

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS**

**AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**

1. **TÍTULO:** PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Alnus nepalensis* D. Don EN INTAG, ZONA ANDINA DEL ECUADOR.
  
2. **AUTOR:** Franklin Vicente Mediavilla Mediavilla
  
3. **DIRECTORA:** Ing. For. María Isabel Vizcaíno Pantoja
  
4. **COMITÉ LECTOR:**     Ing. For. Karla Dávila. Mgs  
                                  Ing. For. Hugo Valejos. Mgs  
  
                                  Ing. For. Walter Palacios
  
5. **AÑO:** 2016
  
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN: FASE DE CAPO:** SECTOR PEÑAS BLANCAS, PARROQUIA PLAZA GUTIERREZ, CANTON COTACACHI, PROVINCIA DE IMBABURA.  
**FASE DE LABORATORIO:** GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOHA, Y EN EL INSTITUTO DANIEL REYES
  
7. **BENEFICIARIOS:** Propietarios de plantaciones, sistemas de agroforestales, artesanos de San Antonio.

## HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



**APELLIDOS:** MEDIAVILLA MEDIAVILLA

**NOMBRES:** FRANKLIN VICENTE

**C. CIUDADANIA:** 100360769-2

**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 3 052 148

**TELEFONO CELULAR:** 0979649361

**CORREO ELECTRÓNICO:** franktense@gmail.com

**DIRECCIÓN:** Otavalo Ciudadela Proaño Maya II Etapa

**AÑO:** 2016

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: **19 de julio del 2016**

**FRANKLIN VICENTE MEDIAVILLA MEDIAVILLA:** / TRABAJO DE TITULACIÓN. Ingeniero Forestal.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra, **19 de julio del 2016, 12 páginas.**

**DIRECTOR: Ing. For. María Vizcaíno**

El objetivo principal de la investigación fue establecer los posibles usos maderables de *Alnus nepalensis*.

Fecha: 19 de julio del 2016

.....

Ing. For. María Isabel Vizcaíno Pantoja

Directora de Tesis

.....

Mediavilla Mediavilla Franklin Vicente

Autor

**PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Alnus nepalensis* D. Don EN INTAG, ZONA ANDINA DEL ECUADOR**

Autor: Franklin Vicente Mediavilla Mediavilla  
Directora de Tesis: Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales  
Carrera de Ingeniería Forestal  
Universidad Técnica del Norte  
Ibarra-Ecuador  
franktense@gmail.com  
Teléfono: 3052148/0979649361

**RESUMEN**

En la zona de Intag, los primeros árboles establecidos, se encuentran en el turno de corta; sin embargo, no existe información sobre las características de propiedades físicas, químicas, y de trabajabilidad de la madera, por lo que se planteó en la investigación como objetivo general. Establecer los posibles usos maderables de *Alnus nepalensis*; y como objetivos específicos los siguientes: a) Determinar las propiedades físicas, b) Determinar las propiedades químicas, y, c) Determinar las propiedades de trabajabilidad. El material experimental se obtuvo en el sector Peñas Blancas de la parroquia Plaza Gutiérrez, del cantón Cotacachi. Según las normas COPANT, para para los ensayos de las propiedades físicas, se seleccionaron siete árboles, la dimensión de las probetas fueron 10 x 3x 3 cm en las caras radial, tangencial y oblicua, con un total de 98 probetas, mientras que para ensayos de las propiedades químicas se utilizó las normas AOAC 923,03, se extrajo astillas de la albura y el duramen; respecto a la trabajabilidad, las normas utilizadas son ASTM D 1666-87 (1999), se cortó probetas de 100 x 10 x 6 cm con un total de 45. En lo referente a los resultados del contenido de humedad fue de 115,39% con una densidad básica de 0,31 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que la contracción volumétrica total fue 10,91%, y la relación tangencial/ radial 2,63%; en cuanto al contenido de ceniza para la albura se registró 0,64%, para el duramen 0,73%, con un promedio total de 0,68%; en lo referente al ensayo del lijado con lija número 100, moldurado en la cara a favor y en contra del grano y en el taladrado en la cara de ingreso, presentó un comportamiento excelente, mientras que en el cepillado y lijado con lija número 60 presentó un comportamiento de bueno, además en el ensayo de torneado y taladrado en la cara de salida presentó un comportamiento de regular.

## INTRODUCCIÓN

*Alnus nepalensis* originario de Nepal, fue introducido en 1995 a la zona de Intag en el marco del proyecto SUBIR, que buscaba proteger la Reserva Ecológica Cotacachi - Cayapas, principalmente en zona de amortiguamiento, a fin de evitar la ampliación de la frontera agrícola. En el estudio realizado por Castillo (2012), se evidencia que la especie ha tenido excelentes rendimientos, a los 24 meses obtuvo un incremento en las variables dasométricas de 5,47 cm de diámetro basal (DB); 4,25 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP); 3,91 m de altura total (HT) y 2,45 m en el diámetro de copa (DC), e incorpora gran cantidad de biomasa al suelo; esto ha motivado a los habitantes de la zona de Intag, a establecer prácticas agroforestales y rodales puros.

En la zona de Intag, los primeros árboles plantados, han llegado al turno de corta; sin embargo, no existe información sobre las características de propiedades físicas, químicas, y de trabajabilidad de la madera que ha desarrollado la especie según las condiciones ecológicas del área de estudio.

El estudio determinó las propiedades físicas, químicas, y de trabajabilidad de la madera, con el fin de dar a conocer los usos actuales como: artesanías y cajonería, además potenciar las otras formas de empleo que se podrá dar a la misma, motivando el interés en la plantación con fines de producción maderera.

## METODOLOGÍA

### UBICACIÓN DEL SITIO

La investigación tuvo dos fases: campo y laboratorio.

#### Descripción del sitio

El sitio se encuentra ubicado en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia

Plaza Gutiérrez, sector Las Peñas las Blancas, con una altitud que oscila entre 1700 y 2700 msnm, con una precipitación media anual de 1500 y 2000 mm, y una temperatura de 12 y 15 °C (Plan de Ordenamiento Territorial de Plaza Gutiérrez [PDOTPG], 2012), el lugar de estudio pertenece al bosque siempre verde montano alto de la cordillera occidental de los Andes (MAE, 2013).

#### Fase de campo

El sitio específico se encuentra en el sector las Peñas Blancas de la parroquia Plaza Gutiérrez, en la propiedad del señor Alfonso Mediavilla.

El lugar de estudio pertenece al bosque siempre verde montano alto de la cordillera occidental de los Andes (MAE, 2013).

#### Fase de laboratorio

En el Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca de la Granja Experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte, se realizaron las propiedades físicas de la madera, y en la Central Maderera todos los ensayos de trabajabilidad.

Las muestras para las propiedades químicas se enviaron al Laboratorio Análisis Físicos, Químicos, y Microbiológicos de la FICAYA para su análisis respectivo. **Sitio y obtención de material**

#### a) Selección de árboles

Se seleccionaron siete árboles, con las mejores características fenotípicas (sanos, tronco recto y sin deformaciones).

#### b) Tumba y extracción de bloques

Con una motosierra se tumbaron los árboles seleccionados, se extrajo trozas de 1,60 m de largo de la base de los árboles, luego de cada troza se obtuvo tres bloques de 160 x 20 x 20 cm en sentido radial, tangencial y oblicuo, hasta obtener los 21 bloques, se codificaron

según el número de árbol, troza y su orientación.

**c) Embalaje y transporte**

Los bloques de madera fueron embalados y llevadas a hombro hacia patio de carga, posteriormente se trasladó en acémilas a una distancia de 2 km en un camino pedregoso con un tiempo de 30 minutos, hasta llegar a la vía de segundo orden para su respectivo transporte.

Luego se transportó en un vehículo hasta la Central Maderera y Laboratorio de Anatomía de Maderas y Xiloteca Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte el mismo día del corte de los bloques, para evitar la pérdida de humedad, y realizar los ensayos de las propiedades físicas.

**Obtención del material experimental**

En la central maderera, de acuerdo a la Normas COPANT, ASTM Y AOAC 923,03. El material fue codificado y etiquetado según número de árbol y su orientación.

**1. Determinación de las propiedades físicas**

Para el ensayo de las propiedades físicas según las normas COPANT procedió a obtener las probetas de  $10 \times 3 \times 3$  cm, de siete árboles en sentido radial, tangencial y

oblicuo de la base y parte media del árbol con un total de 98 probetas.

**COPANT 458** Selección y colección de muestras

**COPANT 459** Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos.

**COPANT 460** Métodos de determinación de contenido de humedad (probetas de  $10 \times 3 \times 3$  cm).

**COPANT 461** Método de determinación de densidad (probetas de  $10 \times 3 \times 3$  cm)

**COPANT 462** Método de determinación de contracción (Probetas de  $10 \times 3 \times 3$  cm).

**a. Contenido de humedad**

Esta propiedad se determinó según los estándares de las Normas COPANT 460. Se utilizaron siete probetas libres de defectos, en sección trasversal, bien orientadas de tal forma que se distingan dos caras radiales y dos caras tangenciales

**□ Procedimiento**

Las probetas fueron dimensionadas etiquetadas y pesadas en una balanza electrónica, en condición verde (peso húmedo), luego se dejó 12 días en estado ambiente, hasta que todas la probetas no varíen en su peso, se pesaron las probetas cada 24 horas hasta tener dos pesos consecutivos iguales y posteriormente se colocaron en una estufa eléctrica provista de termo regulador a una temperatura inicial de  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas y se tomaron pesos parciales cada 12 horas hasta tener dos pesos consecutivos iguales, al final se procedió a retirar las probetas.

**b. Densidad**

Esta propiedad se determinó según los estándares de la norma COPANT 461, Para determinar esta propiedad se utilizó siete probetas con las siguientes dimensiones: 10 cm de longitud y de 3 cm x 3 cm de sección trasversal, orientadas de tal forma que se

distingan dos caras radiales y dos caras tangenciales.

#### □ **Procedimiento**

Para determinar la densidad se tomó en cuenta las tres condiciones: madera en condición (verde, seca al aire, seca al horno) y se analizó la densidad básica.

##### **i. Madera en condición verde**

Para determinar la densidad en estas condiciones, las probetas fueron almacenadas en plástico, se pesaron en una balanza electrónica obteniendo el peso verde (PV). En las mismas probetas se realizó la medición con el calibrador o pie de Rey en las 6 caras, con el fin de determinar el volumen verde, posterior se realizó los cálculos de la densidad en esta condición. Madera en estado seco al aire

##### **ii. Madera en estado seco al aire**

Las probetas se dejaron al ambiente durante 12 días, hasta tener dos pesos consecutivos iguales luego fueron colocadas en un cuarto climatizado a una temperatura de 20 ° C a una humedad relativa del 65 %. Se registraron valores periódicos hasta obtener un peso constante (P.S.A) y obtener el peso seco al aire.

##### **ii. Madera en estado seco al horno (anhidra)**

- Con las probetas en estado seco al horno se tomaron las medidas tangenciales radiales y longitudinales para obtener el volumen aplicando la fórmula de la densidad

- Para los cálculos de densidad en los tres estados de las probetas (verde, seco al

aire y seco al horno) se realizó mediante las siguientes fórmulas:

#### **Densidad básica**

Se tomó el peso en estado seco al horno y se lo relacionó con el volumen en estado verde.

#### **c. Contracción**

##### **Dimensión de probeta**

Las probetas seleccionadas para este ensayo fueron de 10 x 3 x 3 cm orientados, de tal manera que existan dos caras tangenciales y dos caras radiales.

#### □ **Procedimiento**

- Se señalaron las probetas en las seis caras con la finalidad de indicar las posiciones donde debe realizarse la medición

- Se procedió a medir con el calibrador en las tres dimensiones de las probetas

- La dimensión longitudinal, se hizo tomando dos medidas perpendiculares en las caras radial y tangencial, desde la base inferior hacia la base superior de las probetas.

- Dimensión radial, esta medición se realizaron entre la separación existente entre las dos caras tangenciales a tres cm de las bases hacia el centro de los dos extremos de la probeta.

- Dimensión tangencial, con el mismo procedimiento de la dimensión radial; se midió entre las dos caras radiales.

- Contracción volumétrica total, es la relación de la contracción en las caras radiales y tangenciales de las probetas

- Relación tangencial radial, es la relación entre la contracción tangencial y la radial

con el fin de analizar la estabilidad dimensional de las probetas.

## 2. Propiedades químicas.

Para las propiedades químicas se utilizaron las normas AOAC 923,03

### □ *Procedimiento*

Del bloque de madera se cortó pequeños pedazos de astillas de la albura y el duramen, se introdujo en una funda de plástico cada muestra por separado, seguidamente se llevó al laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos de la FICAYA para el análisis respectivo.

## 3. Determinación de las propiedades de trabajabilidad

### *Normas*

ASTM 1666-87 Ensayo de cepillado (probetas de 100 x10 x 6 cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de lijado (probetas de 100 x10 x 6 cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de Moldurado (probetas de 100 x 9 x 6 cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de Taladrado (probetas de 100 x 9 x 6 cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de Torneado (probetas de 15 x 5 x 5 cm)

### a) *Cepillado*

Para este ensayo se seleccionaron cinco árboles. El número de probetas empleadas fueron las siguientes: tres probetas en corte tangencial, tres probetas en corte radial y tres probetas en corte oblicuo (total 45 probetas).

### □ *Procedimiento*

Para el reconocimiento las probetas se codificaron indicando, número de árbol, orden y orientación de la probeta luego se marcó con una flecha en el extremo de cada probeta para indicar la dirección de alimentación a favor y en contra del grano,

se realizaron dos pasadas a favor y dos en contra del grano.

En este ensayo se utilizó 3 cuchillas con un ángulo de corte de 45 grados (ángulo normal de las cuchillas), nivelado y colocado en la porta cuchillas en forma usual, con una velocidad de alimentación de 8,60 m / minuto

### b) *Lijado*

Para el ensayo se utilizó las mismas probetas que el cepillado (45 probetas en total).

El ensayo de lijado se realizó en dos fases:

El primer proceso de lijado (remoción con lija N° / 60) se lo realizó con la finalidad de obtener una superficie lisa a partir de una superficie brusca, consecuencia del maquinado previo cepillado.

El segundo proceso se realizó la remoción con la lija N° / 100, el propósito de este ensayo fue determinar la eficiencia, calidad superficial y tipos de defectos ocasionados con los dos tipos de lijas.

### □ *Procedimiento*

Para iniciar el ensayo del lijado con la ayuda de un calibrador se midió en la parte media de la probeta para al final del ensayo saber el desgaste de la misma, se realizó dos o más pasadas según el estado de la probeta a favor y en contra del grano, mediante un termómetro se determinó la temperatura de la lija para saber el grado de fricción, además se midió la velocidad de desgaste de la lija y velocidad de ensuciamiento esto relacionado con la eliminación fácil o difícil de las partículas de madera, por último se midió nuevamente la probeta y se realizó el respectivo cálculo.

### c) *Moldurado*

Para este ensayo se utilizó las mismas probetas del lijado, tres en corte radial, tres en corte tangencial y tres en corte oblicuo, nueve probetas por árbol (45 probetas en total). Estas probetas fueron previamente



canteadas, cepilladas y lijadas, para obtener una superficie uniforme.

#### □ **Procedimiento**

Para el ensayo de moldurado se utilizó con una fresadora manual, con dos tipos de fresas, una fresa para el filo con una y otra en fresa para la parte intermedia de la probeta. Se realizó pasadas en los cantos, y en la parte media de la probeta, para obtener resultados a favor y en contra del grano, se tomó el tiempo de alimentación de la fresadora, se calificó de acuerdo al grado de defecto de la probeta a favor y en contra del grano.

#### **d) Torneado**

Se utilizó 6 probetas por árbol, en las caras radiales, tangenciales y oblicuas con las siguientes dimensiones de 15 x 5 x 5 cm (30 probetas en total).

#### □ **Procedimiento**

Para realizar el ensayo se utilizó un torno manual marca INVICTA de punta móvil, motor de 2H.P, 1720 rpm, se utilizó tres clases de gubias una de 2 cm, 1 cm, 0,5 cm de ancho totalmente rectas, se empezó por dimensionar la probeta y colocar en la maquina torneadora, con la gubia de 2 cm se empezó dando forma a la probeta, luego con las dos gubias siguientes se dio forma a la probeta, una en forma de carrete, uva y botella, comúnmente mencionadas por los carpinteros, se tomó el tiempo aproximado que se demora en acabar de dar forma a la probeta. La calidad de grados de defectos se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D-1666-87 tomando en cuenta: grano arrancado, grano vellosos y grano levantado. El porcentaje de afectación de defectos fue realizada por medición directa en las zonas afectadas de cada probeta, auxiliándose de una lupa para identificar los tipos de defectos que se presentaran en las probetas.

#### **e) Taladrado**

Se utilizó nueve probetas por árbol, debidamente orientadas: tres tangenciales,

tres oblicuas y tres radiales, de 100 cm de longitud, 9 cm de ancho y 4,5 cm de espesor.

#### □ **Procedimiento**

Con la ayuda de una plantilla se ubicó los puntos a taladrarse, se realizó dos ensayos por probeta, uno a cada extremo, a una distancia de 10 cm de los extremos y a 4.5 cm de los cantos, se aplicó una carga manualmente para realizar la penetración y se cronometró el tiempo de penetración de la broca. La calidad de grados de defectos se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D-1666-87.

#### **f) Tallado**

Se utilizó dos bloques de 120 cm de longitud, 20 cm de ancho y 18 cm de espesor.

#### □ **Procedimiento**

Las probetas fueron trasladadas al Instituto de Artes Plásticas Daniel Reyes en San Antonio de Ibarra, para ser tallada con diferentes técnicas; matriz, volumen, estilizado y relieve.

Para la evaluación se llenó una ficha de calificación de acuerdo a la Norma ASTM D-1666-87 del comportamiento de la madera ante este proceso de transformación.

Para realizar el ensayo la madera debe estar completamente seca 12% de contenido de humedad, todas las herramientas, gubias y formones totalmente filas.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. PROPIEDADES FÍSICAS**

#### **a) Contenido de humedad**

El contenido de humedad (CH) en estado seco al horno fue de 115,39%, se puede considerar alto, la desviación estándar de la media de 12,28; demuestra que los datos están agrupados, y homogéneos según el coeficiente de variación calculado; además se afirma que la media es representativa en función del bajo valor del error estándar. Al realizar la prueba de "t" de Student entre los

valores promedio por árbol, no se observaron diferencias significativas.

Según Gerhards (1964), determinó un contenido de humedad para *A. nepalensis* a los 26 años de edad de 103%; la variación posiblemente se debe a la diferencia de edades, ya que en el estudio los árboles fueron aprovechados a los 10 años, a mayor edad tienen mayor lignificación, en consecuencia poseen menor cantidad de agua.

Flores & Muñoz (1989), registraron en *A. acuminata* 113,8% de contenido de humedad valor similar registrado por (MAE 2014), de 110,38%.

El mayor contenido de *A. nepalensis* se debe a que posee radios medulares sumamente gruesos de hasta 34 células, mientras que *A. acuminata* posee dos células de espesor, por esto se presume que la especie estudiada posee mayor contenido de humedad.

#### **b) Densidad**

La densidad básica fue 0,31 gr/cm<sup>3</sup>, se encuentra en el rango de las maderas tipo “D” (maderas blandas) a 0,40 gr/cm<sup>3</sup> (INEN, 2011). La desviación estándar fue de 0,02, esto indica que los datos están agrupados y homogéneos según el coeficiente de variación calculado; además se puede afirmar que, la media es representativa en función del bajo valor del error estándar. Es preciso mencionar que, al realizar la prueba de “t” de Student entre los valores promedio por árbol, se observaron diferencias significativas.

CABI (2013), indica que el rango de la densidad básica va de (0,32 a 0,37 gr/cm<sup>3</sup>), (Gerhards 1964), 0,34 gr/cm<sup>3</sup> y (Peters & Lutz, 1966), 0,35 gr/cm<sup>3</sup> en *A. nepalensis*. Flores & Muñoz (1989), al igual que (MAE, 2014), para *A. acuminata* un valor de 0,37 g/cm<sup>3</sup>; mientras que en el estudio registró un resultado es inferior a las citadas, debido a la juventud de los árboles, ya que la densidad depende del grado de lignificación de la

madera que es directamente proporcional a la edad.

Al comparar con especies del mismo grupo “D” (maderas blandas) (INEN, 2011), *Apeiba membranaceae* posee una densidad seca al aire de 0,27 a 0,42 g/cm<sup>3</sup>, *Ochroma pyramidale*, de 0,18 g/cm<sup>3</sup> y *Zanthoxylum riedelianum*, de 0,34 g/cm<sup>3</sup>; se evidencia que la densidad de *A. nepalensis* solo es superior a balsa, lo ratifica que es una especie de rápido crecimiento.

#### **c) Contracción volumétrica total**

La contracción volumétrica total fue de 10,91%, con una desviación estándar de 1,05% lo que indica que los datos están agrupados y homogéneos, según el coeficiente de variación calculado; se afirma que la media es representativa en función del bajo valor del error estándar. Al realizar la prueba de “t” de Student entre los valores promedio por árbol, no se observaron diferencias significativas.

En estudios realizados según Gerhards (1964), la contracción volumétrica total fue de 9,90% para *A. nepalensis*; mientras que para *A. acuminata* (Meier, 2008), la contracción fue de 10,66%, y (MAE 2014), 10, 47%. Para *Apeiba membranaceae* la contracción varía desde 7,9 a 9,5 % y *Zanthoxylum riedelianum* de 10,11% (MAE, 2014).

En el estudio se observó un mayor contenido de humedad a los autores citados; por lo que la madera al secarse pierde dimensión y volumen, lo que justifica los valores obtenidos de contracción, ya que la pérdida de humedad es directamente proporcional a la disminución del volumen, a pesar de la densidad y la contracción se afirma que la madera tiene una buena estabilidad dimensional.

#### **d) Contracción relación T/R**

Una vez realizado el cálculo de la relación de las contracciones tangencial y radial se obtuvo una media de 2,63% con una desviación de 0,39%, ratifica que los datos

están agrupados y homogéneos según el coeficiente de variación calculado; se afirma que, la media es representativa en función del bajo valor del error estándar.

Meier, (2008), destaca que en relación tangencial / radial fue de 2,50% para *A. nepalensis*; mientras que (Flores & Muñoz 1989), con 1,82% y (MAE, 2014), 1,73% para *A. acuminata*, para *Apeiba membranaceae* es de 2,2%, *Ochroma pyramidale*, de 2,56%, mientras que *Zanthoxylum riedelianum*, de 0,75%.

### e) Investigaciones a fines

En la presente investigación se registró un contenido de humedad 115,39% con una densidad básica de 0,31 gr/cm<sup>3</sup>; en cuanto a la contracción se obtuvo, en la total tangencial 7,68%, total radial 3,49%, total longitudinal 0,34%, volumétrico total 10,91%, y la relación tangencial/ radial 2,63%.

Según CABI (2013), la densidad va de 0,32 a 0,37 gr/cm<sup>3</sup>. La contracción radial es de 2,4 %, tangencial 6,0 %; mientras que, volumétrica 9,3 %, y la relación tangencial / radial de 2,5% (Meier, 2008).

## 2. PROPIEDADES QUÍMICAS

### a) Cenizas

Una vez realizado el análisis de cenizas de *Alnus nepalensis* se obtuvo los siguientes resultados, en albura se obtuvo un 0,64%, mientras que en duramen un 0,73% con un promedio total de cenizas de 0,68% (Ver anexo 11B).

Se analizaron nueve árboles a tres diferentes alturas, siendo altura dap (diámetro a la altura del pecho 1.30 m.) o basal, altura comercial media y alta o apical. Para el (*Pinus maximinoi*) H. E. Moore se

obtuvieron los resultados de cenizas entre 0.1 y 0.7% (Fonseca, 2006).

De los ensayos de (*Gmelina arborea* Roxb.) se obtuvieron los siguientes resultados cenizas entre 0.4 y 1.2% (Paz, 2006).

La madera de (*Ochroma pyramidale* Cav) de ceniza inusualmente alto 2,12 %, parece ser que el sílice contribuye poco al contenido de ceniza, ya que la madera no embota con rapidez los filos de las herramientas cortantes (Francis, 1991).

Al comparar los resultados de *A. nepalensis* con especies similar densidad, se observó que no existe mayores diferencias en el contenido de cenizas.

## PROPIEDADES DE TRABAJABILIDAD

Se procedió a calificar los resultados obtenidos de cada ensayo, en base a la Norma ASTM D1666 – 87 (2004), en los que se indica rangos de calificación que van de 1 a 5 grados; es decir de muy malo a excelente; la calificación de los ensayos se observa en la tabla 6.

Dirección	Ensayo	Grano Arrancado	Grano Levantado	Grano Velloso	Total
A favor	Cepillado	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Buena regular	Bueno
	Lijado 60	Excelente a bueno	Buena regular	Buena regular	Bueno
	Lijado 100	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Excelente	Excelente
	Moldurado	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Excelente a bueno
	Taladrado	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
En contra	Cepillado	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Regular a bueno	Bueno
	Lijado 60	Buena regular	Buena regular	Regular a bueno	Bueno

	<b>Lijado 100</b>	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Buena a regular	Excelente a bueno
	<b>Moldurado</b>	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Excelente a bueno	Excelente a bueno
	<b>Taladrado</b>	Excelente a bueno	Buena a regular	Excelente a bueno	Buena
<b>No aplica</b>	<b>Torneado</b>	Buena a regular	Buena a regular	Excelente a bueno	Buena a regular

#### **a) Cepillado**

La velocidad de alimentación de la máquina cepilladora fue de 8,60 m/min para los cortes tangencial, radial y oblicuo a favor y en contra del grano.

Con respecto al defecto a favor del grano, en el cepillado se evidencia en la cara radial, tangencial y oblicua, el mayor defecto fue registrado en el grano velloso con grado 3; además, es necesario indicar que los menores valores fueron en el grano arrancado con grado 1; en lo referente al cepillado en contra del grano, se evidencia resultados similares a los observados en el ensayo a favor del grano. Es preciso indicar que el comportamiento de la especie en el ensayo, indica que presenta un excelente comportamiento en todas sus caras en las direcciones evaluadas

#### **b) Lijado**

En el ensayo con lija número 60, a favor del grano, en grano arrancado y levantado se encuentra en el grado 2, mientras que en el grano velloso con grado 3; en cambio, en contra del grano, se evidencia resultados similares a los determinados en el ensayo a favor del grano, por lo que se indica que no existen diferencias en cuanto a su trabajabilidad (Ver anexo 14B y 15B).

En lo que respecta al lijado con lija número 100 a favor del grano, en grano arrancado, levantado y velloso, se encuentra en grado 1, esto indica que presenta un excelente comportamiento; mientras que, para el ensayo con lija número 100, en contra del

grano, tanto en cara radial, tangencial y oblicua, se evidencia resultados similares a los registrados en el ensayo a favor del grano

#### **c) Moldurado**

Con respecto al defecto a favor del grano, se observa mayor incidencia en los granos arrancado y velloso con grado 2, cabe mencionar que también se presentó grano arrancado en grado 1; en base a estos resultados se puede afirmar que el moldurado va de excelente a bueno; en cambio, los defectos en contra del grano se observa defectos similares a los determinados en el ensayo a favor del grano.

#### **d) Taladrado**

Para el ensayo del taladrado en el orificio de entrada no se registraron defectos, por lo que se afirma que la madera no presenta complicación en cuanto a este maquinado (Ver anexo 20B); mientras que en el orificio de salida se registraron defectos, tanto en grano arrancado, y levantado con grado 3, mientras que en grano velloso presenta grado 2 de afectación; cabe recalcar que en el orificio de salida, todas las maderas tienden a presentar defectos por la acción de la apertura del orificio.

#### **e) Torneado**

Con respecto al defecto en el torneado se evidencia mayores defectos en grano arrancado y levantado con grado 3, mientras que en grano velloso con grado 2; es preciso mencionar que uno de los factores que inciden que las herramientas no fueron las indicadas, pero al realizar el lijado se elimina fácilmente los defectos

#### **Usos probables**

En función de los resultados de las propiedades físicas, trabajabilidad y el ensayo de tallado, se determina que la madera se puede utilizar en: contrachapado, desenrollo, tallados (relieve, volumen, estilizado matriz), artesanías en general, cajonería, muebles lineales, muebles

clásicos, postes para cercas, corales para animales menores.

Se observó que actualmente la madera se está utilizando para realizar artesanías en general, que se encuentran en los mercados locales como plaza de los ponchos en Otavalo.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

El contenido de humedad de *Alnus nepalensis* fue de 115,39% con una densidad básica de 0,31 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que la contracción volumétrica total fue 10,91%, y la relación tangencial/ radial 2,63%.

En la madera de *Alnus nepalensis* se registró el contenido de cenizas para la albura 0,64%, mientras que para el duramen 0,73%, con un promedio total de 0,68%.

En lo que respecta a la trabajabilidad, la madera de *Alnus nepalensis* presentó un comportamiento de excelente en el ensayo del lijado y moldurado, en el taladrado se observó un comportamiento bueno, y en el torneado y taladrado regular.

En función de los resultados de las propiedades físicas, trabajabilidad y el ensayo de tallado, se determina que la madera se puede utilizar en: contrachapado, desenrollo, tallados (relieve, volumen, estilizado matriz), artesanías en general, cajonería, muebles lineales, muebles clásicos, postes para cercas, corales para animales menores.

### **RECOMENDACIONES**

Para realizar todos los ensayos es necesario que la madera se encuentre seca, para facilitar el trabajo y evitar la presencia de defectos.

Es necesario realizar el estudio con árboles de mayor edad que los evaluados, para saber

si existe alguna variación a las propiedades físicas y de trabajabilidad.

Difundir la madera de *A. nepalensis* como materia prima para realzar tallados en San Antonio de Ibarra.

Dar a conocer los resultados del estudio en la zona de Intag, con la finalidad de difundir las potencialidades de la especie y de esta manera logre incrementar los ingresos económicos por venta de madera.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Joker, D. (2000). *Alnus nepalensis* D. Don. *SEED LEAFLET*, 2.

ASTM D 1666-87. (1999). *Standards, methods of testing small clear specimens of timber. ASTM D1666-87. Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.09. Wood American Society for Testing and Materials. . USA.*

CABI. (2013). *The CABI Encyclopedia of Forest Trees*. USA: CAB International.

Castillo C, N. S. (2012). *Análisis del comportamiento del aliso *Alnus nepalensis* D. Don, asociado con *Brachiaria brachiaria decumbens* staff y pasto miel *Setaria sphacelata* (schumach) staff & c. e. hubb y pasturas en monocultivo*. Ibarra.

COMAFORS. (2007). Ficha técnica N 1 Aliso. En E. Forestal, *Fichas técnicas de especies forestales*. Quito: COMAFORS.

COPANT. (1972-1975). *Comisión panamericana de normas técnicas para ensayos tecnológicos de las propiedades físicas, mecánicas y preservación de la madera*. Asunción Paraguay.

- Díaz M, P. P. (2005). *Determinación de los usos posibles de Alnus acuminata H.B.K. y Freziera canencens H.B.K., en base al estudio de las propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad.* Chile.
- Flores, S. C., & Muñoz, C. D. (1989). *Determinación de los usos posibles de Alnus acuminata H.B.K. y Freziera canencens H.B.K., en base al estudio de las propiedades físico-mecánicas y de trabajabilidad.* Ibarra.
- Fonseca, M. (2006). *Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (Pinus maximinoi H. E. Moore) procedente a la finca rio frío, tactic, alta Vera Paz.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química.
- Francis, J. (1991). Balsa (Ochroma pyramidale Cav). En *Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.*
- Gabriela, Q. T. (2015). *Evaluación de las características anatómicas, y propiedades físicas -químicas de dos especies forestales de la Amazonía Ecuatoriana.* Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- Gerhards. (1964). *Limited evaluation of physical and mechanical properties of Nepal Alder grown in hawaii.* U.S: Forest service reseach note FPL-036 May 1964.
- INEN. (2011). *Sistema de clasificación y calificación de madera aserrada proveniente de Bosques Húmedos Tropicales.* Quito: INEN.
- MAE. (2013). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.* Quito: MAE.
- MAE. (2014). *Propiedades anatómicas, físicas y mecánica de 93 especies forestales.* Quito: Mae.
- Martínez, & Martínez. (1996). *Características de cepillado y lijado de 33 especies de madera.* Mexico: Técnicos Académicos. Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques.
- Meier, E. (2008). *Identyfing and using, hundreds of woods woldwide.*
- Meneses, T. (2011). *Identificación de usos probables de Pinus patula schlect.et cham. con base en la determinación de las propiedades físico- mecánicas y de trabajabilidad de la madera en Iltaqi- Cotacachi- Imbabura.*
- Napoleón, L. G., & Jiménez, H. (2015). *Trabajabilidad de madera Schizolobium parahyba (Vell.) S.F. Blake y diseño de un mueble prototipo con madera de pequeñas dimensiones.* Lola: Universidad Nacional de Loja.
- NEC. (2014). *Estructuras de madera.* Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.
- Orwa. (2009). *Alnus nepalensis. Agroforestry Database 4.0, 5.*
- Paz F, F. J. (2006). *Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (Pinus maximinoi H. E. Moore) procedente a la finca río frío, tactic, Alta Verapaz.* Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de

Ingeniería, Escuela de Ingeniería  
Química.

didacticas%2Fsd-1-anatomia-de-  
madera.

Paz, F. J. (2008). *Determinación de la composición química de la madera obtenida del primer clareo en árboles de melina (Gmelina arborea Roxb.), de una plantación proveniente del departamento de Izabal. Guatemala.*

UDELAR. (2010). *Estructura química de la madera.* Uruguay.

PDOTPPG. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Plaza Gutierrez.* Cotacachi: Gobierno Parroquial Plaza Gutiérrez.

Peters. & Lutz, C. (1966). *some machining properties of two wood species grown in in hawaii molucca albizzia and nepal ander.* Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture.

Pozo, M. P., & Terán, P. I. (1997). *Usos posibles de tachuelo Zanthoxylum riedelianum. Engler. y chillande Trichosoerrnum galioffi Karst. En base a sus propiedades físicas, mecánicas, preservación y trabajabilidad.* Ibarra.

Puertas, Guevara, & Espinoza. (2013). *Manual de transformación de madera.* Perú.

SEMPLADES. (2013). *Plan nacional para el Buen Vivir.* Quito.

Sibile, D. G. (2006). *Anatomía de la madera.* Obtenido de <http://www.google.com.ec/url?s a=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0CCQQFjAC&url=http%3A%2F%2Ffcf.unse.edu.ar%2Farchivos%2Fseries->