

NOTA TÉCNICA

Propiedades físicas de la madera de *Pinus taeda* en el Distrito de Pedro Juan Caballero, Paraguay

Physical properties of the Pinus taeda wood of the Pedro Juan Caballero District, Paraguay

Vega Britez G. D.¹; L. P. Elias Dacosta²; J. A. Velázquez Duarte¹; N. D. Lesmo Duarte¹ y M. A. Agüero Ferreira¹

Recibido en mayo de 2018; aceptado en marzo de 2019

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue determinar las propiedades físicas de la madera *Pinus taeda* L., en el Distrito de Pedro Juan Caballero, Paraguay. Para tal efecto fueron apeados de forma aleatoria seis árboles de pino de 25 años de edad en un rodal de 3,5 hectáreas. De acuerdo a la norma COPANT (458, 460, 461, 462), de cada árbol fueron retirados discos de 5 cm de espesor a tres alturas (sección inferior, medio y superior). De cada disco de madera se extrajeron cuartones para determinar la densidad básica y probetas para determinar el contenido de humedad y la variabilidad dimensional: contracciones tangencial, radial, longitudinal, y volumétrica. La densidad básica no varió entre las secciones inferior, media y superior, presentando valores promedios de 0,626, 0,625 y 0,630 g/cm⁻³, y el contenido de humedad promedio resultó en 70,3 %. Los valores de contracción tangencial, radial, longitudinal y volumétrica fueron de 6,41 %, 5,99 %, 0,51 % y 12,5 %, respectivamente. De acuerdo a los resultados obtenidos de densidad básica de *Pinus taeda* L. de 25 años, la misma se clasifica como madera pesada, de buena trabajabilidad, ideal para uso estructural.

Palabras clave: densidad básica, humedad, contracción.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the physical properties of the wood of *Pinus taeda* L. of the Pedro Juan Caballero District, Paraguay. For this purpose, six 25-year-old pine trees were randomly selected in a 3.5 hectare stand. According to the 458, 460, 461 and 462 COPANT standards, 5 cm thick discs were removed at three different heights (lower, middle and upper section) from each tree. From them, scantlings were extracted to determine basic density, moisture content and dimensional variability, i.e. tangential, radial, longitudinal and volumetric contractions. The former did not vary among the lower, middle and upper sections showing mean values of 0.626, 0.625 and 0.630 g/cm⁻³; the mean moisture content was of 70.3 %. The values for their tangential, radial, longitudinal and volumetric contractions were 6.41 %, 5.99 %, 0.51 % and 12.5 % respectively. According to the results obtained for the basic density of the 25-year-old *Pinus taeda* L., it is classified as a heavy, highly workable ideal for structural use.

Key words: basic density, moisture, contractions.

¹ Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica, Pedro Juan Caballero, Paraguay. E-mail: gda_vega@hotmail.com

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Forestal, San Lorenzo, Paraguay.

1. INTRODUCCIÓN

El *Pinus taeda* Lambert es oriundo de las planicies adyacentes al Golfo de México y de la costa Atlántica al sureste de Estados Unidos; en general crece hasta una altitud de 800 m. Se trata de una de las especies madereras más importante de los Estados Unidos con más de 10 millones de hectáreas plantadas en el sureste (Vázquez-Cuecuecha *et al.*, 2015).

La madera de esta especie es un recurso renovable con infinidad de usos, indicada para construcción civil, muebles, durmientes, cajas y apta para arborización de parques y jardines. Además, de acuerdo a Priadi y Hiziroglu (2013), presenta propiedades que son adecuadas para la fabricación de papel. Con la creciente utilización de la madera en la industria, el estudio de sus propiedades físicas pasó a ser imprescindible para su procesamiento y uso (Palmer *et al.*, 2013). Sus propiedades físicas y mecánicas la hace uno de los materiales estructurales, combustibles y celulósicos más importante. La densidad básica es uno de los índices más útiles que caracterizan a las maderas desde el punto de vista tecnológico, debido a la alta correlación que posee en la producción de pulpas y además con las propiedades mecánicas de las tablas (Weber, 2005), al tiempo que reflejan todos los factores ambientales y genéticos que operan sobre un árbol en el transcurso de su vida (Winck *et al.*, 2015).

La densidad de la madera ha sido ampliamente utilizada como factor de predicción del uso final, indica el valor y la utilidad de la misma, y está altamente correlacionada con otras propiedades como la resistencia mecánica, la rigidez, la conductividad térmica y el calor específico (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 2010).

Se considera a la densidad de la madera una propiedad primaria debido a su fuerte correlación con la rigidez del tallo (Palmer *et al.*, 2013), donde ésta es influenciada por la edad de los árboles, siendo los más viejos los que presentan mayores densidades (Weber, 2005), gran variación entre árboles de la misma especie (Gutiérrez-Vázquez *et al.*, 2010), variación desde la médula hacia la corteza (Goche *et al.*, 2011) diferencias entre los componentes de albura, duramen y altura relativa del fuste (Silva-Arredondo y Návar-Cháidez, 2012), también se ve influenciada por las variables climáticas (Ivković *et al.*, 2013), por la densidad poblacional (Von Wallis *et al.*, 2007), por prácticas silvícolas como el raleo (Winck *et al.*, 2015), alta correlación con la largura de las traqueídas (Sousa *et al.*, 2007), sin embargo no varían entre los sitios donde se originan naturalmente (Vázquez-Cuecuecha *et al.*, 2015). Mientras, Martiarena *et al.* (2014) no constataron efecto de diferentes intensidad de raleo en la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L.

Sousa *et al.*, (2007) indicaron que la edad del árbol influye directamente en las propiedades que son diferenciadas en la posición radial de la madera de *Pinus taeda* L. existiendo una correlación positiva alta entre la densidad básica y la largura de las traqueidas, por ende, el conocimiento de los factores que influyen en la calidad de la madera, es trascendente para mejorar la utilidad de la misma (Cardoso *et al.*, 2013). Plantaciones arbóreas de especies exóticas como el pino viene siendo impulsado en el país, en vista de esta situación, en la presente investigación, se plantea como objetivo determinar las propiedades físicas de la madera en una población de *Pinus taeda* L. en el Distrito de Pedro Juan Caballero, norte de Paraguay.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La plantación de *Pinus taeda* L., se encuentra ubicada en la Colonia Raúl Ocampos Rojas, Distrito de Pedro Juan Caballero, Departamento de Amambay, norte de Paraguay. Según la sub división climática de Koeppen en base al índice hídrico, el clima corresponde al tipo aw (Tropical, con invierno seco) con temperatura media anual de 23 °C con precipitación media anual entre 1.450 mm y 1.700 mm (DINAC/DMH, 2016). El suelo corresponde a la clasificación Latosol Rojo (Clasificación Brasileña), la textura es franco arcillosa, con derivado basáltico (EMBRAPA, 2000). El análisis de las propiedades físicas de la madera fue realizado en el laboratorio de Suelos y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, Filial Pedro Juan Caballero.

Material de investigación. El material estudiado fue obtenido de una plantación homogénea de 3,5 ha (15.000 m²), cuya edad al momento del estudio era de 25 años, con una densidad de plantación de 3 m x 3 m (9 m²). Fueron seleccionadas de forma aleatoria dos (2) áreas de 450 m² cada una, apeando tres (3) árboles de cada parcela, totalizando seis (6) árboles. Fueron mensuradas las variables dendrométricas de la especie: DAP (diámetro a la altura del pecho) en cm, altura total (m), volumen (m³) y las propiedades físicas: densidad básica, contracciones tangencial, radial, y longitudinal.

Actividades de campo. El troceo y seccionado por rollo fue realizado a partir del primer corte a 1,30 m del suelo (DAP). Las secciones superiores fueron divididas en tres partes iguales (inferior, media y superior). De los extremos inferiores de cada sección fueron extraídos discos de 5 cm, de espesor, siendo libres de todo tipo de defectos. Todos los discos de 5 cm, fueron sometidos a un proceso de reaserrado en sentido transversal, a fin de obtener discos de 5 cm de espesor (Figura 1). Estos fueron nuevamente codificados y divididos en cuartones, eliminando piezas que presentaban defectos, esto para determinar la densidad básica. A cada cuartón se le asignó códigos, luego se procedió a eliminar la corteza y nuevamente fueron colocados en bolsas de plástico herméticamente selladas, para su posterior traslado al laboratorio (COPANT 458, 1972).

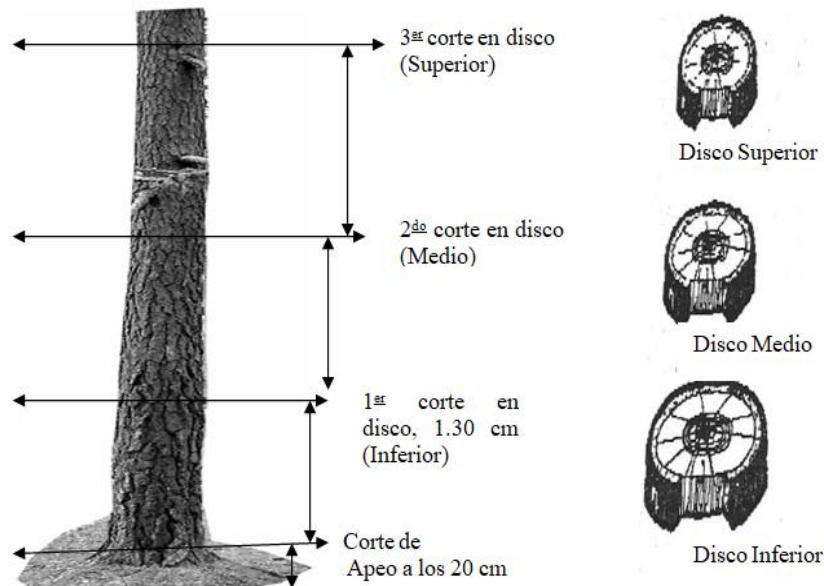


Figura 1. Ubicación de los cortes para la extracción de los discos

La elaboración de las probetas para determinar el contenido de humedad, y la variación dimensional fue en aserradero y carpintería. El sellado de las probetas fue realizado en los extremos de las mismas con pintura en spray y puestas en bolsas plásticas herméticamente selladas previo etiquetado y codificado de las mismas. *Determinación del contenido de humedad (CH)*. El ensayo del contenido de humedad (CH) se realizó de acuerdo a la norma COPANT 460 (1972), la dimensión de la probeta utilizada fue de 3,7 cm x 3,7 cm x 2,5 cm. Fueron seleccionadas, al azar, 60 probetas. Las mismas fueron pesadas con una balanza de precisión para obtención del peso húmedo y posteriormente colocadas en una estufa a temperatura de 103 ± 2 °C hasta obtener el peso constante. Posteriormente, las probetas fueron pesadas en estado seco y el contenido de humedad de las mismas fue calculado mediante la siguiente fórmula:

$$CH(\%) = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100 \quad [3]$$

Donde:

CH (%) = contenido de humedad

Ph = peso húmedo (g)

Ps = peso seco (g)

Determinación del volumen. La determinación de volumen de probetas en estado verde (V_h) fue realizado de forma directa, empleando el principio de Arquímedes, basado en la cantidad de agua desplazada, fijando por diferencia de peso en forma directa el volumen de cada muestra.

Las probetas (cuartones) fueron sometidas a un proceso de secado en estufa, iniciando con temperatura suave de 40 °C para terminar con temperatura de 103 ± 2 °C, de acuerdo a lo indicado por la norma COPANT 461 (1972). Esta condición se mantuvo hasta que las probetas llegaran a un peso constante después de varias pesadas consecutivas.

Determinación de la Densidad Básica de las probetas. Para la determinación de la densidad básica las muestras se colocaron en agua hasta su saturación para obtener su volumen húmedo o volumen en estado verde, luego se secaron durante 24 horas a temperatura ambiente, y se colocaron en una estufa de secado con temperaturas de 103 °C hasta obtener su peso anhidro. Entre el momento de extracción de la estufa y del pesado se colocaron en una campana de desecación con gel de sílice para evitar que adquieran humedad del ambiente. Con las variables de volumen saturado, o volumen en estado verde y peso anhidro se calculó la densidad para cada muestra, utilizando la fórmula del máximo contenido de humedad de acuerdo a Smith, (1954).

$$P_e = \frac{P_0}{V_h} \quad [4]$$

Donde:

P_e = Densidad básica (g/cm^3)

P_0 = Peso anhidro de la muestra (g)

V_h = Volumen en estado verde de la muestra (cm^3)

Ensayos de contracción. El ensayo de contracción comprendió: la determinación de la contracción tangencial, contracción radial y contracción longitudinal, desde el estado verde al 0 % de CH. La dimensión de las probetas fue de 5 cm x 5 cm x 10 cm, totalizando un número de 60 siendo las mismas etiquetadas (COPANT 462, 1972). Las probetas fueron medidas con paquímetro para determinar sus dimensiones atendiendo a los cortes tangencial, radial y longitudinal (Figura 2).

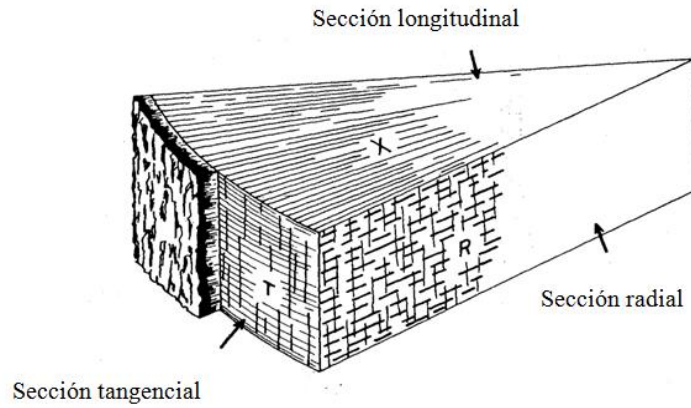


Figura 2. Planos de corte en la madera

Para determinar las contracciones tangenciales, radiales, longitudinal y volumétrica fueron utilizadas las siguientes ecuaciones:

Contracción tangencial total.

$$C_{nt} = \frac{d_{vt} - d_{st}}{d_{vt}} \times 100 \quad [5]$$

Donde:

- C_{nt} = Contracción tangencial del estado verde a 0 % de CH.
- d_{vt} = Dimensión tangencial de la probeta en verde
- d_{st} = Dimensión tangencial de la probeta seca al 0 % de CH

Contracción radial total.

$$C_{nr} = \frac{d_{vr} - d_{sr}}{d_{vr}} \times 100 \quad [6]$$

Donde:

- C_{nr} = Contracción radial del estado verde al 0 % CH
- d_{vr} = Dimensión radial de la probeta en estado verde
- d_{sr} = Dimensión radial de la probeta seca al 0 % de CH

Contracción longitudinal total.

$$C_{nl} = \frac{d_{vl} - d_{sl}}{d_{vl}} \times 100 \quad [7]$$

Donde:

- C_{nl} = Contracción longitudinal, del estado Verde al 0 % CH
- d_{vl} = Dimensión longitudinal de la probeta en estado verde
- d_{sl} = Dimensión longitudinal de la probeta seca al 0 % de CH

Contracción volumétrica total.

$$C_{nv} = C_{nt} + C_{nr} + C_{nl} \text{ [8]}$$

Donde:

C_{vt} = Contracción volumétrica total, del estado verde al 0% de CH.

C_{tt} = Contracción tangencial total

C_{rt} = Contracción radial total

C_{lt} = Contracción longitudinal total

Análisis estadístico. Posterior a la obtención de los datos, los mismos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA), y los valores promedios fueron comparados por el Test de Tukey al 1 % de probabilidad (SAS, 2002).

3. RESULTADOS

Las variables dendrométricas de la especie *Pinus taeda* L., presenta un DAP medio de 22 cm, y una altura media de 15,4 m.

Los valores de contenido de humedad para *Pinus taeda* L., presentan un valor promedio de 70,3 % de CH para el conjunto de los árboles, así mismo, existe diferencia significativa entre los tratamientos (entre árboles) ($P < 0,01$) por el Test de Tukey (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de humedad (%) por árbol de la especie *Pinus taeda* L.

Árbol	CH (%)
1	93,1 a
2	76,8 b
3	69,1 c
4	67,5 c
5	61,3 d
6	54,3 d
Promedio	70,3

Valores promedios seguidas de letras iguales, no difieren entre sí por el Test de Tukey a $P < 0,01$. Diferencia Mínima Significativa (DMS): 7,31

Los valores promedio de la densidad básica para *Pinus taeda* L., están registrados en la Tabla 1. El promedio fue de 0,62 g/cm³, así mismo se observa valores de densidad básica detallada por sección para los seis árboles evaluados. El valor promedio de densidad para la sección inferior fue de 0,63 g/cm³, para la sección media fue de 0,62 g/cm³ y para la sección superior de 0,63 g/cm³. Entre secciones (inferior, media y superior) no presentan diferencias estadísticamente ($P > 0,01$) significativas entre sí. En este caso la densidad básica es igual en la base del árbol (1,30 cm), la parte media y no varía con la altura.

Tabla 2. Densidad básica (g/cm^3) por árbol y sección de la especie *Pinus taeda* L.

Árbol	Sección			Promedio
	Inferior	Media	Superior	
1	0,64	0,78	0,67	0,69a
2	0,67	0,59	0,55	0,60a
3	0,58	0,61	0,69	0,62a
4	0,58	0,57	0,67	0,60a
5	0,63	0,62	0,65	0,63a
6	0,66	0,58	0,55	0,59a
Promedio	0,63a	0,62a	0,63a	0,62

Valores promedios seguidas de letras iguales, no difieren entre sí por el Test de Tukey a $P > 0,01$. DMS: 0,08

Los valores promedio de contracción para la especie *Pinus taeda* L., fueron de 6,41 % ($P < 0,01$) en la cara tangencial 5,59 % ($P < 0,01$), en la cara radial, 0,51 % ($P < 0,01$) en la cara longitudinal y para la contracción volumétrica 12,51 % ($P < 0,01$) como se aprecia en la Tabla 3.

Existe variación entre árboles para las contracciones tangenciales, radiales, longitudinales y volumétricas. La mayor variación se presenta en la cara tangencial, seguidamente de la contracción radial y longitudinal.

Tabla 3. Contracción tangencial total, radial total, longitudinal total y volumétrica total (%) para la especie *Pinus taeda* L.

Árbol	Contracción (%)			
	Ctt	Crt	Clt	Cvt
1	5,15b	4,21b	0,55b	9,91b
2	6,33a	5,13a	0,91a	12,37a
3	7,20a	6,83a	0,38b	14,40a
4	6,60a	6,08a	0,34b	13,01a
5	6,47a	6,03a	0,42b	12,92a
6	6,72a	5,26a	0,48b	12,46a
Promedio	6,41	5,59	0,51	12,51

Ctt= contracción tangencial en porcentaje; Crt= contracción radial en porcentaje; Clt= contracción longitudinal en porcentaje; Cvt= contracción volumétrica en porcentaje.

Valores promedios seguidas de letras iguales, no difieren entre sí por el Test de Tukey a $P < 0,01$. DSM= 2,009; 2,07; 0,28; 3,15 respectivamente.

4. DISCUSIÓN

El contenido de humedad difiere entre árboles (Tabla 1). Los valores promedios de densidad básica (Tabla 2) de árboles con edad de 25 años comparados con los de Weber, (2005) son superiores a las plantaciones con 16, 9 y 6 años de edad cuyos valores presentados son $0,42 \text{ g/cm}^3$, $0,34 \text{ g/cm}^3$ y $0,35 \text{ g/cm}^3$, es decir, a más edad, mayor la densidad, de acuerdo a densidad obtenida, la madera puede considerarse como pesada. Valores inferiores también fueron presentados por Martiarena *et al.*, (2014) al evaluar tres intensidades de raleo de *P. taeda* (0,33 y 66 % del área basal del testigo sin raleo), los valores fueron de $0,40 \text{ g/cm}^3$, $0,41 \text{ g/cm}^3$ y $0,42 \text{ g/cm}^3$ para los tratamientos, así mismo, afirman que no existe una correlación entre diámetro y densidad, demostrando que la intensidad del raleo puede ser manejada para maximizar la producción, manteniendo idéntica la calidad de la madera para la industria.

Silva-Arredondo y Návar-Cháidez, (2012) registraron valores promedios de densidad básica inferior, con promedio de $0,47 \text{ g/cm}^3$, mínimo de $0,35 \text{ g/cm}^3$ y máximo de $0,59 \text{ g/cm}^3$, madera que se encuadra en medianamente pesada.

Este aumento significativo de la densidad probablemente es debido a la edad ya que la largura de la traqueída aumenta en función de la edad según Sousa *et al.* (2007), esto puede ser explicado por el aumento proporcional de la largura de las traqueídas, es decir, del aumento de la proporción de madera adulta en relación a la madera juvenil. Estos autores encontraron diferencias de densidad básica entre edades de *Pinus taeda* L., de 0,35 g/cm⁻³ (9 años), 0,40 g/cm⁻³ (13 años) y 0,46 g/cm⁻³ (20 años). Así mismo, Oliveira *et al.*, (2006) afirman que de acuerdo al aumento de la edad ocurre aumento de la resistencia y de la densidad de la madera.

Von Wallis *et al.*, (2007) analizando la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* L., en Misiones, Argentina, en diferentes alturas, observó que ésta es mayor en la base del árbol y disminuye con la altura con densidades arbóreas de 711 pl/ha⁻¹, 364 pl/ha⁻¹ y 122 pl/ha⁻¹ y con 20 años de edad en el momento del estudio, e indicaron que la densidad de la madera es afectada por la densidad del rodal, cuyos valores resultaron 0,42 g/cm⁻³, 0,43 g/cm⁻³ y 0,44 g/cm⁻³ respectivamente.

Valores de densidad inferiores también fueron registrados por Goche *et al.*, (2011) en *Pinus patula* antes y después de un aclareo en México, donde obtuvieron valores de 0,45 g/cm⁻³ y 0,47 g/cm⁻³, así mismo, Gutiérrez-Vázquez *et al.* (2010) encontraron valores de densidad semejantes a la presente investigación (Tabla 2) al evaluar poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* en México provenientes de tres regiones, donde encontraron variaciones con 0,61 g/cm⁻³, 0,47 g/cm⁻³ y 0,53 g/cm⁻³ evidenciando que en la misma especie existe diferencia de densidad básica cuando provienen de regiones distintas.

Mayor valor de la contracción radial fue registrado (Tabla 3) en relación a los observados por Sousa *et al.* (2007) quienes relatan una variación en la sección radial entre árboles de 9 años, 13 años y 20 años con 2,55 %, 3,11 % y 3,50 % en promedio respectivamente.

Mientras que los valores medios de contracción volumétrica son semejantes a los registrados por Oliveira *et al.* (2006) quienes observaron una contracción de 11,83 % para *Pinus taeda* de 20 años de edad. Estos autores no observaron diferencias estadísticas significativas para la contracción volumétrica entre edades de 9 años, 13 años y 20 años.

Priadi y Hiziroglu, (2013) observaron una contracción de 7,66 %, 4,95 % y 12,61 % para las contracciones tangencial, radial y volumétrica respectivamente en una investigación con tratamiento con calor y su influencia en la estabilidad dimensional de la madera, semejante a los valores observados en la presente investigación.

5. CONCLUSIONES

El contenido de humedad promedio para la especie *Pinus taeda* L., fue de 70,3 %, la densidad básica de la madera: 0,62 g/cm⁻³, sin diferencias entre las secciones evaluadas.

La contracción tangencial, radial, longitudinal y volumétrica caracterizan como madera pesada, apto para aserrado en general.

La madera de *Pinus taeda* L. presentó densidad básica alta, recomendada para uso de alta resistencia y de muy buena trabajabilidad.

AGRADECIMIENTOS:

Al Señor Saburo Sasaki por ceder la plantación para la realización de la investigación, al personal de laboratorio de Suelo y Ordenamiento Territorial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción Filial Pedro Juan Caballero, Paraguay; así mismo al Ing. Agr. Rubén Martínez López y al Lic. Gregorio Armoa, por su invaluable apoyo en el trabajo de campo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cardoso, D. J.; A. E. B. Lacerda; M. A. D. Rosot, *et al.* 2013. Influence of spacing regimes on the development of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in Southern Brazil. *Forest Ecology and Management* 310: 761-769. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.021>.
- COPANT 458. 1972. *Maderas: Selección y colección de muestras*. Comisión Panamericana de Normas Técnicas, Buenos Aires, Argentina.
- COPANT 460. 1972. *Maderas: Método de determinación de la humedad*. Comisión Panamericana de Normas Técnicas, Buenos Aires, Argentina.
- COPANT 461. 1972. *Maderas: Método de determinación del peso específico aparente*. Comisión Panamericana de Normas Técnicas, Buenos Aires, Argentina.
- COPANT 462. 1972. *Maderas: Método de determinación de la contracción*. Comisión Panamericana de Normas Técnicas, Buenos Aires, Argentina.
- DINAC/DMH (Dirección Nacional de Aeronáutica Civil/Dirección de Meteorología e Hidrología) 2016. Boletín Climático Mensual. [en línea] [fecha de consulta: agosto 2016]. Disponible en: http://www.meteorologia.gov.py/adm/uploads/boletin_climatico_nuevo_logo.pdf.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria). 2000. Levantamento detalhado dos solos do campo experimental de Ponta Porã, da Embrapa Agropecuaria Oeste, Município de Ponta Porã. Dourados. MS: CPAO. Doc. 26. 41p.
- Goche, J. R. T.; A. M. Velázquez; A. Borja de la Rosa, *et al.* 2011. Variación radial de la densidad básica en *Pinus patula* Schltdl. et Cham. de tres localidades en Hidalgo. *Rev. Mex. Cien. For.* 2(7):71-78.
- Gutiérrez-Vázquez, B. N.; M. Gómez-Cárdenas; S. Valencia-Manzo, *et al.* 2010. Variación de la densidad de la madera en poblaciones naturales de *Pinus oocarpa* Schiede ex Schl. TDL. del estado de Chiapas, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4):75-78.
- Ivković, M.; W. Gapare; H. Wu; S. Espinoza, *et al.* 2013. Influence of cambial age and climate on ring width and Wood density in *Pinus radiata* families. *Annals of Forest Science* 70: 525-534. DOI: 10.1007/s13595-013-0290-z.
- Martirena R.; E. Crechi; M. Pinazo, *et al.* 2014. Efecto del raleo sobre el crecimiento y la densidad de la madera de *Pinus taeda* implantado en Misiones, Argentina. *Ciência Florestal* 24(3): 655-663.
- Oliveira, F. L.; I. L. Lima; J. N. Garcia, *et al.* 2006. Propriedades da madeira de *Pinus taeda* L. em função da idade e da posição radial na tora. *Rev. Inst. Flor.* 18(1): 59-70.
- Palmer D. J.; M. O. Kimberley; D. J. Cown, *et al.* 2013. Assessing prediction accuracy in a regression kriging surface of *Pinus radiata* outerwood density across New Zealand. *Forest Ecology and Management* 308: 9-16. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.07.024>.
- Priadi T.; S. Hiziroglu. 2013. Characterization of heat treated wood species. *Materials and Design* 49:575-582. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2012.12.067>
- SAS INSTITUTE, 2002. SAS user's guide for windows environment. 9.1.3 ed. Cary: SAS Institute Inc. SAS, 2002.
- Smith M. D. 1954. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small samples. Forest Products Laboratory, Forest Service. U.S. Department of Agriculture. Report No. 2014. Madison WI. E.U.A. 8 p.

- Silva-Arredondo, F. M. y J. J. Návar-Cháidez. 2012. Estimating bole wood specific gravity in trees of temperate forest communities of northern Durango, Mexico. *Madera y Bosques* 18(1): 77-88.
- Sousa, R. C.; É. P. Giovanni; I. L. Lima, *et al.* 2007. Efeito da idade e da posição radial na densidade básica e dimensões dos traqueídeos da madeira de *Pinus taeda* L. *Rev. Inst. Flor.* 19(2): 119-127.
- Vázquez-Cuecuecha, O. G.; E. M. Zamora-Campos; E. García-Gallegos, *et al.* 2015. Specific gravity of wood from two pines and its relation with edaphic properties. *Maderas y Bosques* 21(1): 129-138.
- Von Wallis, A.; R. A. Martiarena; M. A. Pinazo. 2007. *Densidad básica de la madera de Pinus taeda L. Marion en función de la densidad arbórea del rodal, altura y posición transversal en el fuste.* Montecarlo, Ar: INTA. 1 vol.
- Weber, E. M. 2005. Densidad básica de madera de *Pinus taeda* L. Marion de diferentes edades en Misiones, Argentina. *Revista Floresta* 35 (3): 487-494.
- Winck, R. A.; H. E. Fassola; M. C. Área. 2015. Effect of thinning on the anatomical properties of *Pinus taeda* wood. *Maderas. Ciencia y tecnología* 17(2): 391-406. DOI:10.4067/S0718-221X2015005000037.

