

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**“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 ILTAQUI- COTACACHI- IMBABURA”**

**AUTOR:**

- OLAY STALIN MENESES TIRIRA

**DIRECTOR DE TESIS:**

- Ing. EDGAR VÁSQUEZ, MBA

**ASESORES :**

- Ing. CARLOS ARCOS, MSc
- Ing. ROBERTO SÁNCHEZ, MSc.
- Ing. GLADYS YAGUANA.

**LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:**

- PROVINCIA DE IMBABURA, CANTÓN COTACACHI, SECTOR ILTAQUI

**BENEFICIARIOS:**

- COMUNIDAD DE ILTAQUI

**Ibarra – Ecuador**

**2011**

## HOJA DE VIDA DEL INVESTIGADOR



**APELLIDOS:** Meneses Tirira

**NOMBRES:** Olay Stalin

**C. CIUDADANIA:** 100311170 - 3

**TELEFONO CONVENCIONAL:** 2 609 894

**TELEFONO CELULAR:** 080444194 - 085381834

**E – mail:** menesesstalin@yahoo.es –  
menesesstalin@hotmail.com

### **DIRECCIÓN:**

Imbabura – Ibarra – San Francisco – Yacucalle – Juana Atabalipa 5 – 34 y Av. Teodoro Gómez.

**AÑO:** 12 de diciembre del 2011

## RESUMEN

El estudio “**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**”, se realizó en el sector de Iltaqi, cantón Cotacahi, provincia Imbabura, con la finalidad de determinar las propiedades Físico - mecánicas conforme a las Normas COPANT y ASTM D143 -09, el ensayo de Trabajabilidad de la madera mediante el criterio de mínimos defectos conforme a la Norma ASTM D-1666-87 (2004).

El número de árboles utilizados en los diferentes ensayos fueron: 7 para ensayos de propiedades Físicas, 5 en propiedades Mecánicas y Trabajabilidad, con sus respectivas repeticiones.

Los resultados de los ensayos físico- mecánicos mostraron que la densidad básica de la madera es de  $0.323 \text{ gr/cm}^3$ , la cual se clasifica como **muy baja** (madera suave); la contracción volumétrica se ubicó en 6,76 %, y la Relación de Anisotropía (RAN T/R) fue de 1,66 lo cual indica que es una madera que tiene una estabilidad dimensional.

En los cuatro ensayos mecánicos evaluados, sus propiedades mecánicas (Flexión Estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza o Janka) están en un rango de calificación de muy bajo a bajo.

En los diferentes ensayos de trabajabilidad tales como: Cepillado, lijado, moldurado, torneado y taladrado, se obtuvieron calificaciones de Regular hasta Excelente.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, se aplicó el cálculo de Estimadores Estadísticos con varianza combinada.

Los resultados obtenidos mostraron que la madera juvenil es menos densa, menos resistente que la madera madura de esta especie. Sin embargo no presento mayores problemas en cuanto a la trabajabilidad, ya que la mayoría de los defectos presentes fueron ocasionados por la presencia de las nudosidades.

## SUMMARY

The study, "Identification of probable uses of *Pinus patula* Schlect. Et Cham. Based on the Determination of Physico-Mechanical Properties and Workability of the Wood "was held in the area of Iltaqi, Canton Cotacachi, Imbabura province, in order to determine the physical properties - mechanical accordance with ASTM Standards and COPANT D143 - 09, testing workability of wood by the criterion of minimum defects under ASTM D-1666-87 (2004).

The number of trees used in different trials were: 7 for Physical property tests, 5 Mechanical properties and workability, with their repetitions.

The results of physical-mechanical tests showed that the basic wood density is 0.323 g/cm<sup>3</sup>, which is classified as very low (soft wood), the volumetric shrinkage was at 6.76% and the ratio anisotropy (RAN T / R) was 1.66 which indicates that it is a timber that has a dimensional stability.

In all four trials evaluated mechanical, mechanical properties (static bending, compression parallel and perpendicular compression or Janka hardness) are in a scoring range from very low to low.

In various tests of workability such as brushing, sanding, molding, turning and drilling, Regular is scored to excellent. For the evaluation of the results obtained in different trials, we applied the calculation of variance combined statistical estimates.

The results obtained showed that juvenile wood is less dense, less resistant than mature wood of this species. However, no further problems in terms of workability, since most of these defects were caused by the presence of lumps.

## OBJETIVO GENERAL

- Identificar los 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- Cantón Cotacachi-Provincia de Imbabura.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar las propiedades físico- mecánicas y de trabajabilidad de la madera de *Pinus patula* Schlect.et Cham.
- Correlacionar las propiedades físico - mecánicas y de trabajabilidad de *Pinus patula* Schlect.et Cham., con madera de mayor edad.

## **MATERIALES Y EQUIPOS**

**Materiales de Campo:** Cinta de marcaje, cinta diamétrica, cinta métrica, etiqueta, hipsómetro, libreta de campo, pintura y trozas

### **Maquinaria Equipo y Materiales:**

**Obtención y Acondicionamiento de probetas.-** Canteadora (sierra de mesa), moto sierra, sierra circular, sierra radial y sierra de Cinta

**Ensayo de Propiedades Físicas.-** Balanza eléctrica digital (precisión de 0,01gr.), estufa eléctrica, provista de un termómetro regulador, calibrador o pie de rey, estilete y libreta de apuntes.

**Ensayo de Propiedades Mecánicas.-** Máquina universal de ensayos de resistencia de materiales, Dispositivos para cada ensayo, Calibrador, Balanza de precisión, Libreta de apuntes

**Ensayos de Trabajabilidad.-** Cepilladora (cepillo regruesador y cepillo planeador), canteadora (sierra de mesa), lijadora de banda, taladro de pedestal, torno manual, broca, tupí y formón.

### **Materiales y Equipos de Oficina:**

Cámara Fotográfica, Computador, Materiales de escritorio

### **Normas de Ensayo:**

Las propiedades físicas se realizaron según los estándares de las Normas COPANT y para el ensayo de propiedades mecánicas ASTM D 143 - 09 y trabajabilidad según las Normas ASTM 1666 - 87

## METODOLOGÍA

### **Etapas de la investigación:**

#### **- Reconocimiento del sitio de donde se obtuvo las muestras para la investigación**

El área de extracción de las trozas de *Pinus patula* cubre 1,94 ha. de bosque y corresponde a un avance en el conocimiento del estudio "Evaluación de Procedencias de *Pinus patula*" ubicado en la Provincia de Imbabura en la comunidad de Iltaqi.

#### **- Selección de los árboles**

Para los diferentes ensayos se seleccionaron 7 árboles, con base en los siguientes criterios: árboles sanos, troncos rectos (lo más cilíndrico posible) y ser representativos de la plantación forestal (Ensayo de Procedencias) en diámetro.

#### **- Tumba de árboles, corte de bloques y Codificación**

Los árboles seleccionados se cortaron, una vez tumbados se marcaron en trozas de 2.40 m de largo y se extrajo las trozas 1 y 2 a partir de la base del árbol. Posteriormente, cada una de ellas fue aserrada con la ayuda de una moto sierra. Las piezas obtenidas (bloques) se marcaron con un código, en el que se indica el número de árbol y el orden de la troza para su fácil identificación. Para el dimensionamiento de los bloques se tomaron en cuenta las Normas de la Sociedad Americana para pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés) y las Normas COPANT, que son similares.

#### **- Tratamiento de bloques y transporte**

Se fumigó los bloques con Maderol para evitar la presencia de hongo. Se sellaron los extremos con fundas plásticas, se transportó las piezas inmediatamente para evitar deshidratación y no sufran defectos producto de la pérdida del contenido de humedad (tensión).

#### **- Preparación, selección de viguetas y probetas**

Se realizaron a partir de cada una de las trozas, cortes paralelos obteniéndose piezas con un espesor de 0.08 m incluida la médula y una longitud del total de la troza de 2.40

m, esto para los ensayos de Propiedades físicas-Mecánicas (Ver Figura 1). En cambio para los ensayos de trabajabilidad se prepararon viguetas de 0.12 x 0.07 m de ancho y espesor y del largo total de la troza orientadas a su vez en los tres cortes: Tangencial, Radial y Oblicuo (Ver Figura 2). De las viguetas obtenidas se seleccionaron para la preparación de las probetas para realizar los ensayos correspondientes. Cada probeta se codificó para su fácil identificación de la siguiente forma:

### 2 P 3 – A

Dónde:

2 = número del árbol

P = especie (*Pinus patula*)

3 = número de troza en cada árbol

A = Orden de la Probeta

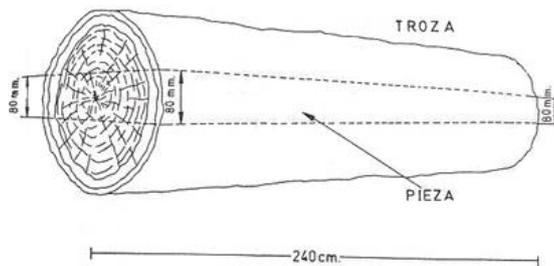


Figura 1

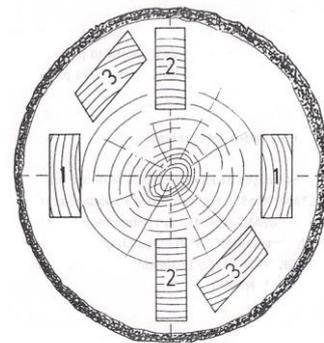


Figura 2

1 Corte Tangencial.

2 Corte Radial.

3 Corte Oblicuo.

### - Determinación de las Propiedades Físicas

La maderera como materia prima de cualquier proceso industrial o de transformación, depende entre otros factores del conocimiento de sus propiedades físicas. Las propiedades físicas incluyen la humedad y su efecto sobre el comportamiento de la madera y sus cambios dimensionales. Como la madera es un material poroso y heterogéneo en su estructura y que presenta un comportamiento anisotrópico e higroscópico, sus propiedades físicas son también variables. El conocimiento de las propiedades físicas básicas de la madera tales como contenido de humedad, densidad y cambios dimensionales, permite procesarla bien y mejor utilización de la madera como material.

En el presente estudio se contempla la determinación de las siguientes propiedades físicas: contenido de humedad; Densidad en estado Saturado, densidad en estado seco al aire, densidad en estado anhidro, densidad básica, Contracción normal (Tangencial, radial, longitudinal, volumétrica) y Contracción total (Tangencial, radial, longitudinal, volumétrica) Estos ensayos se los realizó en el Laboratorio de Usos Múltiples de la FICAYA- UTN.

#### **Contenido de humedad:**

Para determinar el CH se realizó en función del peso, las probetas fueron pesadas en condición verde (peso húmedo). Luego se determinó el peso en estado anhidro; se colocaron las probetas en estado verde al ambiente por el tiempo de 12 horas, luego en el cuarto climatizado por 24 horas a una temperatura de 20 ° C y una humedad relativa del 65%, posteriormente se colocaron en una estufa eléctrica provista de termo regulador a una temperatura inicial de 40 °C durante 6 horas; luego se elevó a 70° C durante 18 horas. Se retiró las probetas a las 24 horas tras permanecer a una temperatura de 102 +/- 3 ° C, obteniéndose así el peso en estado anhidro.

#### **Densidad:**

Para determinar la densidad se tomó en cuenta las tres etapas de acuerdo con el estado de las probetas y por el contenido de humedad: madera en condición verde, seca al aire, seca al horno.

#### **Madera en Condición Verde**

Para determinar la densidad en estas condiciones, las probetas fueron almacenadas en fundas plásticas, se pesó en una balanza de precisión y así obtuvo el peso verde (PV). Luego se realizó la medición con el calibrador o pie de Rey en las 6 caras, esto para determinar el volumen verde y posteriormente se realizó los cálculos de la densidad en esta condición.

#### **Madera en Estado Seco al Aire**

Las probetas se dejaron al ambiente durante 2 días, luego fueron colocadas en un cuarto climatizado a una temperatura de 20 ° C a una humedad relativa del 65 %. Se registró valores periódicos hasta obtener un peso constante (P.S.A).

### **Madera en estado Seco al Horno**

Se colocó las probetas en la estufa, durante 6 horas a una temperatura de 40 ° C; 18 horas a 70 ° C; y, finalmente 24 horas a una temperatura de 103 °C +/- 2° C. Luego se pesó y se realizó la medición en todas las probetas, utilizando el calibrador para obtener la densidad Anhidra.

### **Contracción:**

Se utilizó probetas de 3cm x 3cm x 10cm, se señaló en las 6 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: radial, tangencial y longitudinal.

### **- Determinación de las propiedades Mecánicas**

Este ensayo se realizó en madera seca al aire, 12% de contenido de humedad aproximadamente, contempla la determinación de: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza. Para tal fin se utilizó una máquina universal de pruebas mecánicas *Tinius Olsen* □□ provista de un sistema hidráulico, transductor y software especializado para procesar la información generada en cada ensayo.

### **Flexión Estática**

Se realizó el dimensionamiento de las Probetas en los tres planos (radial, tangencial y longitudinal); una vez realizada la medición se fijó a cada una de las probetas sobre los apoyos a una distancia de 2,5 cm de los extremos, para obtener una luz de 71 cm. Cada una de las probetas se colocó de tal manera que al aplicar la carga en su cara tangencial, ésta sea aplicada exactamente en el centro de la probeta. Se usó como elemento de carga un cabezal de metal.

La carga aplicada fue continua con una velocidad de 2.5 mm/min, hasta llegar a registrar las cargas máximas de resistencia y de ruptura. Se calculó el MOR, MOE y EFLP.

### **Compresión paralela al Grano**

El ensayo de compresión paralela, consistió en encontrar las deformaciones y la falla de las probetas sometidas a una aplicación de una carga paralela al grano a una velocidad constante, según los estándares de la Norma ASTM D143-09. La velocidad de aplicación de la carga para este ensayo fue de 0,6mm/minuto. Se seleccionó cinco árboles, se realizó seis ensayos por árbol (30 probetas en total).

## **Compresión Perpendicular**

Este ensayo se lo realizo en la máquina universal de resistencia de materiales; con los implementos necesarios para compresión perpendicular a una velocidad de 0,3 mm/ min, manteniéndose constante durante el ensayo. Además la maquina dispone de un registrador (deflectómetro) el cual grafica la relación carga – deformación, los datos necesarios para el cálculo se los obtiene directamente del gráfico.

## **Dureza (Janka)**

Se aplicó una carga a una velocidad de 0.6 mm/ minuto, con la máquina prensa Universal accionada de manera que la semiesfera penetre en cada uno de los dos lados contiguos de la probeta, así como en cada uno de sus extremos hasta que la penetración de la semiesfera se encuentre por llegar a su máximo momento en cual el anillo deja de ser móvil, lo que significa que se ha obtenido la penetración total de la semiesfera

### **- Determinación de las Propiedades de Trabajabilidad**

La metodología utilizada se basó en la norma ASTM D 1666-87 (re-aprobada en 2004), que establece un procedimiento de trabajo para la realización de ensayos de trabajabilidad. En ella se menciona que la evaluación de las probetas se debe realizar mediante una inspección visual, donde se identifican fibra levantada y grano desgarrado. Dependiendo de la magnitud de los defectos se clasifican las probetas sobre la base de la siguiente escala:

- a) Grado 1: Excelente**, no acepta ningún tipo de defecto. La fibra levantada alrededor de los nudos sólo se observa con luz oblicua.
- b) Grado 2: Bueno**, acepta fibra levantada entre un 10 a 20% del área inspeccionada.
- c) Grado 3: Regular**, acepta fibra levantada hasta en un 30%. Mínima presencia de grano desgarrado.
- d) Grado 4: Malo**, acepta fibra levantada hasta en un 40%. Grano desgarrado se acepta hasta un 30% del área inspeccionada.
- e) Grado 5: Muy Malo**, la fibra levantada se encuentra sobre un 40%. Grano desgarrado se presenta sobre un 30%.

## **Cepillado**

Para su reconocimiento las probetas fueron codificadas indicando especie, número de árbol, orden de probeta y su orientación. Además, se marcaron con una flecha en el extremo de cada probeta para indicar la dirección de alimentación a favor y en contra del grano. Se trabajó en ambas caras de las probetas, a favor y en contra del grano.

En este ensayo se utilizará 3 cuchillas con un ángulo de corte de 45 grados (ángulo normal de las cuchillas), nivelado y colocado en el porta cuchillas en forma usual, con una velocidad de alimentación de 13,19 m/ minuto.

## **Lijado**

Se realizó dos pasadas con la lija en cada una de las probetas a favor y en contra del grano con la finalidad de remover 0,5 mm aproximadamente. Después del lijado inmediatamente se determinó la temperatura de la lija mediante un termómetro para saber el grado de fricción. También 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.

La remoción se midió con la ayuda de un calibrador de 0,05 mm de apreciación. Se tomó las medidas antes y después del lijado a una distancia de 33 cm de cada uno de los dos extremos de las probetas. Con estos datos se realizó el cálculo de remoción por m de lija pasada.

## **Moldurado**

Este ensayo se lo realizó con dos cuchillas: una sobresalida y la otra escondida (para el contrapeso). Se midió el ángulo de corte con respecto al filo (45°) de la cuchilla sobresalida y el centro del radio.

Se hizo pasadas en los cantos de la probeta para obtener resultados a favor y en contra del grano. Estas pasadas permitieron obtener el tiempo de alimentación para lograr un ancho de marca de cuchilla de 1 mm.

## **Torneado**

Se realizó el ensayo en la misma probeta con los diferentes ángulos de corte tales como: 0°, 15° y 40°.

Para lograr un ángulo de corte de 40° se ensayó tangencialmente por encima de la probeta con la gubia afilada en la parte convexa. Para obtener un ángulo de corte de 15° se ensayó radialmente en la probeta con la gubia afilada en la parte cóncava con una inclinación necesaria. Y finalmente para obtener un ángulo de corte de 0° se ensayó radialmente en la misma probeta con la gubia afilada en la parte cóncava.

Se determinó el tiempo de penetración con la ayuda de un cronómetro esto con el fin de que el tiempo de penetración sea similar para los tres tipos de corte.

### **Taladrado**

Se utilizó nueve probetas por árbol, debidamente orientadas: 3 tangenciales, 3 oblicuas y 3 radiales, de 100 cm de longitud, 9 cm de ancho y 2.5 cm de espesor.

Los puntos a taladrarse se señalaron con la ayuda de una plantilla, 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 constante de 15 kg para realizar la penetración y se cronometró el tiempo que tardó la broca en pasar de un lado a otro. La calidad de grados de defectos se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D-1666-87 tomando en cuenta los siguientes defectos: grano levantado, grano velloso y grano arrancado.

Los resultados de los ensayos físico- mecánicos mostraron que la densidad básica de la madera es de 0.323 gr/cm<sup>3</sup>, la cual se clasifica como **muy baja** (madera suave); la contracción volumétrica se ubicó en 6,76 %, y la Relación de Anisotropía (RAN T/R) fue de 1,66 lo cual indica que es una madera que tiene una estabilidad dimensional.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados de los ensayos físico- mecánicos mostraron que la densidad básica de la madera es de 0.323 gr/cm<sup>3</sup>, la cual se clasifica como **muy baja** (madera suave); la contracción volumétrica se ubicó en 6,76 %, y la Relación de Anisotropía (RAN T/R) fue de 1,66 lo cual indica que es una madera que tiene una estabilidad dimensional.

En los cuatro ensayos mecánicos evaluados, sus propiedades mecánicas (Flexión Estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza o Janka) están en un rango de calificación de muy bajo a bajo.

En los diferentes ensayos de trabajabilidad tales como: Cepillado, lijado, moldurado, torneado y taladrado, se obtuvieron calificaciones de Regular hasta Excelente.

La densidad específica obtenida en esta investigación de  $0,32 \text{ gr/cm}^3$ , es menor que la obtenida en Colombia debido a que en este estudio se ha trabajado con madera joven, de apenas 12 años en la cual los tejidos no se hallan completamente lignificados o endurecidos, mientras que el valor constante en el cuadro (Colombia) se lo ha hecho con madera madura (mayor a 20 años), cuyo grado de lignificación es mayor.

En lo que respecta a propiedades mecánicas como: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza, se detecto diferencias destacables en las variables evaluadas con valores menores, con respecto a la información que se obtuvieron en Colombia en la misma especie pero con madera madura se tienen valores mayores, esta diferencia se da en virtud en que la presente investigación se realizo con madera joven cuya estructura anatómica se encuentran en proceso de crecimiento, esto hace que sus propiedades tanto físicas como mecánicas sean Muy bajas.

En cuanto a los resultados de trabajabilidad, la madera joven de *Pinus patula* presenta mayor cantidad de nudos que la madura, esto hace que los defectos sean más frecuentes en las distintas caras.

## CONCLUSIONES

Al efectuar las comparaciones de las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad, se llegan a las conclusiones siguientes:

### **Propiedades Físico – Mecánicas**

La densidad específica de una madera joven es menor ( $0,32 \text{ gr/cm}^3$ ) que la de madera adulta ( $0,43 \text{ gr/cm}^3$ ).

La contracción volumétrica total fue de 6,76 %, siendo el plano tangencial el que más contracción se observó con 4,27%, es decir, 60,89% más contráctil en relación al plano radial.

La relación de anisotropía (T/R) en madera joven fue de 1,66 la cual se clasifica como **Bajo**, e indica estabilidad dimensional en la madera.

La propiedad de dureza en la presente investigación se determinó valores menores a los realizados para la misma especie en Colombia con madera madura cuyos resultados fueron mayores. Con esto se concluye que la madera joven de esta especie es más suave, calificándose según la tabla de límites de valores de Hoheisel como **Muy bajo**.

El ensayo de flexión estática mostró un MOR de  $408,70\text{kgf/cm}^2$ , menor a los valores obtenidos en la misma especie en Colombia con madera madura cuyos resultados fueron superiores.

En el ensayo de compresión paralela, los resultados obtenidos del MOR en la presente investigación fueron de  $208,20\text{kgf/cm}^2$ , calificándose como **Muy Bajo** y con madera madura se obtuvieron valores superiores calificándose como **Bajo**.

### **Trabajabilidad**

El factor cepillado a favor y en contra, la presencia de nudos, la edad y los planos de la madera, influyeron directamente en la generación de estos defectos. La severidad de los defectos de cepillado fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad con el proceso de lijado. Los defectos de cepillado que más superficie afectada mostraron fueron el grano arrancado, seguido por el grano levantado y finalmente el grano velloso los cuales pueden ser reducidos sustancialmente cepillando la madera a favor del grano, siendo a su vez menores en el plano tangencial de la madera.

La severidad de los defectos de moldurado fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad con el lijado. Los defectos de moldurado de la madera que más superficie afectada mostraron fueron el grano levantado, seguido por el grano velloso, el mejor comportamiento lo mostró el plano radial al tener la menor superficie afectada por defectos de moldurado.

El ensayo de lija N° 60, para tener un desgaste requerido por las Normas ASTM 1666 - 87 (2004) se necesita tres pasadas en la lija de banda. Los defectos del lijado que más superficie afectada mostraron fueron el grano levantado, seguido por el grano velloso.

Para el ensayo de lijado (lija N° 100) se tiene calificaciones que van de bueno a Excelente por lo que esta madera sí posee condiciones para recibir productos de acabados como Barniz y laca.

Los defectos del ensayo del torneado que más superficie afectada mostraron fueron el grano levantado seguido por el arrancado, y finalmente el grano velloso. El mejor ángulo de corte fue el de 15 grados, con 0 y 40 grados de corte el acabado de torneado desmejora. Estos defectos pueden ser eliminados fácilmente con el lijado

En general, la clasificación del taladrado fue de excelente en la entrada y de buena a excelente en la salida de la broca.

Con la anteriormente expuesto, queda demostrado que existen variación en acabados de trabajabilidad en los distintos planos de *Pinus patula*. Cabe mencionar que los defectos están relacionados por la presencia de nudos y la madurez de la madera.

### RECOMENDACIONES

Promover y poner a disposición los resultados obtenidos en el presente estudio, con la finalidad de que se conozcan las potencialidades de esta especie y de esta manera logren mejores oportunidades de competitividad en el mercado de los productos forestales maderables.

Que se determinen las propiedades con material maduro (árboles con DAP igual o mayor a 40 cm, según la Norma.), para establecer variaciones.

Debido a que estos ensayos son costosos, se sugiere que la Universidad Técnica del Norte, repare la prensa Instron, donada por el MAE con la finalidad de facilitar futuras tesis sobre propiedades mecánicas.

### BIBLIOGRAFÍA

- 1 **ARROYO, J.** 1983. Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera. Universidad de Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.
- 2 **ASTM. D 143 - 09.** 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. Philadelphia, P.A, USA 238-278 pag.

- 3 **COPANT** (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). 1972. (458, 459, 461, 462, 555, 464, 466, 742, y 743). Buenos Aires, Argentina.
- 4 **CORMADERA** (Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador). 1997. Manual para la producción de Pino (*Pinus radiata* D. Don.). Quito, Ecuador.
- 5 **COWN, D. J., HERBERT, J. & BALL, R.** 1999. Modelling Pinus radiata lumber characteristic. Part 1: Mechanical properties of small clears. New Zealand Journal of Forestry Science. 29 (2): 203-213.
- 6 **ECHENIQUE, M. R. Y FERNÁNDEZ, F. R.** 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 140 p.
- 7 **ESCUELA NACIONAL DE CIENCIA FORESTALES (ESNACIFOR)**, 1988. Catálogo de Cien Especies Forestales de Honduras: Distribución, Propiedades y Usos. Siguatepeque, Honduras.
- 8 **FLORES V., R. Y M. E. FUENTES L.** 2001. Maquinado de dos especies de encino *Quercus affinis* y *Q. crassifolia*. Ciencias Forestales en México. Instituto Nacional de investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria. México. 85(24): en prensa.
- 9 **FUENTES, L. M. E.** 1990. Propiedades físico-mecánicas de cinco especies de encino (*Quercus spp.*) del Estado de Puebla. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. 54 p.
- 10 **HAROLD, W. & HOCKER, JR.** 1984. Introducción a la Biología Forestal. AGT Editor, S.A. México. 433 p.
- 11 **HONORATO S., J. A.** 1997. Propiedades físicas y mecánicas de los encinos mexicanas INIFAP, Campo Experimental San Martinito. Documento interno 7 p.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **PROBLEMÁTICA**

La industria forestal en el país en su conjunto está en desventaja con sus eventuales competidores por no contar con el suficiente conocimiento tecnológico de las especies de interés comercial y si se cuenta con ello, no se le da el uso adecuado. Este rezago se ha debido en su mayor parte a que no se han realizado los estudios básicos que permitan asignar a cada especie de interés económico su uso más adecuado.

### **JUSTIFICACION**

El presente trabajo reúne los elementos necesarios que permite conocer el comportamiento físico – mecánico y de trabajabilidad de la madera de *Pinus patula*, y contribuye al conocimiento tecnológico de esta especie de interés comercial con lo cual se podrá sugerir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales del país lo que repercutirá en un beneficio directo a los poseedores y transformadores del recurso forestal (madera).

### **OBJETIVO GENERAL**

Determinar las Propiedades Físico - Mecánicas y de Trabajabilida de la madera de *Pinus patula* Schlect.et Cham.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Identificar el comportamiento Físico- Mecánicas y de trabajabilidad en la madera de *Pinus patula* Schlect.et Cham.

Determinar la variabilidad de las propiedades físico - Mecánicas y de trabajabilidad en la madera de *Pinus patula* Schlect.et Cham.

## **METODOLOGÍA**

### **- Reconocimiento del sitio de donde se obtuvo las muestras para la investigación**

El área de extracción de las trozas de *Pinus patula* cubre 1,94 ha. de bosque y corresponde a un avance en el conocimiento del estudio "Evaluación de Procedencias de *Pinus patula*" ubicado en la Provincia de Imbabura en la comunidad de Iltaqui.

### **- Selección de los árboles**

Para los diferentes ensayos se seleccionaron 7 árboles, con base en los siguientes criterios: árboles sanos, troncos rectos (lo más cilíndrico posible) y ser representativos de la plantación forestal (Ensayo de Procedencias) en diámetro.

### **- Tumba de árboles, corte de bloques y Codificación**

Los árboles seleccionados se cortaron, una vez tumbados se marcaron en trozas de 2.40 m de largo y se extrajo las trozas 1 y 2 a partir de la base del árbol. Posteriormente, cada una de ellas fue aserrada con la ayuda de una moto sierra. Las piezas obtenidas (bloques) se marcaron con un código, en el que se indica el número de árbol y el orden de la troza para su fácil identificación.

### **- Tratamiento de bloques y transporte**

Se fumigó los bloques con Maderol para evitar la presencia de hongo. Se sellaron los extremos con fundas plásticas, se transportó las piezas inmediatamente para evitar deshidratación y no sufran defectos producto de la pérdida del contenido de humedad (tensión).

### **- Preparación, selección de viguetas y probetas**

Se realizaron a partir de cada una de los trozas, cortes paralelos obteniéndose piezas con un espesor de 0.08 m incluida la médula y una longitud del total de la troza de 2.40 m, esto para los ensayos de Propiedades físicas-Mecánicas. En cambio para los ensayos de trabajabilidad se prepararon viguetas de 0.12 x 0.07 m de ancho y espesor y del largo total de la troza orientadas a su vez en los tres cortes: Tangencial, Radial y Oblicuo. De las viguetas obtenidas se seleccionaron para la preparación de las probetas

para realizar los ensayos correspondientes. Cada probeta se codificó para su fácil identificación de la siguiente forma:

### **2 P 3 – A**

Dónde:

2 = número del árbol

P = especie (*Pinus patula*)

3 = número de troza en cada árbol

A = Orden de la Probeta

#### **- Determinación de las Propiedades Físicas**

La maderera como materia prima de cualquier proceso industrial o de transformación, depende entre otros factores del conocimiento de sus propiedades físicas. Las propiedades físicas incluyen la humedad y su efecto sobre el comportamiento de la madera y sus cambios dimensionales. Como la madera es un material poroso y heterogéneo en su estructura y que presenta un comportamiento anisotrópico e higroscópico, sus propiedades físicas son también variables. El conocimiento de las propiedades físicas básicas de la madera tales como contenido de humedad, densidad y cambios dimensionales, permite procesarla bien y mejor utilización de la madera como material.

En el presente estudio se contempla la determinación de las siguientes propiedades físicas: contenido de humedad; Densidad en estado Saturado, densidad en estado seco al aire, densidad en estado anhidro, densidad básica, Contracción normal (Tangencial, radial, longitudinal, volumétrica) y Contracción total (Tangencial, radial, longitudinal, volumétrica) Estos ensayos se los realizó en el Laboratorio de Usos Múltiples de la FICAYA- UTN.

#### **- Determinación de las propiedades Mecánicas**

Este ensayo se realizó en madera seca al aire, 12% de contenido de humedad aproximadamente, contempla la determinación de: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza. Para tal fin se utilizó una máquina universal de pruebas mecánicas *Tinius Olsen* □□ provista de un sistema hidráulico, transductor y software especializado para procesar la información generada en cada ensayo. Estos ensayos se los realizó según los estándares de las normas ASTM D143 – 09.

## - **Determinación de las Propiedades de Trabajabilidad**

La metodología utilizada se basó en la norma ASTM D 1666-87 (re-aprobada en 2004), que establece un procedimiento de trabajo para la realización de ensayos de: cepillado, lijado, moldurado, torneado y taladrado. En ella se menciona que la evaluación de las probetas se debe realizar mediante una inspección visual, donde se identifican fibra levantada y grano desgarrado.

### **MATERIALES Y EQUIPOS**

**Materiales de Campo:** Cinta de marcaje, cinta diamétrica, cinta métrica, etiqueta, hipsómetro, libreta de campo, pintura y trozas

#### **Maquinaria Equipo y Materiales:**

**Obtención y Acondicionamiento de probetas.-** Canteadora (sierra de mesa), moto sierra, sierra circular, sierra radial y sierra de Cinta

**Ensayo de Propiedades Físicas.-** Balanza eléctrica digital (precisión de 0,01gr.), estufa eléctrica, provista de un termómetro regulador, calibrador o pie de rey, estilete y libreta de apuntes.

**Ensayo de Propiedades Mecánicas.-** Máquina universal de ensayos de resistencia de materiales, Dispositivos para cada ensayo, Calibrador, Balanza de precisión, Libreta de apuntes.

**Ensayos de Trabajabilidad.-** Cepilladora (cepillo regruesador y cepillo planeador), canteadora (sierra de mesa), lijadora de banda, taladro de pedestal, torno manual, broca, tupí y formón.

#### **Materiales y Equipos de Oficina:**

Cámara Fotográfica, Computador, Materiales de escritorio

#### **Normas de Ensayo:**

Las propiedades físicas se realizaron según los estándares de las Normas COPANT y para el ensayo de propiedades mecánicas ASTM D 143 - 09 y trabajabilidad según las Normas ASTM 1666 - 87

## RESULTADOS

Los resultados de los ensayos físico- mecánicos mostraron que la densidad básica de la madera es de  $0.323 \text{ gr/cm}^3$ , la cual se clasifica como **muy baja** (madera suave); la contracción volumétrica se ubicó en 6,76 %, y la Relación de Anisotropía (RAN T/R) fue de 1,66 lo cual indica que es una madera que tiene una estabilidad dimensional.

En los cuatro ensayos mecánicos evaluados, sus propiedades mecánicas (Flexión Estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza o Janka) están en un rango de calificación de muy bajo a bajo.

En los diferentes ensayos de trabajabilidad tales como: Cepillado, lijado, moldurado, torneado y taladrado, se obtuvieron calificaciones de Regular hasta Excelente.

## CONCLUSIONES

Los resultados de las propiedades Físicas – mecánicas de la madera en el presente estudio son s menores a los realizados para la misma especie en Colombia con madera madura cuyos resultados fueron mayores. Con esto se concluye que la madera joven de esta especie es más suave, calificándose según la tabla de límites de valores de Hoheisel como **Muy bajo**.

Existe variación en acabados de trabajabilidad en los distintos planos de *Pinus patula*. Cabe mencionar que los defectos están relacionados por la presencia de nudos y la madurez de la madera.

## RECOMENDACIONES

Promover y poner a disposición los resultados obtenidos en el presente estudio, con la finalidad de que se conozcan las potencialidades de esta especie y de esta manera logren mejores oportunidades de competitividad en el mercado de los productos forestales maderables.

.....

Ing. Edgar Vásquez, MBA.

**DIRECTOR DE TESIS**