.uanl.mx/la/1020118346/1020118346.PDF>

Zanni. (2008). *Patología de la madera*. Argentina: Brujas .

## ANEXOS

### ANEXO 1

Datos de peso residual y pérdida de peso en porcentaje (%)

Parcela1	Segundo mes		Parcela 1	Tercer mes		Parcela 1	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-D-P1-P3	71,83	28,17	SP1-D-P1-P39	80,98	19,02	SP1-D-P1-P4	87,18	12,82
SP1-D-P1-P8	97,82	2,18	SP1-D-P1-P32	95,67	4,33	SP1-D-P1P13	86,62	13,38
SP1-D-P1-P10	92,78	7,22	SP1-D-P1-P21	93,22	6,78	SP1-D-P1P15	86,52	13,48
SP1-D-P1-P22	81,91	18,09	SP1-D-P1-P36	97,80	2,20	SP1-D-P1P18	86,11	13,89
SP1-D-P1-P38	93,45	6,55	SP1-D-P1-P43	91,94	8,06	SP1-D-P1P34	88,50	11,50

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 2	Segundo mes		Parcela 2	Tercer mes		Parcela 2	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-D-P2-P9	90,37	9,63	SP1-D-P2-P17	94,00	6,00	SP1-D-P2-P4	87,36	12,64
SP1-D-P2-P22	93,39	6,61	SP1-D-P2-P43	90,85	9,15	SP1-D-P2-P19	86,55	13,45
SP1-D-P2-P27	88,27	11,73	SP1-D-P2-P42	92,57	7,43	SP1-D-P2-P21	85,67	14,33
SP1-D-P2-P32	94,22	5,78	SP1-D-P2-P33	95,56	4,44	SP1-D-P2-P24	87,62	12,38
SP1-D-P2-P43	96,34	3,66	SP1-D-P2-P41	94,14	5,86	SP1-D-P2-P26	87,42	12,58

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 3	Segundo mes		Parcela 3	Tercer mes		Parcela 3	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-D-P3-P3	98,17	1,83	SP1-D-P3-P7	91,28	8,72	SP1-D-P3-P14	87,87	12,13
PS1-D-P3-P9	93,61	6,39	SP1-D-P3-P22	93,66	6,34	SP1-D-P3-P17	88,89	11,11
SP1-D-P3-P35	88,61	11,39	SP1-D-P3-P37	93,81	6,19	SP1-D-P3-P24	89,17	10,83
SP1-D-P3-P45	91,54	8,46	SP1-D-P3-P31	91,11	8,89	SP1-D-P3-P25	87,42	12,58
SP1-D-P3-P47	88,03	11,97	SP1-D-P3-P46	93,95	6,05	SP1-D-P3-P49	88,60	11,40

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 4	Segundo mes		Parcela 4	Tercer mes		Parcela 4	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-D-P4-P26	95,97	4,03	SP1-D-P4-P39	89,08	10,92	SP1-D-P4-P1	78,69	21,31
SP1-D-P4-P27	100,00	0,00	SP1-D-P4-P20	91,88	8,12	SP1-D-P4-P12	76,02	23,98
SP1-D-P4-P28	76,75	23,25	SP1-D-P4-P28	91,54	8,46	SP1-D-P4-P18	79,47	20,53
SP1-D-P4-P39	89,08	10,92	SP1-D-P4-P37	93,86	6,14	SP1-D-P4-P32	78,33	21,67
PS1-D-P4-P48	89,08	10,92	SP1-D-P4-P50	90,88	9,12	SP1-D-P4-P45	80,34	19,66

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 5	Segundo mes		Parcela 5	Tercer mes		Parcela 5	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-A-P5-P4	96,03	3,97	SP1-A-P5-P24	90,44	9,56	SP1-A-P5-P7	87,32	12,68
SP1-A-P5-P31	89,32	10,68	SP1-A-P5-P36	87,52	12,48	SP1-A-P5-P11	85,69	14,31
SP1-A-P5-P34	84,82	15,18	SP1-A-P5-P34	88,61	11,39	SP1-A-P5-P22	86,55	13,45
SP1-A-P5-P37	87,00	13,00	SP1-A-P5-P20	90,97	9,03	SP1-A-P5-P23	87,32	12,68
SP1-A-P5-P46	85,56	14,44	SP1-A-P5-P30	87,62	12,38	SP1-A-P5-P32	91,54	8,46

Elaborado por: Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 6	Segundo mes		Parcela 6	Tercer mes		Parcela 6	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-A-P6-P16	86,32	13,68	SP1-A-P6-P3	91,16	8,84	SP1-A-P6-P1	83,86	16,14
SP1-A-P6-P24	90,23	9,77	SP1-A-P6-P27	83,75	16,25	SP1-A-P6-P33	80,14	19,86
SP1-A-P6-P35	83,36	16,64	SP1-A-P6-P16	88,27	11,73	SP1-A-P6-P34	82,19	17,81
SP1-A-P6-P48	83,89	16,11	SP1-A-P6-P32	87,53	12,47	SP1-A-P6-P37	80,45	19,55
SP1-A-P6-P49	90,97	9,03	SP1-A-P6-P25	91,03	8,97	SP1-A-P6-P44	82,31	17,69

Elaborado por: Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 7	Segundo mes		Parcela 7	Tercer mes		Parcela 7	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-A-P7-P4	100,00	0,00	SP1-A-P7-P11	96,36	3,64	SP1-A-P7-P3	93,61	6,39
SP1-A-P7-P6	81,02	18,98	SP1-A-P7-P42	93,76	6,24	SP1-A-P7-P16	91,48	8,52
SP1-A-P7-P12	97,74	2,26	SP1-A-P7-P7	95,70	4,30	SP1-A-P7-P19	93,91	6,09
SP1-A-P7-P29	94,62	5,38	SP1-A-P7-P33	90,00	10,00	SP1-A-P7-P28	92,06	7,94
SP1-A-P7-P42	95,84	4,16	SP1-A-P7-P21	96,06	3,94	SP1-A-P7-P49	90,15	9,85

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 8	Segundo mes		Parcela 8	Tercer mes		Parcela 8	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP1-A-P8-P20	87,62	12,38	SP1-A-P8-P44	93,45	6,55	SP1-A-P8-P23	84,17	15,83
SP1-A-P8-P27	96,09	3,91	SP1-A-P8-P47	90,65	9,35	SP1-A-P8-P32	85,56	14,44
SP1-A-P8-P34	81,57	18,43	SP1-A-P8-P42	87,42	12,58	SP1-A-P8-P34	91,10	8,90
SP1-A-P8-P48	93,86	6,14	SP1-A-P8-P10	92,73	7,27	SP1-A-P7-P44	84,71	15,29
SP1-A-P8-P49	87,42	12,58	SP1-A-P8-P30	98,16	1,84	SP1-A-P7-P50	85,75	14,25

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 9	Segundo mes		Parcela 9	Tercer mes		Parcela 9	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-D-P9-P12	85,56	14,44	SP2-D-P9-P19	84,00	16,00	SP2-D-P9-P8	61,76	38,24
SP2-D-P9-P25	83,49	16,51	SP2-D-P9-P27	84,24	15,76	SP2-D-P9-P13	59,14	40,86
SP2-D-P9-P31	85,14	14,86	SP2-D-P9-P17	79,37	20,63	SP2-D-P9-P31	59,14	40,86
SP2-D-P9-P44	76,00	24,00	SP2-D-P9-P22	80,88	19,12	SP2-D-P9-P48	59,85	40,15
SP2-D-P9-P47	77,39	22,61	SP2-D-P9-P9	67,50	32,50	SP2-D-P9-P50	58,06	41,94

Elaborado por: Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 10	Segundo mes		Parcela 10	Tercer mes		Parcela 10	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-D-P10-P6	84,93	15,07	SP2-D-P10-P26	77,06	22,94	SP2-D-P10-P9	77,97	22,03
SP2-D-P10-P8	78,33	21,67	SP2-D-P10-P13	75,24	24,76	SP2-D-P10-P18	73,62	26,38
SP2-D-P10-P27	84,71	15,29	SP2-D-P10-P37	84,24	15,76	SP2-D-P10-P27	73,24	26,76
SP2-D-P10-P43	81,69	18,31	SP2-D-P10-P45	79,37	20,63	SP2-D-P10-P35	72,42	27,58
SP2-D-P10-P49	83,49	16,51	SP2-D-P10-P17	89,01	10,99	SP2-D-P10-P48	73,62	26,38

Elaborado por: Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 11	Segundo mes		Parcela 11	Tercer mes		Parcela 11	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-D-P11-P13	80,88	19,12	SP2-D-P11-P30	82,43	17,57	SP2-D-P11-P1	77,97	22,03
SP2-D-P11-P15	88,53	11,47	SP2-D-P11-P38	90,71	9,29	SP2-D-P11-P2	77,06	22,94
SP2-D-P11-P29	80,60	19,40	SP2-D-P11-P41	76,36	23,64	SP2-D-P11-P17	76,36	23,64
SP2-D-P11-P31	84,24	15,76	SP2-D-P11-P44	84,00	16,00	SP2-D-P11-P35	77,19	22,81
SP2-D-P11-P39	83,23	16,77	SP2-D-P11-P26	81,43	18,57	SP2-D-P11-P49	78,33	21,67

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 12	Segundo mes		Parcela 12	Tercer mes		Parcela 12	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-D-P12-P7	73,24	26,76	SP2-D-P12-P19	88,36	11,64	SP2-D-P12-P14	74,84	25,16
SP2-D-P12-P17	87,42	12,58	SP2-D-P12-P48	89,01	10,99	SP2-D-P12-P22	75,47	24,53
SP2-D-P12-P19	76,72	23,28	SP2-D-P12-P12	85,56	14,44	SP2-D-P12-P24	75,63	24,38
SP2-D-P12-P38	89,74	10,26	SP2-D-P12-P3	83,75	16,25	SP2-D-P12-P28	75,41	24,59
SP2-D-P12-P42	84,15	15,85	SP2-D-P12-P27	84,00	16,00	SP2-D-P12-P33	76,36	23,64

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 13	Segundo mes		Parcela 13	Tercer mes		Parcela 13	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-A-P13-P5	84,24	15,76	PS2-A-P13-P35	78,33	21,67	SP2-A-P13-P3	76,72	23,28
SP2-A-P13-P14	87,81	12,19	SP2-A-P13-P12	83,49	16,51	SP2-A-P13-P18	77,71	22,29
SP2-A-P13-P24	81,16	18,84	PS2-A-P13-P5	80,30	19,70	SP2-A-P13-P27	75,63	24,38
SP2-A-P13-P34	84,24	15,76	SP2-A-P13-P36	67,50	32,50	SP2-A-P13-P32	73,62	26,38
SP2-A-P13-P44	88,86	11,14	PS2-A-P13-P23	78,63	21,37	SP2-A-P13-P50	74,37	25,63

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 14	Segundo mes		Parcela 14	Tercer mes		Parcela 14	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-A-P14-P6	81,75	18,25	SP2-A-P14-P6	86,32	13,68	SP2-A-P14-P28	63,89	36,11
SP2-A-P14-P39	83,49	16,51	SP2-A-P14-P8	81,69	18,31	SP2-A-P14-P31	66,23	33,77
SP2-A-P14-P46	82,07	17,93	SP2-A-P14-P35	86,55	13,45	SP2-A-P14-P36	68,00	32,00
SP2-A-P14-P47	79,03	20,97	SP2-A-P14-P33	82,95	17,05	SP2-A-P14-P49	68,38	31,62
SP2-A-P14-P48	81,16	18,84	SP2-A-P14-P42	84,24	15,76	SP2-A-P14-P50	68,00	32,00

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 15	Segundo mes		Parcela 15	Tercer mes		Parcela 15	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-A-P15-P6	85,56	14,44	SP2-A-P15-P26	75,07	24,93	SP2-A-P15-P15	74,00	26,00
SP2-A-P15-P18	83,49	16,51	SP2-A-P15-P32	84,00	16,00	SP2-A-P15-P18	71,11	28,89
SP2-A-P15-P19	79,69	20,31	SP2-A-P15-P6	74,72	25,28	SP2-A-P15-P27	73,24	26,76
SP2-A-P15-P33	87,62	12,38	SP2-A-P15-P42	87,21	12,79	SP2-A-P15-P32	72,00	28,00
SP2-A-P15-P35	77,06	22,94	SP2-A-P15-P23	76,72	23,28	SP2-A-P15-P35	73,24	26,76

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

Parcela 16	Segundo mes		Parcela 16	Tercer mes		Parcela 16	Sexto mes	
	Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso		Peso residual	Pérdida de peso
SP2-A-P16-P3	85,75	14,25	SP2-A-P16-P33	92,00	8,00	SP2-A-P16-P12	76,36	23,64
SP2-A-P16-P20	78,33	21,67	SP2-A-P16-P34	77,39	22,61	SP2-A-P16-P15	76,00	24,00
SP2-A-P16-P30	82,95	17,05	SP2-A-P16-P3	75,07	24,93	SP2-A-P16-P26	72,63	27,37
SP2-A-P16-P32	89,01	10,99	SP2-A-P16-P8	82,67	17,33	SP2-A-P16-P31	71,51	28,49
SP2-A-P16-P39	78,92	21,08	SP2-A-P16-P40	80,00	20,00	SP2-A-P16-P36	75,24	24,76

**Elaborado por:** Diego esteban Ruiz Salazar

## ANEXO 2

Tala de la dos especies en bosque protector Cerro Golondrinas y la parroquia Apuela



**Ilustración 5.** *Carapa amorphocarpa* W. Palacios



**Ilustración 6.** *Alnus nepalensis* D. Don Palacios



**Ilustración 7.** Trozas



**Ilustración 8.** Piezas escuadradas

### ANEXO 3

#### Trasporte y preparación de la madera



**Ilustración 9.** Desembarque en la granja



**Ilustración 10.** Dimensión de las duelas



**Ilustración 11.** Duelas



**Ilustración 12.** Dimensionado de las probetas

## ANEXO 4

### Etiquetado y preparación del ensayo



**Ilustración 13.** Etiquetado



**Ilustración 14.** Registro de datos



**Ilustración 15.** Secado de probetas



**Ilustración 16.** Limpieza del terreno



**Ilustración 17.** Ensayo de cementerio

## ANEXO 5

### Evaluación del diseño



**Ilustración 18.** Recolección de probetas



**Ilustración 19.** Medición de peso



**Ilustración 20.** Registro de datos



**Ilustración 21.** Daños en probeta

## LISTA DE SIGLAS

ASTM	=	American Society for testing Materials
CH	=	Contenido de humedad
DAP	=	Diámetro a la Altura del Pecho
GAI	=	Grupo de Apoyo Internacional
INEN	=	Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización
INAMHI	=	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEN	=	Instituto de Ecuatoriano de Normalización
MSAC	=	Municipio Santa Ana de Cotacachi
OIMT	=	Organización International de Maderas Tropicales
Pv	=	Peso en verde
Psh	=	Peso seco al horno
SENPLADES	=	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo