

Variabilidad de densidad en sentido radial y dentro de un anillo de crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 25 años de edad

Márquez-Carrero, Gabrial y

W. Valero, Styles

León-Hernández, Williams J.

Gutiérrez-Gotero, Ilvania J.

Maldonado-Rangel, Julio C.

Variabilidad de densidad en sentido radial y dentro de un anillo de crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 25 años de edad

Tecnología en marcha, vol. 35, núm. 3, pp. 115-124, 2022

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=699874403037>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 3.0 Internacional.

Variabilidad de densidad en sentido radial y dentro de un anillo de crecimiento en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 25 años de edad

Density variability in radial direction and in growth ring of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* from plantations of 25 years old

Gabrialy Márquez-Carrero

Universidad de Los Andes, República Bolivariana de Venezuela

gabrialy@gmail.com

Styles W. Valero

Universidad de Los Andes, República Bolivariana de Venezuela

styles@ula.ve

Williams J. León-Hernández

Universidad de Los Andes, República Bolivariana de Venezuela

wleon@ula.ve

Ilvania J. Gutiérrez-Gotero

Universidad de Los Andes, República Bolivariana de Venezuela

ilgutie@ula.ve

Julio C. Maldonado-Rangel

Universidad de Los Andes, República Bolivariana de Venezuela

jmaldonado@ula.ve

Recepción: 07 Febrero 2021

Aprobación: 17 Junio 2021



Acceso abierto diamante

Resumen

El presente trabajo corresponde al estudio de la densidad de madera seca al aire en 6 árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl) W. Barret & Golfari (Pinaceae) provenientes de plantaciones de 25 años de edad establecidas en Uverito (estado Monagas, Venezuela). Se tomaron muestras en 3 posiciones de la sección transversal del tallo: adyacencias de médula (muestra de todo el anillo de crecimiento), y a la mitad del radio (muestra en madera temprana y madera tardía) y adyacencias de zona cambial (muestra de todo el anillo de crecimiento). La densidad se determinó bajo la Norma DIN 52-182. A través de la sección transversal se encontró un incremento de la densidad desde las adyacencias de médula hacia la zona cambial (0,595 en adyacencias de médula; 0,681 en el punto medio y 0,820 g/cm³ en las adyacencias de la zona cambial). Por otra parte, el peso específico de madera tardía (0,806 g/cm³) mostró valores notablemente superiores con respecto a la madera temprana (0,557 g/cm³). De acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$), existen diferencias estadísticamente significativas entre el peso específico de adyacencias de médula con respecto a las cercanías del cambium; así como también las diferencias encontradas entre madera temprana y madera tardía del anillo de crecimiento tuvieron significancia estadística.

Palabras clave: Densidad, traqueidas, anillo, médula, corteza.

Abstract

This paper deals about air-dry density in wood from six trees of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl) W. Barret & Golfari (Pinaceae) from 25 years old plantations growing in Uverito (Monagas state, Venezuela). Samples were taken in three positions

of cross section: near of pith (all growth ring), middle point (sample for early wood and sample for late wood) and near of cambium (all growth ring). Density was obtained according DIN 52-182. Density grows from pith to cambium (0,595 near of pith; 0,681 in middle zone and 0,820 g/cm³ near of cambium). In late wood, we found higher values in air-dry density (0,806 g/cm³) in comparison with early wood (0,557 g/cm³). According Tukey test ($\alpha = 0,01$), there are significatives differences between air-dry density in pith zone-cambial zone and between early and late wood.

Keywords: Density, tracheids, growth ring, pith, bark.

Introducción

La utilización apropiada de la madera requiere del conocimiento de sus propiedades físicas y sus características anatómicas, especialmente la relación que existe entre propiedades y anatomía de la madera. La densidad y peso específico es una de las propiedades físicas más importantes de la madera ya que es un indicativo de la respuesta que puede tener la madera ante otras propiedades físico-mecánicas, además de definir comportamientos tanto en procesamiento como en utilización. [1] señalan que el valor de la densidad y peso específico puede ser un indicativo de propiedades de resistencia, tasas de contracción, capacidad aislante de la madera, etc. [2] y [3] indican que el peso específico depende de tres factores: tamaño de las células, el espesor de sus paredes y la interacción entre el número de células de diferentes tipos. Si se analizan cada uno de esos factores, se puede observar que corresponden a la estructura anatómica de la madera. La variación de algunas características anatómicas también puede influir sobre variaciones en el peso específico. En el caso particular de coníferas, por ser maderas constituidas principalmente por traqueidas, cualquier cambio en este tipo celular se refleja sobre el peso específico; esto es especialmente observado entre las zonas de madera temprana y madera tardía de los anillos de crecimiento [4]. [2] y [5] presentan información acerca de las diferencias de peso específico entre la madera temprana y madera tardía de los anillos de crecimiento de algunas coníferas. [6], estudiando *Pseudotsuga menziesii*, encontraron correlación entre la densidad de la madera y la proporción de material de la pared celular, aunque esta relación no fue perfectamente lineal y las principales características anatómicas responsables del incremento de la densidad fueron el engrosamiento de las paredes de las traqueidas y la disminución de su diámetro radial. Por otra parte, [7] encontraron una alta correlación entre la densidad y las características anatómicas de la madera tardía en *Pinus sylvestris*.

Con respecto a la variación de peso específico en sentido radial, [8] realizaron el estudio de *Retrophyllum rospigliosii* (Podocarpaceae) tomando en consideración diferentes niveles de altura y posiciones en la sección transversal encontrando una ligera tendencia de disminución de la densidad básica desde la médula hacia las adyacencias de la corteza.

Con respecto a el *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, es una especie de gran valor comercial agregado y potencial de uso, teniendo un mercado asegurado en el sector de la construcción. Adicionalmente se debe mencionar que el *Pinus caribaea* var. *hondurensis* establecido en la Orinoquia venezolana presenta las características propias de lo que se denomina como “madera de obra”, es decir, comparativamente presenta un rápido crecimiento permitiendo una satisfactoria rentabilidad económica, propiedades físicas y mecánicas conocidas, fácil de secar, fácil de preservar, un sistema de mercado afianzado sobre los principios de estandarización y un importante parque industrial, permitiendo el uso masivo y estratégico en el país. En Venezuela, a pesar de tener pocas coníferas autóctonas, es de gran importancia conocer la relación anatomía-propiedades en gimnospermas, ya que se dispone de grandes extensiones plantadas con *Pinus caribaea* las cuales se han venido estableciendo, con fines comerciales, desde 1969. Se han realizado algunos estudios tecnológicos y/o anatómicos de la madera procedente de estas plantaciones [9], [10] y [11]. También se tienen estudios sobre propiedades físicas, mecánicas, trabajabilidad y utilización para el pino caribe y entre estos se pueden mencionar a [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20] y [21]. Otras investigaciones para pino caribe han sido orientados a conocer las características de madera de compresión [22], periodicidad de anillos de crecimiento [23], madera juvenil y adulta [11] y determinación de ángulo de orientación de microfibrillas [10] y [24].

Con respecto a determinación de densidad y peso específico para plantaciones de Venezuela, [9] y [25] presentan datos para diferentes edades de plantación. [14] hacen una comparación entre los valores observados en pino resinado y no resinado. Por otra parte, [26] estudió la variación de densidad y peso específico, en sentido longitudinal y transversal, para plantaciones de 25 años de edad. Sin embargo, no se tiene información del grado de variación del peso específico dentro de un mismo individuo ni dentro de áreas más reducidas como lo son los anillos de crecimiento.

Tomando en cuenta esos aspectos, el objetivo del presente trabajo es la determinación del peso específico seco al aire de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl) W. Barret & Golfari (Pinaceae) proveniente de plantaciones de 25 años de edad en tres posiciones de la sección transversal: adyacencias de la médula, punto medio del radio y adyacencias del cambium, incluyendo zonas (punto medio) donde se determinen las diferencias de peso específico entre la madera temprana y tardía de un anillo de crecimiento.

Materiales y métodos

El material de estudio está representado por secciones transversales (discos) de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl) W. Barret & Golfari de 25 años de edad procedente de las plantaciones establecidas en Uverito (estado Monagas, Venezuela). Se estudiaron 6 individuos provenientes de un mismo rodal para así minimizar los efectos de las condiciones del medio ambiente sobre la variabilidad que pudiese presentarse en los caracteres que influyen sobre los valores de densidad. Se extrajeron discos o secciones transversales de la porción basal del árbol (figura 1a).

En cada sección transversal se determinó el radio mayor (distancia médula-adyacencias del cambium) y se ubicaron muestras en tres posiciones (figura 1b, cuadro 1): adyacencias de médula (Am), punto medio del radio (Pm) y adyacencias del cambium (Ac).

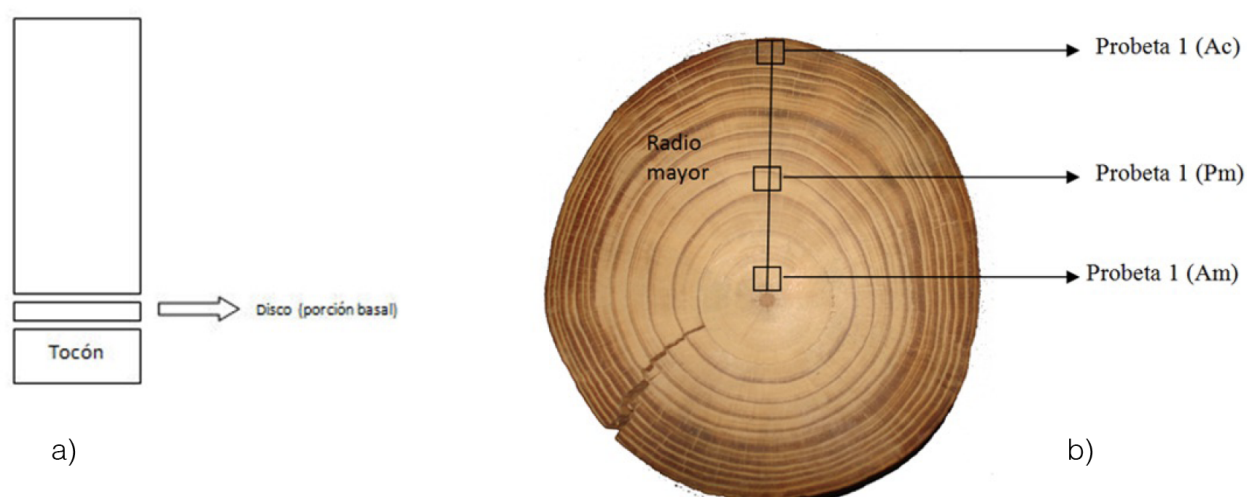


Figura 1

Representación esquemática de la posición de extracción de disco o sección transversal a para cada individuo y ubicación de muestra en la sección transversal b

Figura 1. Representación esquemática de la posición de extracción de disco o sección transversal (a) para cada individuo y ubicación de muestra en la sección transversal (b).

Cuadro 1

Radio de las secciones transversales estudiadas y ubicación de muestras en cada punto de muestreo adyacencias de médula $\frac{1}{2}$ del radio y adyacencias del cambium

Árbol	Radio		Adyacencias de médula		Punto medio		Adyacencias de zona cambial	
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1	12,00	0,90 - 1,20	5,60	5,90	10,00	10,90		
2	11,60	1,10 - 1,90	5,60	6,20	10,50	11,00		
3	11,10	1,00 - 1,60	5,90	6,20	9,60	10,00		
4	12,30	1,50 - 2,40	6,10	6,40	11,00	11,40		
5	12,80	0,40 - 1,60	5,80	6,20	12,40	12,80		
6	11,70	0,90 - 1,40	5,80	6,20	10,50	10,90		

Para la determinación de la densidad, en las muestras de adyacencias de médula y adyacencias de zona cambial se ubicaron anillos de crecimiento completos mientras que en la muestra correspondiente al punto medio del radio se delimitó la zona de madera temprana y madera tardía de cada anillo para la determinación individualizada de la densidad seca al aire en cada zona.

Las muestras fueron llevadas a cuarto de acondicionamiento con el fin de aclimatarlas hasta alcanzar el contenido de humedad de equilibrio ($CH = 12\%$). La densidad se calculó bajo la Norma DIN – 52182 [27] Se determinó el peso de la muestra en una balanza digital marca Mettler - Toledo AB104 con precisión de 0,0001 g, capacidad máxima 101 g y el volumen por el método de desplazamiento de agua. Este procedimiento se realizó en tres fases:

a. Muestras que incluyan todo el anillo de crecimiento (adyacencias de médula y adyacencias de zona cambial)

b. Muestras correspondientes a la zona de madera temprana del anillo de crecimiento (muestra a $\frac{1}{2}$ del radio).

c. Muestras correspondientes a la zona de madera tardía del anillo de crecimiento (muestra a $\frac{1}{2}$ del radio).

Se calculó la densidad seca al aire mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

Densidad (12%) = $\frac{\text{Peso de la muestra (g) al } 12\%}{\text{Peso del volumen del agua desplazado (cm}^3\text{) al } 12\%}$ Para determinar la significancia estadística de las diferencias entre las tres posiciones estudiadas y entre las dos zonas del anillo de crecimiento se realizó un análisis de varianza y prueba de diferencia de medias (Tukey, $\alpha = 0,01$) utilizando el programa SPSS 22.0.

Resultados y discusión

A nivel de los puntos estudiados, se encontró que las muestras cercanas a la médula correspondieron a anillos constituidos principalmente por zonas de madera temprana con una transición gradual hacia una estrecha zona de madera tardía. Por otra parte, las muestras del punto medio presentaron dos áreas claramente diferenciadas de madera temprana y tardía y con una proporción aproximadamente equitativa entre ambas zonas. Con respecto a las adyacencias de la zona cambial, se observó un comportamiento inverso respecto a las cercanías de la médula con anillos donde se encontró una alta proporción de madera tardía combinada con una estrecha franja de madera temprana. Los valores de densidad (cuadro 2, figura 2) oscilaron entre un mínimo de $0,467 \text{ g/cm}^3$ (adyacencias de médula del árbol 4) y un máximo de $1,003 \text{ g/cm}^3$ (madera tardía del árbol 1). Con la excepción del árbol 3, los menores valores promedio de los tres puntos de medición correspondieron a la zona de adyacencias de médula. En el punto medio, los valores de madera temprana estuvieron por debajo de los observados en madera tardía (cuadro 2, figura 2) y la relación de incremento de una zona a otra osciló entre 1,11 y 1,99, lo que indica aumentos proporcionales que pueden ir desde, aproximadamente, el 10 % hasta cerca del 100 %.

La densidad seca al aire observada en los diferentes árboles y posiciones estudiadas se encuentran, generalmente, por encima de lo reportado por [14] quienes señalan valores que oscilan entre $0,461 \text{ g/cm}^3$ y $0,6 \text{ g/cm}^3$. Posiblemente, las diferencias se deben a que el estudio de [14] tomaron en consideración árboles de 19-22 años de edad donde incluyeron material que había sido sometido a tratamientos de resinación, en contraste con el material del presente estudio el cual corresponde a plantaciones de 25 años y sin ningún tipo de tratamiento.

Cuadro 2

Valores de densidad seca al aire para cada árbol y las posiciones Am adyacencias de médula Pm punto medio y Ac adyacencias de zona cambial

Árbol	Am (g/cm ³)	Pm (Madera temprana) (g/cm ³)	Pm (Madera tardía) (g/cm ³)	Pm (Promedio) (g/cm ³)	Ac (g/cm ³)
1	0,671	0,548	0,872	0,710	1,003
2	0,576	0,532	0,734	0,633	0,878
3	0,731	0,403	0,803	0,603	0,751
4	0,467	0,637	0,826	0,731	0,813
5	0,505	0,592	0,655	0,624	0,678
6	0,619	0,627	0,947	0,787	0,797

Figura 2. Variación de densidad en sentido transversal (Am = adyacencias de médula; Pm = punto medio; Ac = adyacencias del cambium).

El patrón de variación de la densidad tiene un comportamiento, por lo general, ascendente en sentido radial lo cual coincide con lo reportado para *Pinus taeda* [28] y *Abies religiosa* [29] quienes observaron un incremento de la densidad básica en sentido transversal, en algunos casos con una tendencia a la estabilización a partir de cierto punto de la sección transversal. En *Pinus patula* [30], observaron una ligera tendencia a disminuir la densidad básica desde la médula (0,470 g/cm³ - 0,330 g/cm³) hasta los 4 años de edad, para luego experimentar un ascenso continuo desde ese punto hasta las adyacencias de la corteza (0,56 g/cm³). También hay reportes donde se muestra un patrón inverso al observado en el presente estudio y se puede mencionar casos como en *Retrophyllum rospigliosii* [8], *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* [29] y *P. sylvestris* [7]. Para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, [21] y [26] señalan que el peso específico tiende a aumentar en dirección radial, pero desde el punto de vista estadístico se puede considerar que se mantiene constante a través de toda la sección transversal.

Con respecto a las diferencias entre madera temprana y madera tardía (cuadro 2, figura 2) determinadas para las muestras ubicadas en el punto medio, en el 100 % de los casos, los valores de densidad seca al aire aumentaron desde la madera temprana hacia la madera tardía con un incremento porcentual de densidad que varió entre 10,59 % y 97,97 % lo que puede representar relaciones aproximadas entre madera temprana y tardía de 1:1,1 hasta 1:2, lo cual, al compararlo con los valores señalados por [2], se acerca a lo reportado para la proporción de 1:2,5 en *Picea sitchensis* y 1:3 en *Pinus palustris* y *Pinus resinosa*, pero se diferencia notablemente de los valores de 1:5 en *Thuja plicata*. [31] reporta incrementos de grosor de paredes de traqueidas hasta de un 35 % en *Pinus caribaea* procedente de plantaciones procedentes de Uverito (Monagas, Venezuela) y esto puede ser el elemento responsable de las diferencias de densidad entre ambas zonas.

La variabilidad observada entre los valores desde la zona medular hacia la región cambial pueden tener como causa que en las adyacencias de la zona medular el anillo está constituido principalmente por madera temprana y existe una muy estrecha porción de leño tardío y muchas veces el paso de madera temprana a tardía se presenta de forma gradual. Por el contrario, hacia la zona cambial los anillos están constituidos principalmente por madera tardía y la fracción de leño temprano es muy delgada. Adicionalmente, hacia esta zona los anillos son muy estrechos y se hace difícil la separación de los mismos. En la zona adyacente al cambium, por estar representadas por anillos con una alta proporción de madera tardía, es lógico esperar mayores valores de densidad seca al aire.

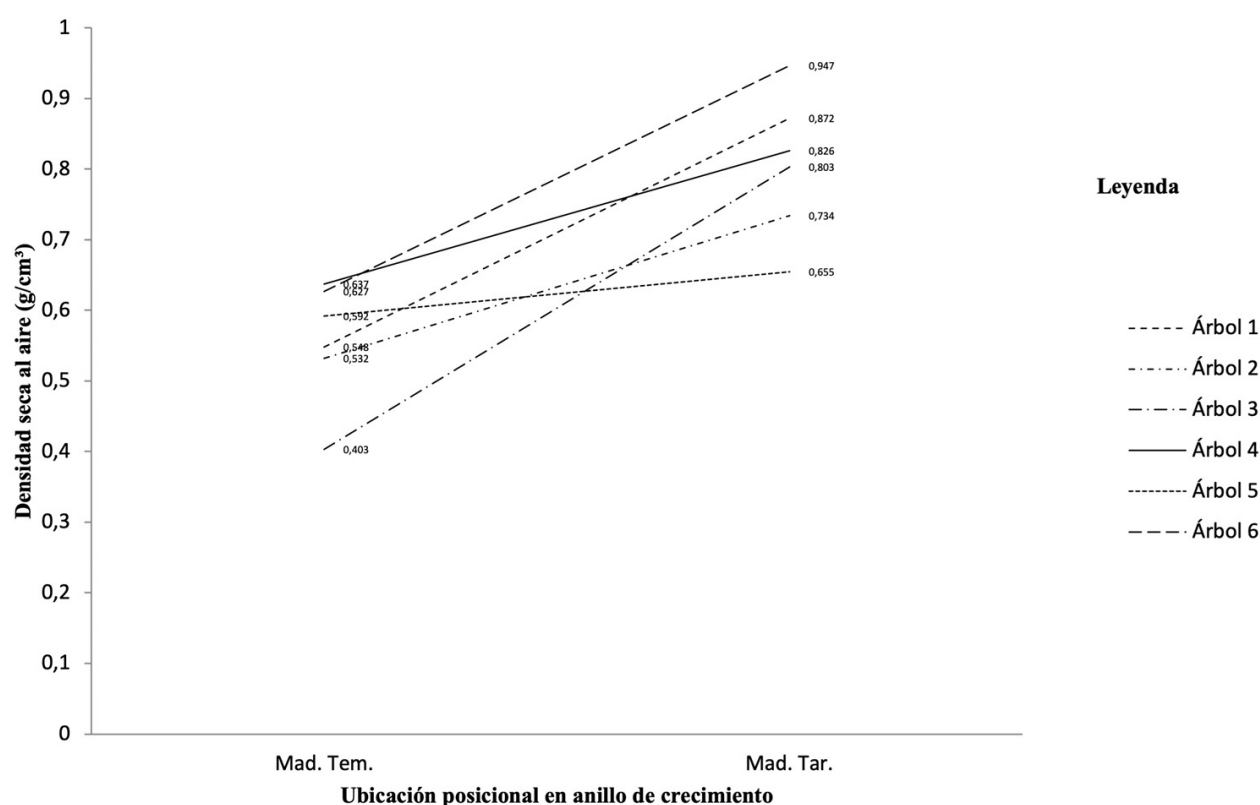
En general los valores obtenidos en las diferentes posiciones de la sección transversal mostraron un comportamiento creciente desde las adyacencias de la médula hasta las adyacencias de la zona del cambium, encontrándose que, de acuerdo a la prueba de Tukey ($\alpha = 0,01$), existen diferencias estadísticamente significativas entre el densidad seca al aire de la zona adyacente a la médula con respecto a las adyacencias de la zona cambial (cuadro 3). Esto indica que, desde el punto de vista de procesamiento y utilización, las zonas cercanas a la médula y al cambium van a comportarse de manera diferente y deben ser tratadas y manejadas de acuerdo a sus características; por ejemplo, si se va a utilizar la madera como material estructural se le debe dar prioridad a las porciones medias y cercanas al cambium, mientras que las porciones adyacentes a la médula se podrían destinar a usos donde no existan exigencias en cuanto a capacidad de soportar cargas. Igualmente se encontraron diferencias significativas entre la madera temprana y la madera tardía del anillo de crecimiento ubicado en el punto medio de la sección transversal, observándose que la zona de madera temprana tienen un comportamiento similar al de la posición adyacente a la médula mientras que el comportamiento de madera tardía mostró similitudes con el observado en las adyacencias de la zona cambial (cuadro 3, figura 3).

Cuadro 3

Densidad seca al aire mínimo promedio desviación máximo en tres zonas de la sección transversal Am adyacencias de médula Pm punto medio y Ac adyacencias de zona cambial

Zona	Densidad seca al aire
Am	(0,467) 0,591a $\pm$ 0,091 (0,731) n = 6; CV = 15,299 %
Pm (Madera temprana)	(0,403) 0,557a $\pm$ 0,078 (0,637) n = 6; CV = 14,101 %
Pm (Madera tardía)	(0,655) 0,806b $\pm$ 0,094 (0,947) n = 6; CV = 11,618 %
Ac	(0,678) 0,820b $\pm$ 0,091 (1,003) n = 6; CV = 12,432 %

Nota: Letras diferentes representan grupos estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba Tukey ($\alpha = 0,05$).

**Figura 3.**

Variación de densidad en anillo de crecimiento (Mad. Tem. = madera temprana y Mad. Tar. = madera tardía).

Figura 3. Variación de densidad en anillo de crecimiento (Mad. Tem. = madera temprana y Mad. Tar. = madera tardía).

Conclusiones

- Los valores de densidad seca al aire muestran un comportamiento ascendente desde las adyacencias de médula hacia las cercanías del área cambial. Este comportamiento está relacionado con la formación de anillos con baja proporción de madera tardía en la zona cercana a la médula y anillos constituidos principalmente por madera tardía en las cercanías del cambium. Las zonas de madera temprana se caracterizan por presentar traqueidas de paredes delgadas y mayor diámetro radial lo cual contrasta con el menor diámetro radial y mayor grosor de pared de las traqueidas de madera tardía, lo que se traduce en una reducción de espacios vacíos y, por consiguiente, un incremento de la densidad.

- La comparación entre madera temprana y tardía de un mismo anillo de crecimiento arrojó, de manera constante, valores mayores de densidad en la zona de madera tardía. Estos incrementos mantienen relación directa con el aumento de grosor de pared de traqueidas desde el inicio hacia el final del anillo de crecimiento.

- Los valores de densidad en el punto medio muestran un comportamiento intermedio con respecto a las cercanías de médula y zona cambial observándose que la zona de madera temprana de los anillos en la porción media muestran valores de densidad cercanos a los del anillo adyacente a la médula mientras que la zona de madera tardía presenta valores cercanos a los observados en los anillos cercanos al cambium.

- Las diferencias de densidad entre la zona adyacente a la médula y la adyacente al cambium pueden alcanzar proporciones hasta del 100 %. Tomando en consideración que la densidad es un indicativo de las propiedades de resistencia mecánica, es de esperar que las mejores propiedades de resistencia se encuentren desde el punto medio de la sección transversal hacia las adyacencias de la zona cambial y se considera que, debido al amplio uso de la especie como material de construcción, se considera que las mejores zonas para uso estructural son desde el punto medio de la sección transversal hacia la periferia mientras que la madera de las adyacencias de médula hasta la porción media se destine a usos donde no existan altas exigencias en cuanto a propiedades de resistencia.

Recomendación

Se recomienda el estudio del peso específico seco al aire en madera temprana y madera tardía de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl) W. Barret & Golfari (Pinaceae) de plantaciones de diferentes edades de plantaciones y relacionarlos con características anatómicas de las traqueidas (longitud y grosor de paredes) y proporciones de madera temprana - madera tardía del anillo de crecimiento.

Referencias

- [1] Da Silva, L., F. Ribeiro, P. Gasson & D. Cutler. (2009). Anatomía e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (Fabaceae), especie endemica da catinga do Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 23, 436-445.
- [2] Pashin, A. & C. de Zeeuw. (1980). Textbook in wood technology. McGraw-Hill. Series in forest resources. New York, USA.
- [3] Arroyo, J. (2003). Propiedades físico-mecánicas de la madera. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.
- [4] León H., W. (2010). Anatomía y densidad o peso específico de la madera. *Revista Forestal Venezolana* 54, 67-76.
- [5] Jozsa, L. & G. Middleton. (1994). A discussion of wood quality attributes and their practical implications. Forintek Canada Corp. Special Publication SP-34. Vancouver, Canada.
- [6] Rathgeber, C., V. Decoux & J. Leban. (2006). Linking intra tree ring wood density variation and tracheid anatomical characteristics in Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). *Annals de Forest Science* 63, 699-706.
- [7] Pritzkow, C., I. Heinrich, H. Grudt & G. Helle. (2014). Relationship between wood anatomy, tree-rings widths and wood density of *Pinus sylvestris* L. and climate at high latitudes in northern Sweden. *Dendrochronologia* 32, 295-302.
- [8] Vásquez, A. y E. Alcántara. (2009). Anatomía y densidad de la madera de árboles de pino romerón (*Retrophyllum rospigliosii* (Pilger) C.N. Page de ocho años de edad. *Revista Nacional de Agronomía. Medellín* 62, 4869-4880.
- [9] Guzmán, Y. (1979). Variación de algunas propiedades físicas, mecánicas y características anatómicas de *Pinus caribaea* Morelet, proveniente de las plantaciones de Uverito, estado Monagas (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [10] Melandri, J. & N. Espinoza de P. (2001). Medición del ángulo de orientación de las microfibrillas en la capa S2 de la pared celular con el uso del microscopio electrónico y del óptico en la especie *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. Ediciones Fundación IFLA. Serie Madera N° 1. Mérida, Venezuela.
- [11] Trejo, E. (2006). Determinación de la proporción de madera juvenil en la especie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en plantaciones de 10, 15 y 20 años (Chaguaramas Norte y Guayamure) bajo jurisdicción de la Empresa Terranova (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [12] Rojas, A. (2016). Estudio de variabilidad de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl) W. H. Barret & Golfari (Pino Caribe) en Villanueva. Casanare, Colombia (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [13] Reyes, E., S. Valero, Y. Molina & J. Betancourt. (2015). Propiedades mecánicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, resinados y no resinados de las plantaciones de Uverito, estado Monagas, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 59, 63-75.
- [14] Reyes, E., M. Molina, S. Valero, Y. Molina & J. Betancourt. (2012). Propiedades físicas de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, resinado y no resinado de las plantaciones de Uverito (Monagas, Venezuela). *Revista Forestal Venezolana*, 56, 21-28.

- [15] Ninin, P. (2006). Efecto de reaserrado con la conicidad y curvatura sobre el rendimiento de materia prima, calidad de piezas aserradas y la trabajabilidad del pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) de la orinoquia venezolana (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [16] Mogollón, G., A. Aguilera & I. Gutiérrez. (2003). Caracterización del pino caribe resinado proveniente de plantaciones. *Revista Forestal Venezolana* 47, 107-114.
- [17] León H., W. (1990). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de tableros de partículas de pino caribe elaborados por TABLICA (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [18] Reyes, E. (1981). Características de la pulpa al sulfato del *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 12 años de edad provenientes de las plantaciones de Cachipo, Estado Monagas (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [19] Lombardo, C. (1980). Comportamiento de las pulpas de pino Caribe en las batidoras Valley y PFI (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela
- [20] Vilela, E. (1973). Estudio tecnológico de *P. caribaea* var. *hondurensis* de 15, 10 y 5 años de edad procedente de Surinam. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela.
- [21] Montero, E. & E. Reyes. (s/f). Variación del peso específico básico de madera en 26 árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* provenientes de Uverito, estado Monagas. Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [22] Torres, Y. (2013). Estudio de la madera de compresión de *Pinus caribaea* var. *Hondurensis* (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.
- [23] Melandri, J., N. Dezzio & N. Espinoza de P. 2007. Periodicidad de los anillos de crecimiento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* proveniente de una plantación del estado Mérida. *Revista Forestal Venezolana* 51: 57-66.
- [24] Melandri, J. (2000). Medición del ángulo de orientación de las microfibrillas en la capa S2 de la pared celular con el uso del microscopio electrónico y del óptico en la especie *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr (Tesis de Postgrado). Universidad de Los Andes. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Mérida, Venezuela.
- [25] LABONAC- Laboratorio Nacional de Productos Forestales. (1990). Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de pino caribe (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) de 10, 15 y 20 años de edad proveniente de las plantaciones de Uverito, estado Monagas. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela.
- [26] Araque, H. (2017). Estudio de la densidad y peso específico en sentido radial y longitudinal en *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de 25 años de edad, proveniente de las plantaciones de Uverito, estado Monagas (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Técnico Superior Forestal. Mérida, Venezuela.
- [27] Deutsche Industrie Normen (Normas DIN). (1988). Prüfung von Holz; Taschenbuch 31. Normen über Holz. Beuth-Verlag.
- [28] Barth, S., H. Fassola, E. Crechi, A. Keller, A. Winck, E. Figueredo & O. Knebel. (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. El Dorado, Misiones, Argentina.

- [29] Goche-Télles, J., M. Fuentes-Salinas, A. Borja-de la Rosa & H. Ramírez-Maldonado. (2000). Variación de las propiedades físicas de la madera de un árbol de *Abies religiosa* y de *Pinus ayacahuite* var. *vetchii*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6 (1), 83-92.
- [30] Meza, D., J. Vargas, J. López, H. Vaquera & A. Borja. (2005). Determinación de la edad de transición de madera juvenil a madura en *Pinus patula* Schl. et Cham. *Ra Ximhai* 1 (2), 305-324.
- [31] Márquez C., G. (2018). Determinación del peso específico seco al aire en madera temprana y tardía de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de plantaciones de 25 años de edad y su relación con algunas características de las traqueidas (Tesis de Pregrado). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela.