

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA ESPECIE *Tectona grandis*, DE 20 AÑOS DE EDAD, PROVENIENTE DE LAS PLANTACIONES DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL DE LA RESERVA FORESTAL TICOPORO, ESTADO BARINAS

Study of the physical-mechanical properties of 20 years old Tectona grandis from plantations in the Experimental Unit of the Forest Reserve Ticoporo, Barinas State

Styles W. Valero¹, Elio C. Reyes C.² y Darío A. Garay J.³

Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales (L.N.P.F.). ¹y ²Sección de Ensayos. ³Sección de Aglomerado. Mérida-Venezuela. E-mail: ensayos@ula.ve

RESUMEN

El estudio de las propiedades físico-mecánicas es de gran importancia para cualquier especie forestal; y lo es más a un en especies de alto valor comercial y en aquellas que presentan una gran potencialidad de uso, como es el caso de la especie *Tectona grandis*, la cual tiene en los momentos actuales un mercado asegurado para los productos derivados de su aprovechamiento. La especie *Tectona grandis* a pesar de ser exótica en nuestro país, se cuenta con una gran extensión de aproximadamente 7.000 ha de plantaciones principalmente en los llanos occidentales. Con dicha especie se abre una nueva perspectiva sólida y precisa en cuanto a la Industria de la Construcción de viviendas con madera modular o rolliza. Razones estas entre otras por la cual se hace necesario investigaciones tecnológicas. En el presente estudio se determinaron las propiedades físico-mecánicas de la especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad, proveniente de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas. Utilizando la metodología de las estipulaciones de Hoheisel (1968), para la determinación de los ensayos de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Se obtuvieron resultados muy promisorios en los cuales se infieren que la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, puede ser utilizada en usos como machihembrado, vigas, viguetas y en general en forma estructural.

Palabras clave: Peso específico básico, Teca, Resistencia, Verbenaceae, Venezuela.

ABSTRACT

The study of the physical-mechanical properties is of great importance for any forest species; and it is it but to in species of high commercial value and in which they present a great potentiality of use, as is the case of the *Tectona grandis* species, which has at the present moments a market assured for products derived from its advantage. The *Tectona grandis* species in spite of being exotic in our country, it is counted on a great extension of approximately 7,000 ha of level plantations mainly in the western ones. With this species a new solid perspective is opened and needs as far as the Industry of the Construction of houses with modular or round wood. Reasons these among others by which it becomes technological investigations necessary. In the present study the physical-mechanical properties of the species were determined *Tectona grandis*, of 20 years of age, originating of the Experimental Unit of the Forest Reserve of Ticoporo, Barinas state. Using the methodology of the stipulations of Hoheisel (1968), for the determination of the tests of the physical and mechanical properties of the wood. Very promissory results were obtained in which they are inferred that the species *Tectona grandis* of 20 years of age, dovetail can be used in uses like, beams, joists and in general in structural form.

Key words: Specify Basic Weight, Teak, Resistance, Verbenaceae, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La especie *Tectona grandis* es nativa del Sureste de Asia, Malasia, Birmania y algunas Islas menores del Archipiélago Indonecio (Islas Célibes); la misma ha sido introducida en varias regiones del África Tropical y Subtropical, así como también en la región del Caribe; existen plantaciones de *Tectona grandis* en Puerto Rico, Cuba, Haití, Jamaica

Trinidad, Honduras, Belice. Se han realizado plantaciones en Colombia, México; Nicaragua y Brasil (Longwood, 1971). Según Behaghel (1999), las primeras plantaciones de teca en América tropical se realizaron en Trinidad (1913) y Panamá (1926) y, actualmente, las mayores superficies de plantación se encuentran en Costa Rica (24.000 ha), Panamá (13.000 ha) y Brasil (10.000 ha); mientras que las menores superficies plantadas se encuentran en

Guatemala, BÉlice, Nicaragua, Venezuela, Cuba, México, Jamaica, Argentina, Honduras y Chile. En Venezuela las plantaciones más grandes se encuentran en Barinas, aunque también se ensayaron extensiones reducidas en Portuguesa, Trujillo, Táchira, Aragua y Monagas, creciendo perfectamente en todos los sitios donde se ha plantado, en alturas sobre el nivel del mar que van desde los 70 m hasta 950 m con precipitaciones de 1000 mm a 3500 mm, y temperaturas que oscilan entre un máximo de 29 °C y 30 °C y un mínimo de 12 °C a 23 °C; la especie *Tectona grandis* se ha plantado en terrenos con pendientes y suelos francos, limosos o arcillosos (Díaz, 1976).

Chavéz y Fonseca (1991) citados por Ninin (1997), reportan que la procedencia de las plantaciones de la Unidad Experimental de Ticoporo, es derivada de Tennaserim proveniente de Trinidad, esta procedencia es de importancia para el trópico americano, ya que de la misma se ha trasladado la semilla para realizar plantaciones en diversos países, entre ellos México, Venezuela, Colombia entre otros países de América Central y del Caribe.

Dulhoste (1996) citado por Ninin (1997), reporta que las plantaciones de teca del occidente del país presentan una gran variación morfológica, en: la calidad del fuste, en la inclinación del fuste y bifurcación, en el ángulo de ramas, en la conicidad, en la calidad de copa, en los aletones y en el estado fitosanitario; por otra parte también se reporta que la especie *Tectona grandis* presenta una buena adaptación biológica a la zona y a su vez se recomienda hacer estudios de procedencia de la especie para probar su comportamiento, donde se sugiere a la de Tailandia, por ser a nivel mundial una de las mejores. Tadasshi *et al.*, (2000), señala que la *Tectona grandis* es una de las especies maderables más importantes en el mundo. Ferguson (1934), citado por Tadasshi *et al.*, (2000) analiza por primera vez la calidad de este tipo de madera. Han sido varios los trabajos realizados en cuanto a la calidad de la madera de teca (Burmester y Wille, 1975) citados por San, Miller y Gangstad (2000); Bhat *et al.*, 1989). La teca es una de las especies maderables más valiosas y de mejor calidad del mundo ya que presentan propiedades que le permiten una amplia gama de usos.

Haygreen y Bowyer (1994), reportan que las propiedades físicas y mecánicas están determinadas por tres características fundamentales: 1. La proporción

de los espacios vacíos que puede estimarse midiendo la densidad. 2. La organización de la estructura celular que influye sobre la microestructura de las paredes celulares, la variedad y proporción de los diferentes tipos de células en función de las especies, y 3. El contenido de humedad. Por otra parte Notivol *et al.*, (1984), reportan que la densidad permite determinar la utilidad tecnológica de la madera. Para Zobel y Talbert (1984), la densidad de la madera no puede ser considerada como un rasgo, sino que las misma es la expresión de la presencia relativa de los distintos elementos celulares que la componen (vasos, traqueidas, fibras, células de parénquima), de la variación en la pared celular y del lumen así como de los espacios intercelulares. Básicamente depende del tamaño de las células, del grosor de la pared celular y de la proporción de los diferentes tipos de tejidos con respecto al volumen total del leño.

A nivel internacional se han realizado diversos estudios sobre propiedades físico-mecánicas de la especie *Tectona grandis* provenientes de plantaciones y bosque natural tanto en condición de humedad verde como en condición seca al aire Wangaard y Muschler (1952); Bhartri (1960) y Lutz (1972); Chudnoff (1984). Sin embargo a nivel nacional es muy poca la contribución en investigaciones tecnológicas de la madera de la especie *Tectona grandis*, Lourdes (1986), realizó un estudio tecnológico exploratorio y promocional de la teca de aclareos, con madera procedente de plantaciones de Venezuela.

La especie *Tectona grandis* proveniente de plantaciones en las diferentes regiones del país, tienen en los momentos actuales una gran demanda para usos en la construcción de viviendas, a pesar de existir pocas experiencias, referencias e información tecnológicas por lo que en el presente estudio se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad proveniente de plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas con el fin de inferir los posibles usos y ratificar los usos ya experimentados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de la especie *Tectona grandis* que se utilizó para realizar el presente trabajo provino de la Unidad Experimental (Unidad IV) de la Reserva Forestal de Ticoporo, Estado Barinas. Se selecciona-

ron cinco (05) árboles de la especie *Tectona grandis*, considerando los siguientes criterios: a) Diámetro a la altura de pecho igual o mayor de 30,00 cm. b) Buen estado fitosanitario. c) Buena calidad de fuste. El estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera se realizó en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Sección de Ensayos, adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, de la Universidad de Los Andes. Las propiedades físicas y mecánicas evaluadas fueron:

- a. Propiedades físicas: los ensayos se realizaron en la condición de humedad verde, seca al aire (12 % de contenido de humedad) y seca al horno.
 1. Densidad: Densidad en la condición verde, Densidad en la condición seca al aire, Densidad en la condición seca al horno. Peso específico básico
 2. Contracciones: radial, tangencial, longitudinal y volumétrica: desde la condición de humedad verde a seca al aire y desde la condición de humedad verde a seca al horno.
 3. Relación contracción tangencial-radial (T/R): desde la condición de humedad verde a seca al aire y verde a seca al horno.
- b. Propiedades mecánicas: los ensayos fueron realizados en la condición de humedad verde y seca al aire (12 % de contenido de humedad).
 1. Resistencia a la flexión estática: Esfuerzo al límite proporcional (E.L.P.), Módulo de ruptura (M.O.R.), Módulo de elasticidad (M.O.E.).
 2. Resistencia a la compresión paralela a la fibra: Esfuerzo al límite proporcional (E.L.P.), Máxima resistencia (M.R.), Módulo de elasticidad (M.O.E.).
 3. Resistencia a la compresión perpendicular a la fibra: Esfuerzo al límite proporcional (E.L.P.).
 4. Dureza (Janka): Dureza de lados o perpendicular, Dureza en los extremos o paralela.
 5. Resistencia al corte (cizallamiento).
 6. Resistencia al impacto (tenacidad).

Los ensayos físicos y mecánicos se realizaron siguiendo las estipulaciones de Hoheisel (1968) (Cuadro 1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros 2, 3, 4, 5, 6, y 7 se presentan los valores promedios, desviación estándar, coeficientes de variación, números de probetas ensayadas, y resul-

tados obtenidos para cada una de las propiedades físicas y mecánicas evaluadas en la especie *Tectona grandis*, proveniente de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

Los resultados obtenidos a través del análisis de varianza, a un nivel de probabilidad de 95%, indican que, tanto en la condición de humedad verde, seca al aire como en la condición de humedad seca al horno, no existe diferencias significativas para cuatro (04) árboles de los cinco (05) evaluados, la excepción la presentó el árbol N° 4 con un comportamiento diferente al resto de los individuos estudiados, el mismo presentó los mayores y mejores resultados en la propiedad física de densidad con valores promedios de 1,102 g/cm³, 0,715 g/cm³ y 0,617 g/cm³ en condición de humedad verde, seca al aire, seca al horno respectivamente, así como también el peso específico básico resultó alto con un valor promedio de 0,634. En relación al análisis de varianza, a un nivel de probabilidad de 95%, para la condición de humedad desde verde a seca al aire, se obtuvo que, no existe diferencias significativas en las contracciones radiales, longitudinales, y en la relación T/R para los cinco árboles evaluados. Las contracciones tangenciales y volumétrica presentan un comportamiento irregular en cada una de los árboles, siendo el árbol N° 4 el que presenta los mejores resultados debido a que los valores son bajos, es decir 1,172 % y 2,052 % respectivamente para las pruebas antes mencionadas. El análisis de varianza al 95 % de probabilidad para las contracciones desde la condición de humedad verde a seca al horno, tanto las contracciones radiales, tangenciales, volumétricas y la relación T/R, en los cinco (05) árboles evaluados presentaron diferencias altamente significativas. Así como también en la condición de humedad antes señalado el análisis de varianza en la contracción longitudinal en los cinco (05) árboles evaluados resultó no significativa.

En relación a las propiedades mecánicas estudiadas los resultados obtenidos a través del análisis de varianza, a un nivel de probabilidad de 95 %, indican que tanto, en la condición de humedad verde como en la condición de humedad seca al aire no existe diferencias significativas para los ensayos de resistencia a la flexión, compresión paralela, cizallamiento y tenacidad radial en la condición de humedad verde, para los cinco (05) árboles estudiados. Sin embargo las propiedades mecánicas de compresión perpendicular, dureza y tenacidad el análisis de

Cuadro 1. Dimensiones de probetas y normas utilizadas para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas.

| PROPIEDADES FÍSICAS | DIMENSION (cm) | NORMA |
|---|----------------|--------------------|
| Densidad (verde, seca al aire y seca al horno). | 3,0x3,0x10,0 | DIN - 52182 |
| Peso específico básico. | 3,0x3,0x10,0 | DIN - 52182 |
| Contenido de humedad (verde y seco al aire). | 3,0x3,0x10,0 | DIN - 52182 |
| Contracción radial y tangencial. | 3,0x3,0x10,0 | DIN - 52184 |
| Contracción longitudinal. | 3,0x3,0x10,0 | DIN - 52184 |
| Contracción volumétrica. | 3,0x3,0x10,0 | DIN - 52184 |
| PROPIEDADES MECANICAS | DIMENSION (cm) | NORMA |
| Flexión estática (ELP, MOR y MOE). | 2,5x2,5x41,0 | ASTM-D-143/246-252 |
| Compresión paralela (ELP, RM y MOE). | 2,5x2,5x10,0 | ASTM-D-143/253-260 |
| Compresión perpendicular (ELP). | 5,0x5,0x15,0 | ASTM-D-143/77-82 |
| Dureza (Lados y Extremos). | 5,0x5,0x15,0 | ASTM-D-143/71-76 |
| Cizallamiento. | 5,0x5,0x6,25 | ASTM-D-143/88-92 |
| Tenacidad. | 1,6x1,6x24,0 | ASTM-D-143/83-87 |

Cuadro 2. Densidad en condición de humedad verde, seca al aire, seca al horno y peso específico básico para la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

| Densidad verde (g/cm ³) | | | | | | |
|--|----------|---------------------|------------------------------|--------|--------|--------------------|
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 1,049 | 0,033 | 3,141 | 1,104 | 0,991 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,998 | 0,040 | 4,085 | 1,061 | 0,922 | 10 |
| Árbol N°3 | 1,060 | 0,024 | 2,333 | 1,098 | 1,023 | 10 |
| Árbol N°4 | 1,102 | 0,038 | 3,460 | 1,151 | 1,052 | 10 |
| Árbol N°5 | 1,036 | 0,070 | 6,823 | 1,132 | 0,945 | 10 |
| Densidad seca al aire al 12% C.h. (g/cm ³) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 0,597 | 0,051 | 8,612 | 0,652 | 0,496 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,588 | 0,036 | 6,259 | 0,628 | 0,523 | 10 |
| Árbol N°3 | 0,611 | 0,029 | 4,816 | 0,680 | 0,570 | 10 |
| Árbol N°4 | 0,715 | 0,023 | 3,342 | 0,750 | 0,684 | 10 |
| Árbol N°5 | 0,642 | 0,090 | 6,269 | 0,710 | 0,596 | 10 |
| Densidad seca al horno (g/cm ³) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 0,559 | 0,048 | 8,714 | 0,609 | 0,462 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,545 | 0,034 | 6,341 | 0,584 | 0,485 | 10 |
| Árbol N°3 | 0,573 | 0,028 | 5,048 | 0,640 | 0,531 | 10 |
| Árbol N°4 | 0,671 | 0,024 | 3,657 | 0,707 | 0,641 | 10 |
| Árbol N°5 | 0,599 | 0,049 | 6,800 | 0,668 | 0,555 | 10 |
| Peso específico básico | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 0,519 | 0,049 | 9,584 | 0,576 | 0,421 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,512 | 0,033 | 6,540 | 0,552 | 0,458 | 10 |
| Árbol N°3 | 0,541 | 0,026 | 4,860 | 0,600 | 0,503 | 10 |
| Árbol N°4 | 0,634 | 0,026 | 4,165 | 0,671 | 0,600 | 10 |
| Árbol N°5 | 0,556 | 0,040 | 7,193 | 0,620 | 0,511 | 10 |

Cuadro 3. Contracciones desde la condición de humedad verde a seca al aire para la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

| Contracción radial (%) | | | | | | |
|------------------------------|----------|---------------------|------------------------------|--------|--------|--------------------|
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 0,763 | 0,126 | 16,589 | 0,943 | 0,519 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,644 | 0,122 | 18,959 | 0,974 | 0,517 | 10 |
| Árbol N°3 | 0,883 | 0,163 | 18,542 | 1,200 | 0,617 | 10 |
| Árbol N°4 | 0,728 | 0,148 | 20,399 | 0,957 | 0,466 | 10 |
| Árbol N°5 | 0,698 | 0,172 | 24,749 | 0,974 | 0,429 | 10 |
| Contracción tangencial (%) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 1,914 | 0,378 | 19,413 | 2,459 | 1,347 | 10 |
| Árbol N°2 | 1,363 | 0,332 | 24,298 | 1,770 | 0,671 | 10 |
| Árbol N°3 | 1,434 | 0,335 | 23,380 | 2,212 | 0,963 | 10 |
| Árbol N°4 | 1,172 | 0,331 | 28,498 | 1,634 | 0,486 | 10 |
| Árbol N°5 | 1,877 | 0,377 | 19,908 | 2,391 | 1,186 | 10 |
| Contracción longitudinal (%) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 0,136 | 0,071 | 53,435 | 0,289 | 0,050 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,101 | 0,068 | 65,011 | 0,222 | 0,030 | 10 |
| Árbol N°3 | 0,088 | 0,032 | 35,419 | 0,137 | 0,020 | 10 |
| Árbol N°4 | 0,152 | 0,097 | 62,336 | 0,356 | 0,020 | 10 |
| Árbol N°5 | 0,144 | 0,060 | 43,175 | 0,254 | 0,052 | 10 |
| Contracción volumétrica (%) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 2,815 | 0,376 | 13,388 | 3,463 | 2,316 | 10 |
| Árbol N°2 | 2,108 | 0,354 | 16,794 | 2,578 | 1,491 | 10 |
| Árbol N°3 | 2,405 | 0,400 | 16,645 | 3,132 | 1,834 | 10 |
| Árbol N°4 | 2,052 | 0,315 | 15,374 | 2,562 | 1,458 | 10 |
| Árbol N°5 | 2,719 | 0,449 | 16,509 | 3,297 | 1,952 | 10 |
| Relación T/R | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coefficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 2,620 | 0,814 | 31,103 | 4,261 | 1,492 | 10 |
| Árbol N°2 | 2,166 | 0,594 | 27,444 | 3,158 | 1,047 | 10 |
| Árbol N°3 | 1,664 | 0,438 | 26,368 | 2,628 | 1,168 | 10 |
| Árbol N°4 | 1,733 | 0,762 | 43,968 | 3,493 | 0,531 | 10 |
| Árbol N°5 | 2,836 | 0,830 | 29,252 | 4,153 | 1,793 | 10 |

Cuadro 4. Contracciones desde la condición de humedad verde a seca al horno para la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

| Contracción radial (%) | | | | | | |
|------------------------------|----------|---------------------|----------------------------|--------|--------|--------------------|
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 3,180 | 0,609 | 19,155 | 4,089 | 2,086 | 10 |
| Árbol N°2 | 2,183 | 0,733 | 33,563 | 4,238 | 1,303 | 10 |
| Árbol N°3 | 2,798 | 0,689 | 24,626 | 4,453 | 1,895 | 10 |
| Árbol N°4 | 1,608 | 0,213 | 13,285 | 2,031 | 1,320 | 10 |
| Árbol N°5 | 2,662 | 0,711 | 26,724 | 4,253 | 1,755 | 10 |
| Contracción tangencial (%) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 3,902 | 0,679 | 17,402 | 4,860 | 2,723 | 10 |
| Árbol N°2 | 2,404 | 0,282 | 11,730 | 2,881 | 1,963 | 10 |
| Árbol N°3 | 3,160 | 0,725 | 22,960 | 4,403 | 2,324 | 10 |
| Árbol N°4 | 3,157 | 0,571 | 18,143 | 4,315 | 2,286 | 10 |
| Árbol N°5 | 4,269 | 0,543 | 12,782 | 4,843 | 2,943 | 10 |
| Contracción longitudinal (%) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 0,312 | 0,115 | 36,828 | 0,529 | 0,130 | 10 |
| Árbol N°2 | 0,276 | 0,118 | 42,939 | 0,519 | 0,120 | 10 |
| Árbol N°3 | 0,308 | 0,057 | 18,680 | 0,409 | 0,220 | 10 |
| Árbol N°4 | 0,352 | 0,140 | 39,895 | 0,509 | 0,140 | 10 |
| Árbol N°5 | 0,329 | 0,075 | 22,930 | 0,449 | 0,220 | 10 |
| Contracción volumétrica (%) | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 7,395 | 0,965 | 13,048 | 8,709 | 6,12 | 10 |
| Árbol N°2 | 4,864 | 0,921 | 18,935 | 7,492 | 3,926 | 10 |
| Árbol N°3 | 6,266 | 1,102 | 17,594 | 8,772 | 4,745 | 10 |
| Árbol N°4 | 5,117 | 0,745 | 14,575 | 6,846 | 4,165 | 10 |
| Árbol N°5 | 7,260 | 1,157 | 15,940 | 9,352 | 5,041 | 10 |
| Relación T/R | | | | | | |
| Estadístico | Promedio | Desviación estándar | Coficiente de variación(%) | Máximo | Mínimo | Número de muestras |
| Árbol | | | | | | |
| Árbol N°1 | 1,273 | 0,327 | 25,735 | 1,794 | 0,831 | 10 |
| Árbol N°2 | 1,177 | 0,287 | 24,382 | 1,758 | 0,679 | 10 |
| Árbol N°3 | 1,179 | 0,335 | 28,422 | 1,690 | 0,771 | 10 |
| Árbol N°4 | 1,961 | 0,215 | 10,998 | 2,272 | 1,672 | 10 |
| Árbol N°5 | 1,667 | 0,281 | 16,879 | 2,046 | 1,134 | 10 |

Cuadro 5. Resistencia a la flexión estática (kg/cm²) para la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

| Propiedad | Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
|-------------|---|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 664,65 | 583,59 | 637,50 | 723,79 | 595,53 | 689,85 | 722,92 | 742,14 | 811,95 | 738,97 |
| S.D.= | 144,97 | 81,14 | 91,56 | 131,76 | 64,48 | 154,91 | 69,19 | 107,55 | 148,98 | 94,56 |
| C.V.%= | 21,81 | 13,90 | 14,36 | 18,20 | 10,82 | 22,45 | 9,5 | 14,49 | 18,34 | 12,79 |
| Máx= | 926,09 | 708,02 | 777,57 | 898,48 | 700,42 | 963,75 | 804,99 | 912,74 | 1019,9 | 825,09 |
| Mín= | 441,37 | 425,41 | 487,09 | 562,69 | 497,45 | 425,22 | 586,43 | 650,85 | 468,99 | 557,20 |
| N= | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| Propiedad | Módulo de ruptura (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 943,99 | 823,59 | 900,95 | 1128,7 | 931,19 | 1007,6 | 964,02 | 1044,2 | 1065,1 | 1044,4 |
| S.D.= | 116,97 | 102,34 | 146,57 | 165,97 | 146,30 | 191,88 | 103,29 | 169,47 | 232,74 | 134,74 |
| C.V.%= | 12,39 | 12,42 | 16,26 | 14,70 | 15,71 | 19,04 | 10,17 | 16,23 | 21,84 | 12,90 |
| Máx= | 1052,8 | 954,42 | 1039,1 | 1315,6 | 1195,4 | 1253,7 | 1105,5 | 1324,8 | 1276,2 | 1192,2 |
| Mín= | 756,80 | 667,46 | 639,31 | 867,91 | 754,46 | 680,73 | 829,74 | 797,68 | 533,53 | 722,97 |
| N= | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| Propiedad | Módulo de elasticidad (kg/cm ²) (*) 1000 | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 921,38 | 837,29 | 891,88 | 1045,4 | 856,71 | 1022,9 | 952,42 | 995,02 | 1033,5 | 884,42 |
| S.D.= | 126,88 | 85,39 | 152,11 | 151,32 | 140,71 | 87,30 | 139,86 | 126,98 | 201,39 | 73,44 |
| C.V.%= | 13,77 | 10,19 | 17,05 | 14,47 | 16,42 | 8,53 | 14,68 | 12,76 | 19,48 | 8,30 |
| Máx= | 1093,8 | 995,54 | 1140,1 | 1217,1 | 1155,7 | 1219,0 | 1124,8 | 1193,2 | 1367,1 | 972,71 |
| Mín= | 690,74 | 743,35 | 689,70 | 814,33 | 717,59 | 890,98 | 680,03 | 791,86 | 709,03 | 730,85 |
| N= | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 |

varianza, a un nivel de probabilidad de 95 %, arroja que existe diferencias significativas.

Tomando en consideración para las propiedades físicas la clasificación en clases y categorías según Ninin (1987), la densidad seca al aire con un valor promedio de 0,631 g/cm³ al 12 % de contenido de humedad califica en la clase II, es decir en la categoría baja. Las contracciones desde la condición de humedad verde a seca al aire cuyos valores promedios fueron: contracción radial 0,743 %, contracción tangencial 1,552 %, y contracción volumétrica 2,418 %, califican en la clase I, es decir en la categoría

muy baja. En el caso de las contracciones desde la condición de humedad verde a seca al horno los valores promedios para las contracciones radiales con un valor promedio de 2,486 %, contracción tangencial con un valor promedio 3,378 %, y la contracción volumétrica con un valor promedio 0,180 %, califican en la clase I, es decir en la categoría muy baja. En la relación T/R en las condiciones de humedad desde verde a seca al aire con un valor promedio de 2,203 y en condición de humedad desde verde a seca al horno con un valor promedio de 1,451 para ambas condiciones califica en la clase II, es decir en la categoría baja.

Cuadro 6. Resistencia a la compresión paralela (kg/cm²) para la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

| Propiedad | Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
|---|---|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 274,69 | 234,56 | 276,90 | 320,38 | 253,30 | 442,15 | 405,28 | 449,66 | 481,76 | 426,89 |
| S.D.= | 44,23 | 61,69 | 36,82 | 69,30 | 57,04 | 99,57 | 78,69 | 47,75 | 64,22 | 107,13 |
| C.V.%= | 16,10 | 26,30 | 13,29 | 21,63 | 22,51 | 22,52 | 19,41 | 10,62 | 13,33 | 25,09 |
| Máx= | 342,65 | 354,40 | 332,29 | 432,30 | 340,86 | 640,44 | 547,06 | 522,75 | 574,54 | 642,36 |
| Mín= | 212,21 | 149,53 | 207,21 | 213,98 | 187,23 | 294,65 | 307,45 | 392,52 | 389,25 | 316,16 |
| N= | 10 | 8 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 | 8 | 10 |
| Propiedad | Resistencia máxima (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 346,79 | 344,17 | 351,67 | 420,71 | 327,26 | 549,29 | 481,37 | 542,10 | 589,46 | 501,83 |
| S.D.= | 39,12 | 29,16 | 37,58 | 72,15 | 71,51 | 85,48 | 104,15 | 60,11 | 60,99 | 120,14 |
| C.V.%= | 11,28 | 8,47 | 10,68 | 17,14 | 21,85 | 15,15 | 21,63 | 11,08 | 10,34 | 23,94 |
| Máx= | 396,65 | 374,80 | 404,52 | 524,94 | 340,86 | 752,93 | 677,06 | 642,87 | 678,38 | 783,09 |
| Mín= | 272,84 | 279,30 | 296,15 | 328,61 | 187,61 | 418,90 | 365,51 | 433,28 | 519,93 | 380,41 |
| N= | 10 | 8 | 8 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 | 8 | 10 |
| Propiedad | Módulo de elasticidad (kg/cm ²) (*) 1000 | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 330,95 | 268,15 | 330,93 | 382,36 | 323,98 | 476,79 | 414,21 | 482,81 | 439,65 | 436,65 |
| S.D.= | 62,41 | 84,44 | 55,23 | 93,54 | 98,58 | 128,45 | 86,04 | 52,03 | 95,17 | 82,25 |
| C.V.%= | 18,85 | 31,49 | 15,66 | 24,46 | 30,42 | 26,94 | 20,77 | 10,77 | 21,64 | 18,84 |
| Máx= | 415,02 | 371,31 | 418,07 | 502,79 | 453,41 | 761,34 | 578,29 | 601,29 | 617,91 | 587,75 |
| Mín= | 184,87 | 141,81 | 251,52 | 203,50 | 190,32 | 299,50 | 280,93 | 434,97 | 293,66 | 346,37 |
| N= | 10 | 8 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 9 | 8 | 10 |
| Resistencia a la compresión perpendicular (kg/cm ²) | | | | | | | | | | |
| Propiedad | Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 91,12 | 53,06 | 91,44 | 120,70 | 107,70 | 104,81 | 94,83 | 103,82 | 147,82 | 115,02 |
| S.D.= | 10,34 | 19,13 | 13,89 | 32,04 | 23,81 | 3,42 | 14,23 | 11,42 | 26,15 | 26,12 |
| C.V.%= | 11,35 | 36,05 | 15,19 | 26,59 | 22,11 | 3,26 | 15,01 | 11,00 | 17,69 | 22,71 |
| Máx= | 106,40 | 94,61 | 127,29 | 171,27 | 156,81 | 109,39 | 125,41 | 120,92 | 176,10 | 154,95 |
| Mín= | 75,33 | 35,30 | 78,56 | 86,21 | 77,92 | 97,40 | 75,74 | 82,41 | 96,72 | 75,73 |
| N= | 9 | 8 | 10 | 8 | 9 | 9 | 10 | 10 | 8 | 9 |

Cuadro 7. Resistencia a la dureza (kg) para la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas.

| Resistencia a la dureza (kg) | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Propiedad | Dureza de extremos (kg) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 600,62 | 514,37 | 518,50 | 700,00 | 628,33 | 667,90 | 516,65 | 536,84 | 778,25 | 675,74 |
| S.D.= | 44,03 | 40,83 | 32,23 | 53,77 | 109,63 | 50,61 | 34,15 | 47,91 | 70,75 | 97,48 |
| C.V.%= | 7,33 | 7,93 | 6,21 | 7,68 | 17,44 | 7,57 | 6,61 | 8,92 | 9,09 | 14,42 |
| Máx= | 660,00 | 565,00 | 565,00 | 750,00 | 725,00 | 727,34 | 556,20 | 660,42 | 887,43 | 787,41 |
| Mín= | 530,00 | 445,00 | 450,00 | 600,00 | 375,00 | 585,58 | 465,69 | 484,25 | 666,94 | 514,35 |
| n= | 8 | 8 | 10 | 7 | 9 | 8 | 8 | 10 | 7 | 9 |
| Resistencia a la dureza (kg) | | | | | | | | | | |
| Propiedad | Dureza de lados (kg) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 553,75 | 470,00 | 532,25 | 725,71 | 598,33 | 554,59 | 546,84 | 562,01 | 735,48 | 611,48 |
| S.D.= | 47,50 | 77,91 | 48,22 | 76,23 | 102,05 | 55,89 | 23,66 | 60,35 | 30,36 | 51,77 |
| C.V.%= | 8,57 | 16,57 | 9,06 | 10,50 | 17,05 | 10,07 | 4,32 | 10,37 | 4,12 | 8,46 |
| Máx= | 632,50 | 582,50 | 587,50 | 797,50 | 722,50 | 663,24 | 594,34 | 707,69 | 779,16 | 682,57 |
| Mín= | 485,00 | 330,00 | 422,50 | 580,00 | 410,00 | 490,71 | 522,04 | 504,22 | 706,49 | 502,74 |
| N= | 8 | 8 | 10 | 7 | 9 | 8 | 8 | 10 | 7 | 9 |
| Resistencia al cizallamiento (kg/cm ²) | | | | | | | | | | |
| Propiedad | Cizallamiento (kg/cm ²) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 82,30 | 85,98 | 91,65 | 104,13 | 102,30 | 107,55 | 91,50 | 100,97 | 118,99 | 115,74 |
| S.D.= | 13,17 | 13,56 | 6,48 | 19,65 | 23,83 | 21,81 | 18,17 | 16,95 | 22,19 | 10,30 |
| C.V.%= | 16,00 | 15,78 | 7,07 | 18,87 | 23,29 | 20,28 | 19,86 | 16,79 | 18,65 | 8,90 |
| Máx= | 108,64 | 109,98 | 97,24 | 126,43 | 135,36 | 148,94 | 118,33 | 130,12 | 144,81 | 131,71 |
| Mín= | 62,53 | 65,90 | 81,34 | 74,31 | 62,33 | 69,21 | 64,71 | 77,70 | 89,40 | 100,50 |
| N= | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 8 | 10 |
| Resistencia a la tenacidad (kg-m) | | | | | | | | | | |
| Propiedad | Tenacidad (kg-m) | | | | | | | | | |
| Condición | Condición de humedad verde | | | | | Condición de humedad seca al aire | | | | |
| Árbol | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 | Árbol N °1 | Árbol N °2 | Árbol N °3 | Árbol N °4 | Árbol N °5 |
| Estadístico | | | | | | | | | | |
| X= | 2,31 | 2,11 | 2,44 | 2,20 | 3,14 | 0,96 | 0,73 | 0,78 | 1,33 | 0,94 |
| S.D.= | 0,63 | 0,60 | 0,89 | 0,86 | 0,85 | 0,23 | 0,19 | 0,25 | 0,59 | 0,34 |
| C.V.%= | 27,86 | 28,17 | 36,80 | 38,41 | 27,86 | 23,98 | 26,05 | 32,22 | 44,89 | 36,95 |
| Máx= | 3,60 | 3,50 | 3,30 | 3,70 | 5,09 | 1,47 | 0,99 | 1,59 | 2,39 | 1,61 |
| Mín= | 0,90 | 1,42 | 0,88 | 0,96 | 1,32 | 0,49 | 0,43 | 0,41 | 0,63 | 0,57 |
| N= | 20 | 18 | 10 | 16 | 16 | 20 | 14 | 14 | 16 | 16 |

Cuadro 8. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas obtenidas en la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas con otros estudios realizados para la especie, proveniente de otras plantaciones.

| Propiedades | Unidades | Teca 20 años | | | |
|---|-----------------------------|--------------|--------|----------|----------|
| | | A | B | C | D |
| Propiedad física | | | | | |
| Densidad seca al aire (12% C.H.) | (gr/cm ³) | 0,6311 | 0,2000 | - | 0,665 |
| Relación T/R (verde a seca al aire) | | 2,203 | - | - | - |
| Propiedades mecánicas | | | | | |
| Resistencia a la flexión (12% C.H.) | E.L.P.(kg/cm ²) | 741,16 | 472,0* | 1154,53+ | - |
| | M.O.R.(kg/cm ²) | 1.025,06 | 891,0* | | 1.305,24 |
| | M.O.E.(kg/cm ²) | 97,76 | 857,0* | | 1.330,00 |
| Resistencia a la compresión paralela(12% C.H.) | E.L.P.(kg/cm ²) | 441,14 | 267,0* | 474,66+ | - |
| | R.M. (kg/cm ²) | 532,81 | 383,0* | | 560,85 |
| | M.O.E.(kg/cm ²) | 450,02 | 340,0* | | - |
| Resistencia a la compresión perpendicular(12% C.H.) | E.L.P.(kg/cm ²) | 113,26 | - | 146,34 | 66,28 |
| Dureza (12% C.H.) | (kg) | 618,58* | - | 408,09+ | 458,87 |
| Cizallamiento (12% C.H.) | (kg/cm ²) | 106,93 | - | - | 112,17 |
| Tenacidad (12% C.H.) | (kg-m) | 0,948 | 2,0* | - | - |

a. Resultados obtenidos en este trabajo ajustados al 12% de C.H. plantación de 20 años, proveniente de la Reserva Forestal Ticoporo, estado Barinas-Venezuela. b. Resultados obtenidos ajustados al 12% de C.H. plantación de 7 años, proveniente de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas-Venezuela, Altuve (1986). c. Resultados obtenidos ajustados al 12 % C.H. plantaciones de 20 años, Manemai Forest Industry Organization in Lampang.Ruksasupaya, Kruesuwanwes y Buranasheep (1995). d. Resultados obtenidos ajustados al 12 % C.H. Lehmmens, (1993) citado por Killmann y Hong (2000). * Valores promedio entre albura y duramen. + No especifica a que parámetro pertenece el ensayo.

En el caso de las propiedades mecánicas evaluadas en la condición de humedad seca al aire al 12 % la resistencia a la flexión estática, el esfuerzo al límite proporcional con un valor promedio de 741,16 kg/cm² califica en la clase III, es decir en la categoría media, el módulo de ruptura con un valor promedio de 1025,06 kg/cm² se ubica en la clase II, es decir en la categoría baja y módulo de elasticidad con un valor promedio de 97,76 kg/cm² clasifica en la clase I, es decir en la categoría muy baja. Para la resistencia a la compresión paralela a la fibra el esfuerzo al límite proporcional con un valor promedio de 441,14 kg/cm² califica a la clase III, es decir en la categoría media, la resistencia máxima con un valor promedio de 532,81 kg/cm² se ubica en la clase II, es decir en la categoría baja, y el módulo de elasticidad con un valor promedio de 45,00 kg/cm² se califica en la clase I, es decir en la categoría muy baja. La propiedad mecánica de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra con un valor promedio 113,26 kg/cm² califica en la clase IV, es decir categoría alta. Para

la resistencia a la dureza de lados con valor promedio de 602,08 kg y 635,07 kg en dureza de extremos califican en la clase III, es decir en categoría media, y en la clase II, es decir en la categoría baja respectivamente. En relación con la resistencia al cizallamiento con un valor promedio 106,93 kg/cm², la misma corresponde a la clase II, es decir categoría baja y finalmente la resistencia a la tenacidad con un valor promedio 0,948 kg-m califica en la clase I, es decir en la categoría muy baja.

En cuadro 8, donde se comparan las propiedades físicas y mecánicas obtenidas en la especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad, proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, con otros estudios realizados para la especie *Tectona grandis*, de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en la especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad, en la propiedad física de densidad seca al aire al 12 % de contenido de humedad y por ser esta la condición de humedad a la que es sometida normalmente a

uso la madera y en función a la clasificación según Ninin (1987), se concluye que la densidad es baja según el valor promedio de $0,631 \text{ g/cm}^3$ obtenida de los cinco árboles estudiados. Para la relación T/R desde verde a seca al aire cuyo valor promedio resulto ser de 2,203 nos indica que la especie *Tectona grandis* presenta una baja estabilidad dimensional por lo que se recomienda durante el proceso de secado realizarlo con un horario de secado lento.

En atención al análisis de los resultados en las propiedades mecánicas y de acuerdo a los valores promedios obtenidos para los cinco árboles estudiados en condición de humedad seca al aire al 12 %, y considerando la clasificación de Ninin (1987), se tiene que: la resistencia a la flexión en el esfuerzo al límite proporcional, al módulo de ruptura y módulo de elasticidad presentaron valores promedio de 741,16; 1.025,06; 97,76 kg/cm^2 respectivamente, así como la compresión paralela a la fibra, en el esfuerzo al límite proporcional, a la máxima resistencia y al módulo de elasticidad presentaron valores promedios de 441,14; 532,81 y 45,00 kg/cm^2 respectivamente. Dichos valores permiten concluir que la especie *Tectona grandis* presenta una resistencia de media a muy baja en la resistencia a la flexión y a la compresión paralela a la fibra. La resistencia a la compresión perpendicular a la fibra es alta con un valor promedio de 113,26 kg/cm^2 , la resistencia a la dureza de lado se considera media con un valor promedio de 602,08 kg y la dureza de extremos se considera baja con un valor promedio de 635,00 kg. La resistencia al cizallamiento es baja con un valor promedio de 106,93 kg/cm^2 y finalmente la resistencia a la tenacidad se considera muy baja con un valor promedio de 0,948 kg-m.

En atención a los resultados obtenidos en el presente estudio de las propiedades físicas y mecánicas así como también al comparar estos resultados con otros estudios, realizados para la misma especie y con edades similares se concluye que los valores obtenidos están muy cerca y en algunos casos superan los establecidos por otros estudios. Lo que ratifica que los usos a la cual ha sido sometida dicha especie en los actuales momentos en nuestro país son mas que acertados y por consiguiente se puede ampliar su campo de utilización.

CONCLUSIONES

1. La especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad provenientes de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, en las propiedades físicas presento un valor promedio de densidad al 12 % de contenido de humedad de $0,631 \text{ g/cm}^3$ y una relación T/R de 2,203 se concluye según clasificación Ninin (1987), que al densidad se ubica en la clase II, es decir en la categoría baja. Así como también por presentar un valor alto de T/R el mismo es indicativo de que la especie es de baja estabilidad dimensional.
2. El estudio de las propiedades mecánicas al 12 % de contenido de humedad presento valores promedio para la resistencia a la flexión en el esfuerzo al limite proporcional, al módulo de ruptura y al módulo de elasticidad de 741,16; 1025,06; 97,76 kg/cm^2 respectivamente; para la resistencia a la compresión paralela a la fibra se obtuvieron los siguientes resultados en esfuerzo al límite proporcional, a la máxima resistencia y módulo de elasticidad de 441,14; 532,81 y 45,00 kg/cm^2 respectivamente. Se concluye de acuerdo a estos resultados y utilizando para su ubicación la clasificación de Ninin (1997), que la especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad presenta un resistencia a la flexión y a la compresión paralela a la fibra de media a muy baja.
3. De acuerdo a los valores obtenidos en las resistencia mecánicas a la compresión perpendicular a la fibra (113,26 kg/cm^2), resistencia a la dureza de lado (602,08 kg) y de extremos (635,07 kg). Se concluye según clasificación de Ninin (1987) que la especie presenta una alta resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, resistencia media a la dureza de lado y baja en los extremos. Así como también presentan una baja resistencia al cizallamiento (106,93 kg/cm^2) y muy baja resistencia a la tenacidad (0,948 kg-m).
4. En la especie *Tectona grandis* de 20 años de edad, al realizar el análisis de varianza a un nivel de probabilidades de 95 % entre los cinco árboles estudiados en las propiedades físicas, se determino que existen diferencias significativas en los valores promedio de densidad en condiciones de humedad verde, seca al aire y seca al horno en las contracciones (radiales, tangenciales y volumétricas) desde la condición de hume-

dad verde a seca al aire y desde verde a seca al horno, así como también que existen diferencias significativas en el peso específico básico. Las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión perpendicular a la fibra, la resistencia a la dureza de lado y en los extremos y la resistencia a la tenacidad radial y tangencial en la condición de humedad verde y seca al aire igualmente presentaron diferencias significativas, en relación a la resistencia a la flexión estática, la resistencia a la compresión paralela a la fibra y la resistencia al cizallamiento en condición de humedad verde y seca al aire se determinó que no existen diferencias significativas en los valores promedios de los cinco árboles evaluados. Se infiere que estas diferencias son producto de la relación directa con las características anatómicas de la madera en dicha especie.

5. La especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad proveniente de la Reserva Forestal de Ticoporo, Venezuela presentan valores promedios mayores en las propiedades físicas de densidad y en las propiedades mecánicas de resistencia a la flexión y resistencia a la compresión paralela a la fibra al 12 % de contenido de humedad, al ser comparados con otros estudios para la misma zona de plantaciones de 7 años de edad, el valor promedio de resistencia a la tenacidad es menor de donde se concluye que la edad de las plantaciones es un factor determinante e influye en las propiedades físicas y mecánicas de la madera.
6. De acuerdo a los resultados obtenidos en las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Tectona grandis*, de 20 años de edad proveniente de las plantaciones de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, estado Barinas, se concluye que dicha especie es promisoriosa y puede ser utilizada en los siguientes usos: entre otros para la construcción de viviendas tanto en forma rolliza, como modular, en puertas, ventanas, parquet, cerramiento, chapilla, machihembrado, vigas estructurales, carpintería en general, ebanistería, puertas, ventanas, mesas, sillas, elementos para muelles, bohíos, embarcaciones marinas (quillas), elementos torneados, adornos, materos, artesanía, marquetería, bases para trofeos y placas, las cuales han sido experimentadas en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales y promocionados a nivel regional y nacional.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el estudio genético y silvicultural. Para continuar con un plan nacional de reforestación de la especie *Tectona grandis* en vista de la gran importancia que tiene dicha especie en el mercado nacional y mundial.
2. Se recomienda realizar estudios anatómicos de la madera de la especie *Tectona grandis* que permita correlacionarlas con las propiedades físicas y mecánicas.
3. Se recomienda realizar estudios de la calidad de sitio para la toma de decisiones en próximos programas de reforestación y paralelamente realizar estudios que conlleven a determinar si existe una relación entre las características anatómicas y propiedades físicas - mecánicas con la calidad de sitio.
4. Para lograr un mejor aprovechamiento en el proceso de utilización de la especie *Tectona grandis* debido a que en los actuales momentos la misma tienen un alto grado de aceptación, comercialización y utilización en el país. Se recomienda la elaboración de una cartilla sobre los aspectos tecnológico de dicha especies.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEHAGEL, I. 1999. État des Plantations de Teka (*Tectona grandis* L.f.) Dans le Monde. Bois et Forest des Tropiques 262: 6-18.
- BHARTRI, R.; SEKHAR, A.; RAWAL, M. 1960. Comparative Studies on Natural and Plantation Teak. Forests Research Institute, Dehra Dun. Indian Forest Bulletin N° 227.
- BHAT, K., K. BHAT & T. DHAMODARAN. 1989. Fiber Length Variation in Stem and Branches of Eleven Tropical Hardwoods. IAWA Bull.n.s. 10:63-70.
- CHUDNOFF, M. 1984. Tropical Timbers of the World. Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin.
- DIAZ, J. 1976. Monografía sobre la especie *Tectona grandis*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.
- HAYGREEN, J.; Bowyer, J. 1994. Forest Products and Wood Science An Introduction. Second Edition. Iowa State University Press. United State of America.
- HOHEISEL, H. 1968. Estipulaciones para los Ensayos de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela.

- KILLMANN, W.Y HONG, L. 2000. El caucho, el Éxito de un Producto Agrícola. *Unasylva* (201) Vol. 51: 66-72.
- LONGWOOD, F. 1971. Present and Potential Commercial Timbers of the Caribbean with special reference to: The West Indies, the Guianas an British Honduras, Agriculture Handbook N° 207.US. Department of Agriculture.
- LOURDES, A. 1986. Estudio Tecnológico Exploratorio y Promocional de la Teca de Aclareos. Cuaderno Comodato ULA – MARNR. N° 11. Mérida, Venezuela.
- LUZT, J. 1972. Wood and Logs Characteristics Affecting Veneer Production U.S. Forest Products Laboratory. Madison Wisconsin.
- NININ, P. 1997. Calidad de Trozas y Madera de Teca de Diferentes Densidades Arbóreas, Provenientes de la Unidad Experimental de la Reserva Forestal de Ticoporo, Bum – Bum, Estado Barinas. Universidad de Los Andes Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.
- NININ, P. 1987. Programa Promoción Industrial. Uso de Maderas de Pequeñas Dimensiones. Ministerio del Ambiente de Recursos Natural. Maturín, Venezuela.
- NOBUCHI, T., JANMAHASATIEN, S. & SAKAI, M. 2000. Seasonal Changes of Wood Formation and Some Characteristics of Heartwood Formation in Teak. (*Tectona grandis* L.) [en línea]. Dirección URL: < <http://www.rdi.ku.ac.th/wood.html> >. [Consulta: 23 enero 2003].
- NOTIVOL, E.; GIL, L.; PARDOS, J. 1992. Una Metodología para la Estimación de la Densidad de la Madera de Árboles en Pie y de su Grado de Variabilidad en *Pinus pinastre* Ait. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales. Vol. 1 (1): 41- 49.
- RUKASUPAYA, B., KRUESUWANWES, S. y BURANASHEEP, S. 1995. Mechanical Properties of Teak Wood (*Tectona grandis* linn.f)From Plantación Grown Logs [en línea]. Dirección URL: < www.library.kmitnb.ac.th/proyectoslind/FDT/fd0001ehtml >.[Consulta: 23 enero 2003].
- NOBUCHI, T., SIRIRAT,J, SAKAI, M. 2000. Seasoned Changes of Wood Formation and Some Characteristics of Heartwood Formation in Teak (*Tectona grandis*) Plantation [en línea]. Dirección URL: < www.rdi.ku.ac.th/wood.html >.[Consulta: 23 enero 2003].
- SAM, W., MILLER, R., GANGSTAD, J. 2000. Characteristics of ten Tropical Hardwoods From Certified Forests in Bolivia Part I Weathering Characteristics and Dimensional Change [en línea]. Dirección URL: <www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2001/willi01d.pdf>.[Consulta: 23 enero 2003].
- TADASSHI, N; SIRIRAT,J; SAKAI, M. S/F. Seasond Changes of Wood Formation and Some Characteristcs of Heartwood Formation in Teak (*Tectona grandis*) Plantation.
- WANGAARD, F.; MUSCHLER, A. 1952. Properties and Uses of Tropical Woods III. Yale University, School of Forestry. Number 98.
- ZOBEL,B. & TALBERT, J. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons. New York.