

DENSIDAD DE LA MADERA DE *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm DE 21 AÑOS DE EDAD, A DISTINTAS ALTURAS DESDE LA MEDULA A LA CORTEZA; ESTIMACIÓN DEL LÍMITE MADERA JUVENIL-MADURA.

VARIATION OF WOOD DENSITY IN *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm OF 21 YEARS OLD, TO DIFFERENT HEIGHTS FROM THE PITH TO BARK; ESTIMATION OF THE LIMIT JUVENILE-MATURE WOOD.

Fecha de recepción: 29/11/2018 // Fecha de aceptación: 17/12/2018

Mirian Raquel Sackser

Ing. Ftal. de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. (3380) Eldorado, Misiones.
ingmiriansackser@gmail.com

Pablo Amilcar Valdés

Ing. Ftal. de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. (3380) Eldorado, Misiones.
ingpablovaldes@gmail.com

Luis Grance

Alicia Violeta Bohren

Angélica Aguilera

Docentes de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. (3380) Eldorado, Misiones.
lgrance@yahoo.com.ar
aliciabohren@hotmail.com
mangelica713@hotmail.com

Nardia Yani Andrade

Ingeniera Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. (3380) Eldorado, Misiones.
andradenardayani@gmail.com

Julio Grance

Docentes de la Facultad de Ciencias Forestales. UNaM. Bertoni 124. (3380) Eldorado, Misiones.
juliogrance@gmail.com

Yvyrareta
Revista Forestal País de Árboles

RESUMEN

En este estudio se analizó la variación de la densidad básica en sentido axial y radial en la madera de *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm; además se utilizó esta variable para la delimitación de madera juvenil y madura en todos los niveles de altura considerados. Los árboles utilizados provienen de un rodal, perteneciente a la Empresa PAPEL MISIONERO S.A.I.F.C. ubicada en el Departamento Libertador General San Martín, Municipio de Capioví, provincia Misiones, Argentina. Se seleccionaron como material de estudio 5 árboles de los cuales se extrajeron rodela a 5 niveles de altura, 5 % (DAP), 40%, 65%, 75% y 85%. De cada rodela, se obtuvo muestras con grupos de 3 anillos, desde la médula a la corteza. La densidad básica fue determinada siguiendo las especificaciones técnicas indicadas en las Normas IRAM, N° 9544. Se encontraron diferencias significativas de la densidad básica en sentido radial y axial entre los distintos grupos de anillos; mientras que entre árboles, no hubo diferencias significativas. La delimitación entre madera juvenil y madura se realizó mediante el análisis de conglomerados; encontrándose la misma entre los 7- 9 años; promedio de la densidad básica

SUMMARY

An experimental analysis of wood density variation in *Pinus elliottii* var. *elliottii* Engelm in both axial and radial direction was conducted. This variable was also used for delimitation purpose of juvenile and mature wood at different height levels. The wood samples are extracted from a stand belonging to the company PAPEL MISIONERO S.A.I.F.C. Company, located Libertador General San Martín department, Municipality of Capioví Misiones - Argentina. Wood cross sections were collected from five different trees at five different levels of height: 5 % (DBH), 40 %, 65 %, 75 % and 85 %. From each wood cross section, samples were obtained with groups of three rings from pith to bark. The basic density was determined following the technical specifications of IRAM Nbr. 9544. Significant differences were found, in radial direction between different groups of rings, and in axial direction between different heights. While the difference in density characteristics between trees was not significant. The delimitation between juvenile and mature wood was made by cluster analysis, finding the same between 7 - 9 years. Average of the basic density for juvenile wood of 0.393 g/cm³ and for mature wood of

para la madera juvenil de 0,393 g/cm³ y para la madera madura de 0,479 g/cm³.

Palabras claves: Calidad de la madera; variación radial y axial, densidad básica.

0.479 g/cm³.

Key words: Wood quality, radial and axial variation, basic density.

INTRODUCCIÓN

El *Pinus elliottii* (slash pine) crece en forma natural en los suelos bajos, pantanosos de Luisiana, en los llanos de la costa de Carolina del Sur, Georgia y Florida (ALDEN, 1997). En nuestro país las plantaciones de *Pinus elliotti* Engelm var. *elliottii*, junto con el *Pinus taeda* L.; ocupan 835.760 ha, lo que representa el 64,9 % de la superficie total cultivada (1.287.232 ha), (<https://datos.agroindustria.gob.ar>).

El *P. elliottii* se cultiva principalmente en Misiones, Corrientes, Entre Ríos; es utilizada junto con el *P. taeda* como madera de construcción, muebles, producción de tableros y en la industria celulósica (SAGyP, 1999).

Visto que la madera es un producto orgánico natural, presenta las características de un material complejo y variable; se ha comprobado, que las propiedades de las maderas varían según las zonas geográficas y los climas (CORONEL, 1994). La madera presenta una amplia variación de sus características, que cambian individualmente de acuerdo con el género, la especie, la edad, la procedencia, y las condiciones de crecimiento, entre otras. Por ello, existe la necesidad de categorizarla, por sus características físicas ya que tienen una gran influencia en sus propiedades (VÁSQUEZ CORREA y ALCÁNTARA VARA, 2009).

Las propiedades físicas tienen por objetivo el estudio de las características y leyes que rigen los fenómenos en el interior de la madera y que no modifican la estructura íntima de la misma (WEBER, 2005).

Dentro de un mismo árbol, las propiedades de la madera varían considerablemente tanto a lo largo del eje del tronco, como dentro de una misma sección, en sentido radial. En general cuando la densidad de la madera aumenta, también lo hacen sus propiedades de resistencia (BARTH *et al.*, 2012).

La densidad básica también conocida como peso específico de la madera, es la cantidad de material leñoso por unidad de volumen, es considerada como una de las propiedades físicas de mayor importancia, por influir sobre las características tecnológicas de la misma, teniendo relación directa con cada una de las propiedades físicas, mecánicas y químicas de esta (PEREYRA y GELID, 2002; DELMASTRO *et al.*, 1980), sirviendo también en la práctica como referencia para clasificarlas, pudiendo limitar algunos usos (CORONEL, 1994).

La posibilidad de uso de las mismas está determinada en gran medida por sus características tecnológicas, siendo en este sentido la densidad básica una de las propiedades físicas de mayor relevancia para referir su grado de calidad, ya que influye sobre el rendimiento y calidad del producto final (BARTH *et al.*, 2012). De las propiedades físicas, el peso específico, es el que posee mayor relevancia para la producción de celulosa, ya que esta propiedad está en directa relación con los rendimientos esperados por unidad de volumen de materia prima (SAAVEDRA FUENZALIDA, 2004).

La densidad posee además un patrón de variación con la edad y la altura, de tal manera que durante los primeros años el árbol produce madera con anillos de crecimiento anchos, donde hay una mayor proporción de madera temprana de baja densidad, la madera del centro del árbol tiene un peso específico más bajo que la madera ubicada en la periferia de la sección transversal, esto debido principalmente a la presencia de mayor proporción de madera temprana (DÍAZ FÉLIX, 2004); de manera general, la variación del peso específico con la altura del árbol es mayor en la base y va disminuyendo hacia la copa (BARTH *et al.*, 2012, DÍAZ FÉLIX, 2004). La variación es frecuentemente mayor dentro de un mismo árbol que entre los individuos de la misma especie que crecen en condiciones similares (VÁSQUEZCORREA y ALCÁNTARA VARA, 2009).

La determinación de la edad de transición madera juvenil y madura en coníferas reviste cada vez más importancia en la determinación de la calidad de la madera. Características como densidad básica, largo y espesor de fibra, ángulo microfibrilar, proporción lignina y celulosa, son diferentes en estas maderas, y producen cambios en las propiedades fisicomecánicas y de transformación de la madera (ZOBEL y VAN BUIJTENEN, 1989).

Por definición la madera juvenil se ubica en la región cercana a la médula en la que múltiples características varían rápidamente en función de la edad cambial, en contraste con la estabilidad que se alcanza en la zona externa o madura del tronco. (ZOBEL y SPRAGUE, 1998).

Resulta de interés tecnológico la delimitación práctica entre madera juvenil y madura que tiene como inconvenientes la posición variable del límite según la característica considerada y la presencia de una zona de transición entre las dos maderas (ZOBEL y SPRAGUE, 1998).

Debido a que existe un vacío en el conocimiento de las características anatómicas en los pinos de la región, y la edad de transición entre madera juvenil y madura, resulta necesario ampliar los conocimientos existentes sobre las propiedades físicas de la madera de dicha especie, tal como se plantea en el trabajo, el objetivo fue determinar y analizar la variación de la densidad de la madera de *Pinus elliottii* var. *elliottii* en sentido radial desde la médula a la corteza y a diferentes alturas (5 %, 40 %, 65 %, 75 %, 85 % desde la base al ápice), a los efectos de definir la edad de transición de madera juvenil a madura en todos los niveles; a partir de muestras de árboles provenientes de plantaciones cultivados en la región noreste de la Argentina.

La Hipótesis planteada es: existen variaciones en la densidad básica de la madera en sentido radial y a diferentes alturas para árboles de la especie *Pinus elliottii* var. *elliottii* y la densidad básica permitirá estimarla edad de transición de madera juvenil a madura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material utilizado para los ensayos procede de plantaciones de *Pinus elliottii* var. *elliottii* pertenecientes a la Empresa PAPEL MISIONERO S.A.I.F.C. El trabajo se llevó a cabo en forma conjunta entre esta Empresa y la Facultad de Ciencias Forestales de Eldorado en marco del proyecto FONTAR FPD/FIT PDP MI 001/12.

Las plantaciones de *P. elliottii* fueron realizadas en el año 1992, las trozas utilizadas en este estudio provienen de un rodal con diámetro a la altura del pecho promedio de 40,7 cm, y altura media de 25,2 m.

Se escogieron del rodal cinco árboles dominantes; teniendo en cuenta el estado sanitario, rectitud de fuste, sección cilíndrica y sin bifurcaciones o defectos. Cada árbol fue identificado con un código numérico, registrando el diámetro normal (1,30 m de altura) y altura total; se extrajeron rodajas de 5 cm de espesor, siguiendo una numeración consecutiva de las rodajas desde la base al ápice, utilizando la metodología aplicada por FIGUEROA VIDAL, (2007). De cada árbol se seleccionaron cinco rodajas en torno a los siguientes porcentajes respecto a la altura total de los individuos (5%, 40 %, 65 %, 75% y 85 %); considerando al DAP (1,30 m de altura) el equivalente al 5 %.

La obtención de las probetas para la determinación de las densidades se llevó a cabo en el laboratorio de Anatomía de la madera y la carpintería de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales. De las rodajas seleccionadas se obtuvo un listón de 2,5 cm de ancho, con las caras radiales y transversales perfectamente pulidas.

Sobre cada mitad de listón; comenzando desde la médula y en sentido a la corteza, se definió la variable grupos de anillos, considerando un período

de crecimiento de 3 años, obteniéndose de esta manera probetas con dimensiones variables.

Ensayos para determinación de las densidades

Las densidades se obtuvieron, según las especificaciones técnicas de las Normas IRAM N° 9544 (1973). Al ser las probetas de forma irregular, se optó por utilizar el método de desplazamiento de agua para la obtención de los volúmenes; para la determinación de la masa se empleó una balanza de 0,01 g de precisión.

Diseño y Análisis estadístico desarrollado

Se realizaron los cálculos de los parámetros estadísticos descriptivos de las distintas densidades, a distintos niveles de altura y para cada grupo de anillos (de médula a corteza), considerando promedios, coeficientes de variación, valores mínimos y máximos, variancia y desvío estándar. Para la delimitación de la transición de madera juvenil a madura a distintas alturas en función a la densidad básica en sentido médula a corteza, se aplicó la técnica de Análisis multivariado denominado de Conglomerados o Análisis de Cluster. Asimismo, en base a los valores promedios de la densidad básica de cada grupo de anillos, con la misma técnica para las distintas alturas se evaluó el comportamiento de la densidad en dirección de la médula a la corteza.

El análisis de la variación de la densidad básica en sentido radial y axial se realizó con la técnica estadística denominados modelos lineales mixtos, por tratarse de medidas repetidas sobre un mismo individuo, donde se incumple el supuesto de independencia de las muestras. El software utilizado para los análisis fue InfoStat® versión estudiantil 2015 (DI RIENZO *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los valores estadísticos descriptivos como ser la media, desvío estándar, coeficiente de variación, mínimos y máximos. Para la determinación de la densidad básica en sentido radial y axial, el tamaño de la muestra fue de 101 probetas de dimensiones variable, cada una formada por 3 anillos de crecimiento.

Se aprecia que la densidad básica promedio de los árboles a diferentes niveles de altura en el fuste varió entre 0,437 y 0,525 g/cm³, con la media general del ensayo igual a 0,446 g/cm³.

En la Tabla 2 se detalla el resumen general de los valores promedios de densidad básica en sentido radial obtenidos en las cinco alturas consideradas de los árboles, para los grupos de anillos. Como se puede apreciar la densidad básica aumenta desde la médula a la corteza.

Esta variación en sentido médula – corteza también fue hallada por GREAVES (1982), citado por ZOBEL y VAN BUIJTENEN (1989). En estudios realizados en la argentina, DE GUTH (1970) también encontró que la densidad de la madera de *Pinus elliotti*, aumenta en sentido médula – corteza.

Estudios realizados en Uruguay por el Grupo Técnico de Madera Aserrada de Pino “GT3” (2002), hallaron en *P. elliottii* una densidad básica promedio de 0,390 g/cm³ con un mínimo de 0,254 g/cm³ y un máximo de 0,649 g/cm³, encontrándose también variaciones importantes entre árboles y dentro del mismo árbol.

El incremento de la densidad básica en sentido médula a corteza (radial) se manifiesta claramente a partir de los 10 años, coincidente con la formación de leño maduro.

En la Tabla 3, se muestran los resultados del análisis de varianza aplicando modelos lineales mixtos, se observa que existen diferencias significativas de la densidad básica en sentido radial (grupo de anillos) y axial (% de altura) al 95% de confianza.

Dado que el análisis indica que al menos una de las medias es diferente de las otras, se procedió a la comparación de medias.

Densidad básica en altura: La tabla 4 muestra la formación de 3 grupos homogéneos entre los cuales existen diferencias significativas entre sus medias a distintos porcentajes de altura de fuste. La variación axial de la densidad básica para los 5 árboles analizados a los 5 niveles de altura, presenta mayores valores en la base de los árboles (altura 1,30m), los cuales disminuyen hacia el ápice, manteniéndose constante entre el 45 y 60 % y con la menor densidad, igualmente de manera constante a partir del 65 %. Esta disminución de la densidad en sentido axial, coincide con los resultados obtenidos por otros autores para distintos géneros de la familia *Pinaceae* (PANSHIN y DE ZEEUW, 1980; MEGRAW, 1985; DE ALMEIDA, 1989; ZOBEL y VAN BUIJTENEN, 1989; PEREYRA y GELID, 2002; BURDON *et al.*, 2004; FIGUEROA VIDAL, 2007).

Densidad básica en sentido radial: La tabla 5 muestra la formación de 4 asociaciones homogéneas de grupos de anillos entre los cuales existen diferencias significativas entre sus medias en sentido médula - corteza. En la misma se ve que la mayor densidad básica se da en el grupo de edad más cercana a la corteza, la cual disminuye hacia la médula, coincidiendo con FOELKEL *et al.*, (1975), y con el modelo 1 planteado por PANSHIN y ZEEUW (1970). Este comportamiento es el mismo que se manifiesta en *Pinus taeda* (DELMASTRO *et al.*, 1980, PEREYRA y GELID, 2002; BARTH *et al.*, 2012).

La menor densidad básica se manifiesta en el grupo de anillos comprendido entre los 1 a 9 años (D),

el cual coincide con la edad de transición de madera juvenil a madura; seguido por el grupo de anillos de 10 a 12 años (C), posteriormente el rango de edad de 13 a 18 años y el de mayor densidad básica para los anillos más próximo a la corteza coincidente con el grupo de anillos de 19 a 21 años.

Densidad básica entre árboles: No se hallaron diferencias significativas entre árboles, si bien los árboles 1 y 5 tuvieron la menor densidad con un valor de 0,440 gr/cm³; mientras que el árbol 4 presentó la mayor densidad con un valor de 0,470 gr/cm³.

Tabla 1: Parámetros descriptivos a diferentes niveles de altura.
Table 1: Descriptive parameters at different height levels.

Db(g/cm ³)	Nivel de altura					Media General
	DAP	40 %	65 %	75 %	85 %	
Promedio (g/cm ³)	0,525	0,433	0,426	0,409	0,437	0,446
Mínimo (g/cm ³)	0,407	0,308	0,334	0,320	0,371	0,348
Máximo (g/cm ³)	0,603	0,526	0,523	0,508	0,535	0,539
Desvío estándar (S)	0,007	0,025	0,013	0,017	0,017	0,016
CV %	1,379	5,752	2,986	4,240	3,878	3,550

DAP: Diámetro a la altura de pecho en cm; CV: coeficiente de variación; Db: Densidad básica.

Tabla 2: Parámetros descriptivos de los valores promedios, de los 5 árboles, por grupo de anillos, en sentido médula a corteza.

Table 2: Descriptive parameters of the average values, of the 5 trees, per ring group, in pith to bark direction.

Grupo de anillos (años)	Promedio (g/cm ³)	Desvío estándar	Mínimo(g/cm ³)	Máximo(g/cm ³)	CV (%)
1_3	0,441	0,033	0,407	0,483	7,493
4_6	0,433	0,066	0,308	0,495	15,341
7_9	0,432	0,086	0,314	0,548	19,872
10_12	0,452	0,073	0,368	0,554	16,233
13_15	0,453	0,081	0,334	0,603	17,793
16_18	0,456	0,066	0,320	0,563	14,373
19-21	0,492	0,055	0,354	0,592	11,139
Promedio General	0,452	0,066	0,308	0,603	14,551

CV: coeficiente de variación.

Tabla 3: Análisis ANOVA para la densidad básica.

Table 3: ANOVA analysis for basic density

	numDF	denDF	F-valor	p-valor
(Intercept)	1	87	1900,23	<0,0001
% de altura	4	87	27,77	<0,0001
Grupo de anillos	6	87	28,02	<0,0001

Tabla 4: Comparación de medias ajustadas y errores estándares para la densidad básica a distintas alturas del tronco, DGC ($\alpha=0.05$).

Table 4: Comparison of adjusted means and standard errors for the basic density at different trunk heights, DGC ($\alpha = 0.05$).

% altura	Altura (m)	Densidad básica	E.E.			
5	1,3	0,52	0,01	A		
40	9,3	0,41	0,01		B	
65	15,3	0,39	0,01		B	
75	17,3	0,37	0,01			C
85	19,3	0,36	0,01			C

E.E: error experimental

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 5: Comparación de medias ajustadas y errores estándares para la densidad básica por rango de edad, desde la médula a la corteza, DGC ($\alpha=0.05$).**Table 5: Comparison of adjusted means and standard errors for basic density by age range, from pith to bark, DGC ($\alpha = 0.05$).**

Grupo de anillos (años)	Medias	Error experimental.				
19-21	0,49	0,01	A			
16-18	0,46	0,01		B		
13-15	0,45	0,01		B		
10-12	0,42	0,01			C	
7-9	0,38	0,01				D
4-6	0,35	0,02				D
1-3	0,34	0,02				D

Transición de madera juvenil a madera madura

Considerando los valores promedios de la densidad básica de los 5 árboles, para la rodela que se encuentra a la altura de DAP (5%), el análisis de Cluster o conglomerado arroja un dendrograma que muestra claramente la formación de dos zonas, bien diferenciados que marcan el cambio entre madera juvenil y madura, el cual se posiciona entre los 7–9 años, tal como se muestra en la figura 1. Coincidiendo con FOELKEL *et al.*, (1975), quienes determinan que la edad de transición para esta especie se ubica entre los 7 -9 años. Esta edad de transición entre madera juvenil y madura difiere con los resultados obtenidos por CLARK y SAUCIER (1989) quienes determinaron que la edad de transición para *P. elliotti* se ubica entre los 10 y 14 años. ZOBEL y SPRAGUE (1998) describen que la edad de transición para un estudio de 47 árboles de *P. elliotti* se ubicó entre los 5-8 años.

Haciendo un análisis por árbol se puede ver en la tabla 6 que existe una variabilidad respecto al momento en que se produce la transición entre madera juvenil y madura, la cual se posiciona en los grupos de anillos comprendidos entre los 4 a 9 años; se muestra el grupo de anillos donde se produce el cambio en cada árbol a la altura del DAP, además se indica la densidad básica promedio para cada una de estas maderas.

La delimitación de la transición de madera juvenil a madura de los árboles 2, 3 y 4 se origina en el grupo de anillos 4 a 6 años, mientras que en los árboles 1 y 5 se presenta en el grupo de anillos comprendidos entre los 7 y 9 años. La densidad básica promedio de madera juvenil encontrada fue de 0,452 g/cm³; en tanto para la madera madura fue de 0,548 g/cm³(Tabla 6).

Delimitación entre madera juvenil y madura para las diferentes alturas

En la Tabla 7 se muestra en base al rango de edad (Grupo de anillos), la zona donde se produce el cambio entre madera juvenil y madura a medida que se incrementa la altura, conjuntamente con la densidad básica promedio de los 5 árboles para cada una de estas maderas.

La delimitación entre la madera juvenil y madura a lo largo del fuste se produce, en el grupo de anillos de la edad 4-6 a partir del 40 % de la altura en dirección al ápice; en tanto para la altura de DAP (5 %) la edad de transición se ubica en el grupo de anillos de 7-9 años.

Los promedios de densidad básica para la madera juvenil a distintos niveles de altura en el fuste osciló entre 0,332 y 0,450g/cm³, con una media general de 0,393 g/cm³; en tanto los valores promedios de densidad básica para madera madura fluctuaron entre 0,452 g/cm³ y 0,545g/cm³, con una media general de 0,479 g/cm³.

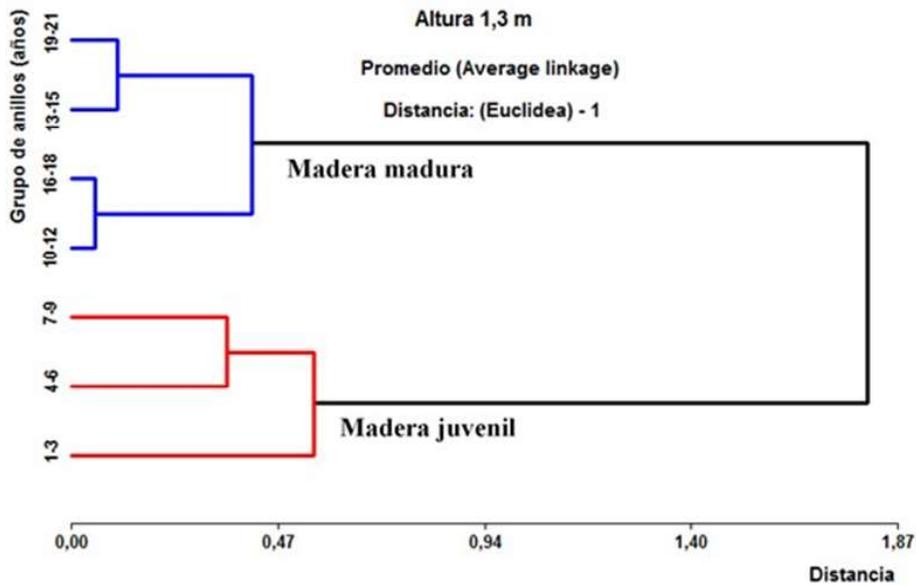


Figura 1: Delimitación de la edad de transición entre madera juvenil y madura, por análisis de conglomerados.

Figure 1: Delimitation of the transition age between juvenile and mature Wood, by cluster analysis.

Tabla 6: Grupo de anillos de delimitación entre madera juvenil y madura por árbol al DAP.
Table 6: Group rings demarcation between juvenile and mature wood per tree to DAP.

N° Árbol	Grupo de anillos (años)	Densidad Básica promedio (g/cm ³)	
		MADERA JUVENIL	MADERA MADURA
1	7-9	0,433	0,531
2	4-6	0,447	0,550
3	4-6	0,478	0,556
4	4-6	0,482	0,566
5	7-9	0,418	0,537
	Media General	0,452	0,548

Tabla 7: Grupo de anillos de delimitación para madera juvenil y madura por altura.

Table 7: Group delimitation rings for juvenile and mature wood by height.

Altura	Grupo de anillos (años)	Densidad Básica promedio (g/cm ³)	
		Madera juvenil	Madera Madura
85 %	4-6	0,410	0,475
75 %	4-6	0,387	0,452
65 %	4-6	0,388	0,463
40 %	4-6	0,332	0,459
DAP (5 %)	7-9	0,450	0,545
	Media General	0,393	0,479

CONCLUSIONES

La densidad básica promedio de *Pinus elliotti* a diferentes niveles de altura del fuste presentó variaciones; la tendencia encontrada muestra mayores valores en la base de los árboles, la cual disminuye en sentido axial, coincidiendo con otros estudios realizados para la especie. Respecto a la variación de los valores promedios de densidad básica en sentido radial para los cinco árboles mostro un claro incremento de la densidad desde la médula a la corteza, lo cual no presenta diferencias con otros estudios realizados para la especie y con otras especies del mismo género.

El análisis de clúster ha demostrado ser de gran utilidad para este tipo de estudios de delimitación formando conglomerados y así tener una mejor interpretación de los datos, para aproximar el límite de madera juvenil y madura.

AGRADECIMIENTOS

A la Ing. Forestal Teresa Suirez e Ing. Industria de la Madera Adelaida Bragañolo por la ayuda de la realización de los ensayos en el laboratorio de Tecnología de la madera (FCF), al Sr. David Borysiuk por la ayuda en la obtención de los listones y probetas en la carpintería de Tecnología de la madera (FCF), y al Sr. Mariano Valdés por la ayuda en el análisis estadístico.

BIBLIOGRAFÍA

ALDEN 1997. Softwoods of North America. Madison, WI: USDA Forest Service, FPL-GTR-102; U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, WI, USA.

BARTH, S. R.; Fassola, H. E.; Crechi, E.; Keller, A.; Winck, R. A.; Figueredo, E.; Knebel, O. E. 2012. Densidad de la madera de *Pinus taeda* L. implantado en la zona Misiones – Noreste Corrientes, Argentina, en sentido longitudinal y transversal. 15 Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales, UNaM -EEA Montecarlo, INTA.Eldorado, Misiones, Argentina. 12 p.

URL https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barth_jtfam_2012_densidad_p_taeda.pdf

BURDON, R.D.; Kibblewhite R.P.; Walker, J.C.F.; Megraw, R.A.; Evans, R.; Cown, D.J. 2004. Juvenile versus mature wood: a new concept, orthogonal to corewood versus outerwood, with special reference to *Pinus radiata* and *P. taeda*. Forest Science. 50(4): 399-415.

CLARK, A y Saucier J. R. 1989. Influence of initial planting density, geographic location, and

species on juvenile wood formation in southern pines. For. Prod. J. 39:42-48. Consultado 16/11/2018.

URL

<http://www.gfc.state.ga.us/resources/publications/research-papers/GFRP85.pdf>

CORONEL, E. O. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas 1. 187 pp. ITM, Serie de publicaciones 9404. Santiago del Estero - Argentina.

DELMASTRO, R.; Diaz-Vaz, J. E.; Schlatter, J.; 1980. Características tecnológicas de la madera. Variabilidad de las características tecnológicas hereditarias del *Pinus radiata* (D. DON). Santiago (Chile). 154p.

DE ALMEIDA, F.F.M. 1989. Variação na madeira de *Pinus pinaster* Ait. Doutorado. Universidade de Tras-os-Montes e Alto Douro. Vila Real. 245 p.

DE GUTH, E. B. 1970. Variation of physical and chemical characters of several sub-tropical *Pinus* species in northeastern Argentina. IDIA 6: 33-40.

DI RIENZO, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L. 2015. Tablada M., Robledo C.W. InfoStat® versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

DÍAZ FÉLIX, J. C. 2004. Determinación de la transición de madera juvenil a madera madura de *Pinus ayacahuite* Ehrenb. y *Pinus montezumae* Lamb. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 13-18p.

FIGUEROA VIDAL, A. M. 2007. Variación de densidad básica en la madera de *Pinus taeda* L. Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero en Maderas. Universidad Austral de Chile-Facultad de Ciencias Forestales. 47 p.

FOELKEL, C. E.; Ferreira, M.; Nehring, J. H.; Rohm, M. B.; 1975. Variability in slash pine wood in the radial direction. IPEF 10: 1 – 11

Grupo Técnico de Madera Aserrada de Pino "GT3" (2002). Propiedades mecánicas de *Pinus elliottii* Eng. del litoral de Uruguay. 43 p. Consultado 16/11/2018.

URL

http://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=554.

Inventario nacional de plantaciones forestales por superficie, consultado 16/11/2018.

URL

[https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/inventario-nacional-de-plantaciones-forestales-por-](https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/inventario-nacional-de-plantaciones-forestales-por)

[superficie/archivo/147acbc6-2048-4d2b-9cd7-df13efe328fa](#).

MEGRAW, R. A. 1985. Wood quality factors in loblolly pine. TAPPI Press, Atlanta, GA. 88 pp.

NORMA IRAM N° 9544. 1973. Norma para métodos de determinación de densidad aparente en maderas. Instituto Argentino de Racionalización de materiales. 6 p.

PANSHIN A y Zeeuw C. 1980. Textbook of Wood Technology. Mc Graw-Hill Series in Forest Resources. Third edition. Vol. 1. Capítulo IV. 145 p.

PEREYRA, O. y Gelid, M. 2002. Estudio de la variabilidad de la densidad básica de la madera de *Pinus taeda* para plantaciones de misiones y norte de corrientes. REVISTA FLORESTA 33 (1) 3-19.

SAAVEDRA FUENZALIDA, C. M., 2004. Determinación de peso específico y de algunas propiedades biométricas en *Eucalyptus globulus* (labill) como materia prima pulpable. Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero en Maderas. Santiago, Universidad Austral de Chile-Facultad de Ciencias Forestales. 98 p.

SAGyP (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, AR) 1999. Argentina: oportunidades de inversión en bosques cultivados. Buenos Aires, Argentina. 208 p.

VÁSQUEZ CORREA, Á. M. y ALCÁNTARA VARA, E. 2009. Anatomía y densidad de la madera de árboles de Pino romerón [*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N Page] de ocho años de edad. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín; Vol. 62, núm. 1.

WEBER, E.M. 2005. Caracterización física y mecánica de *Pinus taeda* origen Marion en plantaciones de diferentes edades y determinación de usos potenciales, Misiones, Argentina. Tesis Ms. en Cs. de la Madera, Celulosa y Papel, orientación: Tecnología de la madera. Eldorado (Argentina), Univ. Nacional de Misiones, Fac. de Cs. Forestales. 116 p.

ZOBEL B. J. y Sprague J. R. 1998. Juvenile Wood in Forest Trees. Springer - Verlag, Berlin, Heidelberg. 311 p.

ZOBEL, B. J. y VAN BUIJTENEN, J. P. 1989. Wood variation. Its causes and control. Springer - Verlag, Berlin, 216p.