

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

1. **TÍTULO:** DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE *Carapa amorphocarpa* W. Palacios Y *Alnus nepalensis* D. Don.”
2. **AUTOR:** Diego Esteban Ruiz Salazar
3. **DIRECTORA:** Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja
4. **COMITÉ LECTOR:**
Ing. Karla Fernanada Dávila Pantoja, Mgs.
Ing. Eduardo Jaime Chagna Avila, Mgs.
Ing. Jorge Luis Ramírez López, MSc.
5. **AÑO:** 2017
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** 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.
7. **BENEFICIARIOS:** Industriales, artesanos y usuarios en general de este recurso

HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



APELLIDOS: Ruiz Salazar

NOMBRES: Diego Esteban

C. CIUDADANIA: 172633175-2

TELÉFONO CONVENCIONAL: 022 140-299

TELEFONO CELULAR: 0981158234

CORREO ELECTRÓNICO: diegol098@hotmail.com

DIRECCIÓN: Pichincha – Quito – Oyambaro – Calle San Mateo.

AÑO: 2017

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: **FICAYA - UTN**

Fecha: 17 de abril del 2017

Diego Esteban Ruiz Salazar: DETERMINACIÓN DE LA DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE Carapa amorphocarpa W. Palacios Y Alnus nepalensis D. Don."/ Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 9 de abril del 2017. 58 páginas.

DIRECTORA: Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja.

El objetivo principal de la investigación fue: Evaluar el proceso de degradación de las maderas de Carapa amorphocarpa W. Palacios y Alnus nepalensis D. Don. Entre los objetivos específicos se encuentran: 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 Vizcaíno Pantoja.
Directora de trabajo de titulación

.....
Diego Esteban Ruiz Salazar
Autor

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

Autor: Diego Esteban Ruiz Salazar

Directora de Trabajo de titulación: Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja.

Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

Carrera de Ingeniería Forestal

Universidad Técnica del Norte

Ibarra-Ecuador

Diego1098@hotmail.com

Teléfono: 022140299/0981158234

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.

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

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

METODOLOGÍA

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).

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

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)
- 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 + 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.

Cálculo de la pérdida de peso en las probetas

- a) 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
- b) Se calculó el contenido de humedad con la ecuación 1 (Viscarra, 1998)

$$CH\%=(Pv-Psh)/Psh \times 100$$

- c) Se calculó el volumen de las probetas
- d) Se determinó la densidad de las probetas con la ecuación 2 (Rojas y Villers, 2005)

$$Db=P_O/V_V$$

- 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 despejó el peso anhidro de la ecuación 2.
- 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

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).

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

Clasificación las especies según su durabilidad natural

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

La tabla propone cuatro clases de durabilidad natural de la madera, midiendo la pérdida de peso de ésta en porcentaje

RESULTADOS

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.

DATOS CLIMATÓLOGOS

La temperatura promedio de 17,47 °C durante el tiempo de evaluación no estuvo entre un rango favorables para el crecimiento de hongos xilófagos (Vaca, 1998), la precipitación en el mes de agosto causó el incremento el 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 influyó 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.

PÉRDIDA DE PESO

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.

COMPARACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LAS DOS ESPECIES FORESTALES

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/cm³ semejante al valor de 0,32gr/cm³ obtenido por Mediavilla (2016); y *Carapa amorphocarpa* de 0,42 gr/cm³ similar al valor obtenido por Sotelo (2016) de 0,42 gr/cm³; 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.

Clasificación de las dos especies según su durabilidad natural

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.

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 %; esto 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 presento 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.

RECOMENDACIONES

- Continuar la evaluación del ensayo para determinar el tiempo de durabilidad real de la madera a las condiciones edafo-climaticas 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

- 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://mamcyp.unam.edu.ar/images/mamcyp/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>
- 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>
- 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%20BARRA.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>
- 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>
- 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)