

VARIACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ANATÓMICAS Y DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA EN ÁRBOLES DE *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret y Golfari EN FUNCIÓN DEL ESPACIAMIENTO DE PLANTACIÓN

Angela María Vásquez Correa¹

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron analizar las variaciones de la estructura anatómica, de los anillos de crecimiento y de la densidad básica de la madera de árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en un experimento de espaciamientos con 17 años de edad, instalado en la Estación Experimental de Recursos Naturales Renovables de Anhembi-SP, ESALQ-USP, Sao Paulo-Brasil.

En este experimento fueron muestreados un total de 35 árboles, comprendidos en 3 clases de diámetro (dominantes, intermedios y dominados) y en 3 diferentes tratamientos de espaciamiento 3,01,5; 3,02,5 y 3,03,5m. En cada uno de estos árboles se determinó el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura.

Después del apeo de los individuos se colectaron discos de madera en los árboles de la clase de diámetro caracterizada como intermedia, en los 3 espaciamientos (12 árboles en total) y a la altura del DAP. De estas muestras se obtuvo el material necesario para la evaluación de las dimensiones de las traqueidas en los leños inicial y tardío, en el sentido médula-corteza. También se analizó en las muestras de madera de todos los árboles, en los tres espaciamientos, el espesor de los anillos de crecimiento y de los leños inicial y tardío y la densidad básica de la madera en 5 submuestras obtenidas en el sentido médula-corteza.

Se establecieron, a partir de estas evaluaciones, las relaciones entre las características de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y sus modelos de

¹ Profesora Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Apartado 568.

variación, en función de las diferentes clases de diámetro de los árboles, en los diferentes espaciamientos. De acuerdo con los resultados la variación de las dimensiones de las traqueidas en el sentido médula-corteza en la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* presentó, con relación a su largo, en todos los tratamientos de espaciamiento y para los dos tipos de leño, un aumento de casi el doble del 3° hasta el 7° anillo de crecimiento, con un incremento menos acentuado hasta el 10° anillo; el ancho, diámetro del lumen y espesor de la pared de las traqueidas, también presentaron cambios acentuados hasta el 7° anillo de crecimiento, con diferencias marcadas para las traqueidas del leño inicial y del tardío en todos los anillos de crecimiento.

No se verificaron diferencias significativas entre las clases de diámetro de los árboles y los tratamientos de espaciamiento, para los parámetros anatómicos analizados, definiéndose la transición período juvenil-adulto entre el 7° y el 10° anillo de crecimiento. La variación del espesor de los anillos de crecimiento, en el sentido médula-corteza, en las muestras de madera de las 3 clases de diámetro y los 3 espaciamientos, presentó una reducción del espesor de los anillos hasta el 2°-3° año, seguido por un incremento hasta el 5°-6° año para alcanzar un valor estable a los 11 años. Se observó un mayor espesor de los anillos de crecimiento en los árboles de la clase dominante, con una disminución gradual para los individuos de las clases intermedia y dominada. La densidad básica media de la madera presentó valores de 0,39, 0,43 y 0,41g/cm³ en los tratamientos 6(3,01,5m), 8(3,02,5m) y 10(3,03,5m), respectivamente, con una media para la variedad de 0,41g/cm³. En general, hubo una disminución del valor de la densidad básica de la madera en el 6°- 8° anillo de crecimiento, con un posterior aumento en los años siguientes y una tendencia a la estabilización hasta el año 14°. No se verificaron diferencias significativas entre las clases de diámetro de los árboles y los tratamientos de espaciamiento, para esta característica.

Palabras clave: características anatómicas, espaciamiento, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, clases de diámetro, anillos de crecimiento, densidad básica.

ABSTRACT

The author of this work analyzed the anatomic structure variations of the growth rings and of the wood basic density of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* trees from a spacing trial with 17 years of age and established at the *Estação Experimental de Recursos Naturais Renováveis de Anhembi-SP, ESALQ-USP*.

A sample was made of 35 trees in three diameter classes (dominant, intermediary and dominated) in three planting spacings: 3,0x1,5; 3,0x2,5 and 3,0x3,5 m. For each tree, the height and the diameter were determined and a wood disc was collected at the DBH. From the wood discs collected from the intermediary trees at the three spacings, a total of 12 trees, wood samples were obtained to make the anatomic description and to evaluate the dimensions of the tracheids in the early and latewood from the pith to the bark. The wood samples of all the trees were analysed for the growth ring, early and latewood width and the wood basic density in five samples obtained from the pith to bark.

The relations among wood characteristics of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and its variation models in function of the different tree diameter classes at the different spacings were established. The variation of the tracheid dimensions from the pith to bark showed that: the tracheid length had an increment of almost the double from the third to the seventh growth rings and an increment smaller until the 10th growth ring; the width, the diameter and the lumen and wall thickness of the tracheids showed great changes until the seventh growth ring with marked differences for the early and latewood tracheids for all growth rings.

It was not verified statistic differences among tree diameter classes and the spacing treatments for the anatomic parameters analysed and defining the transition juvenile-adult between the seventh and the tenth growth ring. The variation of the growth ring width from the pith to bark direction of the samples for the three diameter classes in the three spacing showed a reduction of the width until the second-third years, following an increment there the fifth and seventh years and stabilized at the eleventh year; larger widths of the growth ring were observed in the dominant trees and a gradual decrease for the intermediary and dominant trees.

The mean of wood basic density were: 0,39; 0,43 and 0,41 g/cm³ in the trataments 6 (3,0x1,5 m); 8 (3,0x2,5 m) and 10 (3,0x3,5 m), respectively. The mean wood basic density for the variety was 0,41 g/cm³.

In general, there were: a decrease of the wood basic density in the 6th - 8th growth rings and an increase with tend to stabilise at the 14th growth ring. There were no statistic differences among tree diameter classes and the spacing treatments for this characteristic.

Key words: spacing, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, anatomic structure, diameter classes, growth rings, basic density.

INTRODUCCIÓN

El *Pinus caribaea* var. *hondurensis* originario de América Central (México, Nicaragua, Honduras, Guatemala y Belize) constituye una de las variedades de coníferas más importantes para la reforestación en condiciones tropicales, adaptándose a una gran variedad de suelos y condiciones ecológicas y presentando una elevada tasa de crecimiento, en comparación con otras especies (Rojas y Ortíz, 1991).

De igual forma, su madera presenta parámetros de calidad adecuados para una amplia y variada utilización, tales como celulosa y papel, madera aserrada, chapas, etc. Entre los más importantes parámetros de calidad de la madera pueden nombrarse los anatómicos, físicos y químicos. Los parámetros anatómicos se refieren a la estructura y variación de los elementos que constituyen el xilema de los árboles, principalmente las traqueidas y el espesor de los anillos de crecimiento; los físicos se refieren principalmente a la densidad básica de la madera. Cabe destacar que estos parámetros anatómicos y físicos presentan variaciones en los sentidos médula-corteza y base-copa en árboles de especies forestales y que, así mismo, son influenciados

por las técnicas de manejo.

En este sentido, las técnicas de plantación y manejo forestal que buscan proporcionar una producción volumétrica máxima por área y entre las que podemos mencionar la fertilización, espaciamiento, podas y entresacas pueden también alterar las características de la madera (dimensión de las traqueidas, espesor de su pared, porcentaje de los leños inicial y tardío, densidad, transición y porcentaje de madera juvenil/adulta) a partir de su efecto en la fisiología de los árboles y en la formación de la misma (Balloni y Simões, 1980).

Por esto, en el presente trabajo, fueron realizados análisis de la madera de árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, con 17 años de edad, en 3 diferentes clases de diámetro y 3 espaciamientos de plantación, pertenecientes a un experimento implantado en la Estación Experimental de Recursos Naturales Renovables de Anhembi, de la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" de la Universidad de São Paulo (ESALQ-USP) Brasil, con el objetivo de estudiar el efecto de los espaciamientos en el desarrollo de los árboles y su influencia en la calidad de la madera.

REVISIÓN DE LITERATURA

Pinus caribaea Morelet var. *hondurensis* Barret y Golfari.
Sinonimos: *Pinus hondurensis* (Look) *Pinus bahamensis* (Griseb).

La variedad *Pinus caribaea* var. *hondurensis* presenta la más amplia distribución geográfica, con un elevado potencial para producción de madera en áreas tropicales. Crece naturalmente en el litoral Atlántico Centroamericano, desde el sur de México y Belize, hasta el norte de Nicaragua, adaptándose a una gran variedad de suelos, que pueden ser pobres, aunque no soporte suelos con drenaje deficiente y poco profundos.

Se le encuentra en alturas entre los 300 y 800 m.s.n.m., siendo que Farjon (1984) reporta su existencia hasta los 1000 m.s.n.m., en climas sin heladas y con una estación seca definida.

Su madera puede usarse en producción de leña, carbón, postes para redes telefónicas o eléctricas, pulpa para papel, guarda escobas, compensados, construcción civil, muebles y artesanías; su resina en la elaboración de desinfectantes, pinturas y otros productos (Rojas y Ortíz, 1991).

Según Almeida (1989) en el leño de las coníferas la variación de la densidad se debe esencialmente a variaciones en el diámetro radial y en el espesor de la pared de las traqueidas, variables que también intervienen en la delimitación y en la transición de los leños inicial y tardío. Durante la expansión de las yemas terminales de la copa y el crecimiento de las acículas del año se produce una mayor cantidad de auxinas que al actuar en la capa cambial, estimulan el crecimiento radial de las células, disminuyendo su largo y el espesor de sus paredes, este proceso ocurre de una forma mas o menos gradual y de acuerdo con la edad, porcentaje de copa y distancia de la misma. Cuando las acículas completan su crecimiento disminuye la disponibilidad auxínica de la copa y aumenta la de nutrientes, lo que permite un aumento de la fase de alargamiento/maduración y del espesamiento de las paredes de las traqueidas que forman el leño tardío.

Concluye entonces, que son las complejas interacciones entre el crecimiento en altura, la disponibilidad de nutrientes, el balance de los reguladores de crecimiento y la actividad radicular de los árboles, en conjugación con su edad fisiológica y las dimensiones relativas de la copa, las que

influyen la formación del leño, cuya variación, determinará la "calidad de la madera" producida.

Con relación al género *Pinus sp.* se describen 2 gradientes de variación de la densidad de la madera dentro de un árbol: (i) horizontal, con una gran dependencia de la edad, y (ii) vertical, con una región central (leño juvenil) no diferenciada a lo largo del tronco del árbol y formada bajo una fuerte influencia de la copa y una región periférica (leño adulto).

Esta tendencia fue observada por Burley; Hughes and Gourlay (1977) al trabajar con madera de árboles de *P. caribaea* var. *hondurensis* con 10 años en Jamaica donde, en el análisis de cada anillo de crecimiento, la densidad de la madera del leño tardío fue 30 a 100 % mayor que la del leño inicial, con las menores diferencias en la región próxima a la médula, cuando los árboles se desarrollan a un ritmo de crecimiento más o menos intenso y prácticamente libres de competencia.

En esta fase los árboles de *P. caribaea*, en condiciones adecuadas de crecimiento, presentan pequeñas diferencias entre los leños que, a partir de una cierta edad, se tornan marcantes y bastante influenciados por las alteraciones climáticas y/o

por la adopción de prácticas silviculturales, como entresaca o poda.

Con relación a la formación de la madera juvenil, estudios con esta variedad de pino muestran que este tipo de madera se forma muy rápidamente en plantaciones, particularmente en sitios fértiles, debido al crecimiento más vigoroso del pino caribe en relación a otros, alcanzando el tamaño comercial con una alta proporción de madera juvenil, alto porcentaje de leño inicial en relación al tardío, traqueidas más cortas y madera con menor densidad. El cono central de madera juvenil generalmente coincide con los primeros 5° a 8° anillos de crecimiento, mostrando una transición gradual de esta madera para la adulta con variaciones debidas a características genéticas, suelo, clima y manejo forestal. El valor de la densidad de la madera juvenil puede ser 2/3 del de la madura y su resistencia mecánica la mitad; además posee grano espiralado y presenta defectos de secado por la presencia de madera de compresión (COWN; McConchie and Young, 1981).

Considerando que las propiedades de la madera cambian de una manera gradual en relación a la edad del árbol, no existe un período

claramente definido de producción de madera juvenil y madura. Posiblemente la madera que se forma cada año adquiere gradualmente las características de madera madura, con diferencias entre especies. Las investigaciones con espaciamiento, fertilización, entresacas, rotaciones y diferentes procesamientos de la madera pueden contribuir a la demarcación y a la obtención de una proporción adecuada entre estos dos tipos de madera, teniendo en cuenta que sus propiedades pueden variar significativamente entre árboles, especies, sitios y procedencias (Bendtsen y Senft, 1986; Cown, 1992).

La madera juvenil es considerada de menor calidad por algunos autores, dadas sus características de baja densidad, traqueidas cortas, mayor ángulo fibrilar, grano en espiral, alta contracción longitudinal, paredes celulares finas, bajo porcentaje de leño tardío, bajo contenido de celulosa y mayor cantidad de madera de compresión (Cown 1992). Otros por el contrario, muestran la importancia de reconocer la madera juvenil como una madera diferente, no necesariamente como un material de inferior calidad (Zobel, 1984, citado por Zobel y Van Buijtenen, 1989).

En cuanto a la morfología y variación de las células del leño, Barrichelo y Brito (1979) encontraron que en el *P. caribaea* var. *hondurensis* las traqueidas del leño inicial y tardío, aumentan su largo acentuadamente y de manera lineal hasta el 5° - 6° anillo de crecimiento. A partir del 7° anillo el aumento es menos acentuado, tendiendo a un valor más o menos constante. En el leño tardío observaron un ancho de las traqueidas menor que en el leño inicial, siendo que el diámetro del lumen no presentó un modelo definido de variación en el sentido médula-corteza.

El efecto de los factores fisiológicos y de los tratamientos silviculturales en las propiedades de la madera puede estar relacionado con la forma en que afectan la velocidad del crecimiento de los árboles. Un rápido crecimiento en diámetro requiere una tasa más elevada de divisiones anticlinales en la capa cambial, que tiende a reducir el largo de las traqueidas. El estrés por humedad también reduce el largo de las traqueidas, especialmente en el leño tardío, siendo que el efecto más marcado del déficit de humedad es la formación de falsos anillos de crecimiento (Harris; McChonchie y Povey, 1978).

Después de la implantación de un bosque, los árboles pasan por una fase de crecimiento libre con plena disponibilidad de los factores del sitio, que se refleja en sus características dendrométricas. Con el desarrollo de los árboles, sus copas se cierran, iniciándose la competencia y, de esta forma, cada planta pasa a disponer de un microambiente específico donde las diferencias más acentuadas se verifican entre las clases de copa y de diámetro del tronco (Duarte, 1982).

Schultz (1986) citado por Klock (1989) afirma que los tratamientos silviculturales cambian las propiedades de la madera, pero los resultados disponibles son muy inconsistentes, además de no existir una relación inversa definitiva entre la densidad de la madera y la tasa de crecimiento y, por consiguiente, árboles de rápido crecimiento no tendrán necesariamente madera de baja calidad.

El espaciamiento como tratamiento silvicultural, puede afectar la tasa de crecimiento de las plantas, la calidad de la madera, las características de ramificación y la edad de corte, siendo que estos efectos, en algunos casos, son atribuidos a la especie y a su interacción con la calidad del sitio

(Fishwick, 1976; Balloni; Migliorini y Brito, 1980). Una compilación de informaciones sobre el efecto del espaciamiento en varias especies forestales, en diversas partes del mundo, revela que esta práctica de manejo parece no afectar el crecimiento en altura de los árboles. En todas las investigaciones, el diámetro medio de los árboles aumento con el aumento del espaciamiento, para todas las especies y en todos los sitios (Fishwick, 1976).

En el caso de árboles de *P. caribaea* var. *hondurensis* en diferentes regiones, se observó un incremento progresivo del diámetro del tronco con el aumento del espaciamiento, en todos los sitios, con una densidad media de la madera de $0,48 \text{ g/cm}^3$, variando entre $0,41$ y $0,55 \text{ g/cm}^3$. EL menor valor de la densidad de la madera fue obtenido en los menores espaciamientos, donde el DAP medio de los árboles se redujo significativamente. En parcelas con mayor espaciamiento el DAP de los árboles aumentó por la reducción de la competencia entre los individuos. (Whitmore y Liegel, 1980; Toledo y Pires, 1980; Bertoloti y Mota, 1980; Vale; Da Vila y Longart, 1992).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento. EL experimento fue instalado en la Estación Experimental de Recursos Naturales Renovables de Anhembi, perteneciente a la Escuela Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" de la Universidad de São Paulo ESALQ-USP y situada en la margen izquierda del Río Tietê, en uno de los brazos de la represa de Barra Bonita, a 16 km de la ciudad de Anhembi, entre las coordenadas geográficas 22°43' latitud Sur y 48°10' longitud Oeste de Greenwich y una altitud de 500 m, a aproximadamente 88 km de la ciudad de Piracicaba-SP.

La estación tiene un área total de 502,76 has siendo de manera general tierras de topografía suave, con relieve que varía de plano a levemente ondulado y predominancia de suelos podzólicos, arenosos y profundos. Desde el punto de vista geológico, el área se encuentra sobre la Formación Botucatu, representada por el conjunto de sedimentos de la parte inferior del grupo São Bento. Son arenitos, conglomerados y argilitos del período Triásico, de la era Mesozóica (SOUZA, 1995).

EL clima en Anhembi es del tipo Cwa, según la clasificación de Köppen, caracterizado como

mesotérmico de invierno seco, con veranos calientes y lluviosos e inviernos moderadamente fríos y secos, en los cuales la ocurrencia de heladas es rara. La temperatura media del mes más caliente gira en torno a 23,7°C y del más frío a 18°C, mientras que la temperatura media anual gira en torno de 21°C. EL total de lluvias del mes más seco es inferior a 30 mm, la precipitación media anual varía de 1100 a 1350 mm, con un déficit hídrico anual de 20 mm. La estación seca va de abril a septiembre, siendo julio el mes más seco y enero y febrero los meses de mayor pluviosidad.

Historia del experimento. EL experimento fue instalado en noviembre de 1977 con el objetivo de estudiar el efecto de los espaciamientos en el desarrollo de los árboles de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret y Golfari y su influencia en la calidad de la madera.

El plantío fue hecho a partir de plántulas producidas en el vivero del Departamento de Ciencias Forestales ESALQ-USP en Piracicaba-SP, provenientes de semillas comerciales oriundas de rodales de la DURATEX. Las plántulas no recibieron ninguna fertilización y su manejo consistió en prácticas culturales normales hasta el

establecimiento de los árboles.

En la instalación del experimento se utilizó un esquema de bloques con parcelas subdivididas para 5 tratamientos y 4 repeticiones, en un área total de 1,92 hectáreas y un número fijo de plantas, resultando así 64 plantas (8×8) con borde simple, de las cuales solamente 36 plantas eran medibles en cada una de las 20 parcelas. Después de la instalación del ensayo, se realizaron mediciones de los árboles evaluando su diámetro y altura, a los 2, 3, 5, 6, 8, 9 y 14 años de edad, después de lo cual, se realizó una entresaca del 30% de los árboles, eligiendo selectivamente los inferiores dominados y defectuosos.

Medición, muestreo y recolección de los discos de madera de árboles de *Pinus caribaea* var *hondurensis*. En diciembre de 1994 se realizó la medición del diámetro (DAP) de todos los árboles, con el objetivo de analizar la distribución de los individuos en los tratamientos y en tres diferentes clases de diámetro, seleccionando luego los tratamientos 6, 8 y 10, correspondientes a los espaciamientos de 3×1,5; 3×2,5 y 3×3,5 m, respectivamente, para el análisis de las características anatómicas y la densidad de la madera de árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

En cada uno de los tres tratamientos seleccionados fueron elegidos los árboles dentro de las tres diferentes clases de diámetro: dominantes, intermedios y dominados. En cada una de estas clases fueron seleccionados aquellos individuos con tronco cilíndrico, recto, sin bifurcaciones u otros defectos, evitando con esto la excesiva presencia de leño de compresión o defectos que pudieran influenciar los resultados. Este proceso de selección hizo que el muestreo no fuera homogéneo para los 4 bloques existentes, en los 3 tratamientos de espaciamiento.

Como resultado de lo anterior, se eligieron 35 árboles, 12 en los tratamientos 6 y 10, y 11 en el tratamiento 8, debido a la excesiva mala forma de los individuos de la clase dominada en este último. Luego, los árboles fueron apeados y se obtuvieron discos de madera con aproximadamente 3cm de espesor, a la altura del DAP (1,30 m).

Preparación de los discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Los discos de madera se secaron en condiciones de laboratorio en el Departamento de Ciencias Forestales de la ESALQ/USP, se midieron sus diámetros máximo y mínimo y posteriormente fue cortada una

muestra diametral con 1cm de espesor por 3 cm de altura. Estas muestras fueron lijadas para obtener una mejor visualización de los anillos de crecimiento y posibles defectos de la madera.

Evaluación de las dimensiones de las traqueidas en el sentido médula-corteza en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*

Con base en la demarcación y numeración de los anillos de crecimiento en las muestras de madera, fueron colectados los anillos de crecimiento correspondientes al 3°, 7°, 10°, 13° y 16° años, con la separación posterior de sus leños inicial y tardío, para transformarlos en pequeños palitos, que se sometieron al proceso de maceración a través de la inmersión del material en una solución de ácido glacial acético, ácido nítrico y agua en una proporción de 5:2:1, respectivamente; luego se llevaron al Baño de María por aproximadamente 30-45 minutos, se lavaron abundantemente con agua, para su posterior coloración en una solución acuosa de safranina al 1%. En seguida, se hizo el montaje de 4 láminas no permanentes de este material macerado, cuatro por cada anillo de crecimiento y dos por tipo de leño.

Para las mediciones se usó un microscopio binocular Zeiss, con una lente ocular de escala graduada y objetivos de 3,2x para las mediciones del largo y de 40x para las mediciones del ancho, diámetro del lumen y espesor de la pared de las traqueidas, obteniendo un factor de corrección de 50 μ con la ayuda de una lámina con escala micrométrica. Se realizó la medición de 20 traqueidas para cada uno de los leños inicial y tardío, en cada anillo de crecimiento. La medición de las dimensiones de las traqueidas en el sentido médula-corteza se realizó en los árboles de la clase de diámetro intermedia, para los tres espaciamientos, completando un total de 12 individuos.

Evaluación del espesor de los anillos de crecimiento en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Definidos los límites de cada anillo de crecimiento se hizo su demarcación y numeración en el sentido médula-corteza. El espesor total de los anillos de crecimiento y el espesor de los leños inicial y tardío se obtuvo con la ayuda de un pie de rey "Digimatic" con lectura digital electrónica, serie 500, anotando también, la presencia y posición de falsos anillos de crecimiento y el espesor del duramen, cuando se observó su presencia.

Determinación de la densidad básica de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el sentido médula-corteza. En las muestras diametrales obtenidas de los discos de madera de cada uno de

los árboles y en las cuales los anillos de crecimiento habían sido numerados, se definieron 5 submuestras en el sentido médula-corteza (Tabla 1).

Tabla 1. Selección de submuestras para la determinación de la densidad básica de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en el sentido médula-corteza.

Submuestra de madera (N°)	Anillos de crecimiento Período de crecimiento (años)
1	2 - 5
2	6 - 8
3	9 - 11
4	12 - 14
5	15 - 17

Luego, estas 5 submuestras se marcaron y sumergieron en agua para proceder a la determinación de la densidad básica por el Método del Máximo Contenido de Humedad (MCH), de acuerdo con la ecuación (1) FOELKEL *et al* (1983).

$$Db = \frac{1}{\frac{Mt}{Ms} - 0,346} \quad (1)$$

donde:

Db = densidad básica de la madera;
Mt = masa al aire de las muestras completamente saturadas;

Ms = masa absolutamente seca de las muestras, a 105 °C hasta masa constante.

Así mismo, se determinó la densidad básica ponderada para cada disco de madera, para los 35 árboles muestreados, en los 3 espaciamientos.

Análisis estadístico. El análisis estadístico de los resultados obtenidos en la determinación de la densidad básica, de las características morfológicas de las traqueidas, del espesor de los anillos de crecimiento y de sus leños, fue realizado a través de cálculos

estadísticos básicos para la determinación de medias y coeficientes de variación; análisis de varianza entre tratamientos y clases de diámetro; comparación de medias por la prueba de Tukey y ecuaciones de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dimensiones de los árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* y su distribución por clases de diámetro. Al momento de la recolección del material, se observó que en los 3 tratamientos de espaciamiento, 50 a 60% de los árboles se encontraban en la clase de diámetro intermedia, encontrando también diferencias entre los límites de las clases de diámetro en los 3 espaciamientos; además en el tratamiento N 10 (3,03,5 m) los árboles dominantes, intermediarios y dominados tuvieron dimensiones mayores que los correspondientes para los demás tratamientos.

Evaluación de las dimensiones de las traqueidas en el sentido médula-corteza, en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. La evaluación de las dimensiones de las traqueidas se hizo para los anillos de crecimiento N 3, 7, 10, 13 y 16, en árboles de la clase de diámetro intermedia (12 en total), para los 3 tratamientos de

espaciamiento.

Largo de las traqueidas. La variación del largo de las traqueidas en el sentido médula-corteza (anillos de crecimiento N° 3, 7, 10, 13 y 16) para los 3 tratamientos y los dos tipos de leño, en los árboles de la clase de diámetro intermedia se presenta en la Figura 1.

Por el análisis de la Figura 1A, se verifica que en el menor espaciamiento (Trat.6: 3,01,5 m) las traqueidas de los leños inicial (LI) y tardío (LT) presentaron incrementos fuertes en el largo del 3° hasta el 10° anillo de crecimiento, con valores de 2,8 hasta 5,0 mm para las del leño inicial y de 3,1 hasta 4,5 mm para las de leño tardío, respectivamente. Después del 10° y hasta el 16° año el largo de las traqueidas permaneció relativamente constante en el leño tardío y presentó una disminución en el leño inicial, con valores de 4,6 mm de largo en esos 2 leños a los 16 años.

Así mismo, se verificó que en el leño inicial las traqueidas presentaron valores medios de largo ligeramente mayores a las del leño tardío que, Harris; McChonchie and Povey (1978) explican por las condiciones de crecimiento resultantes de la elevada competencia entre los árboles y el

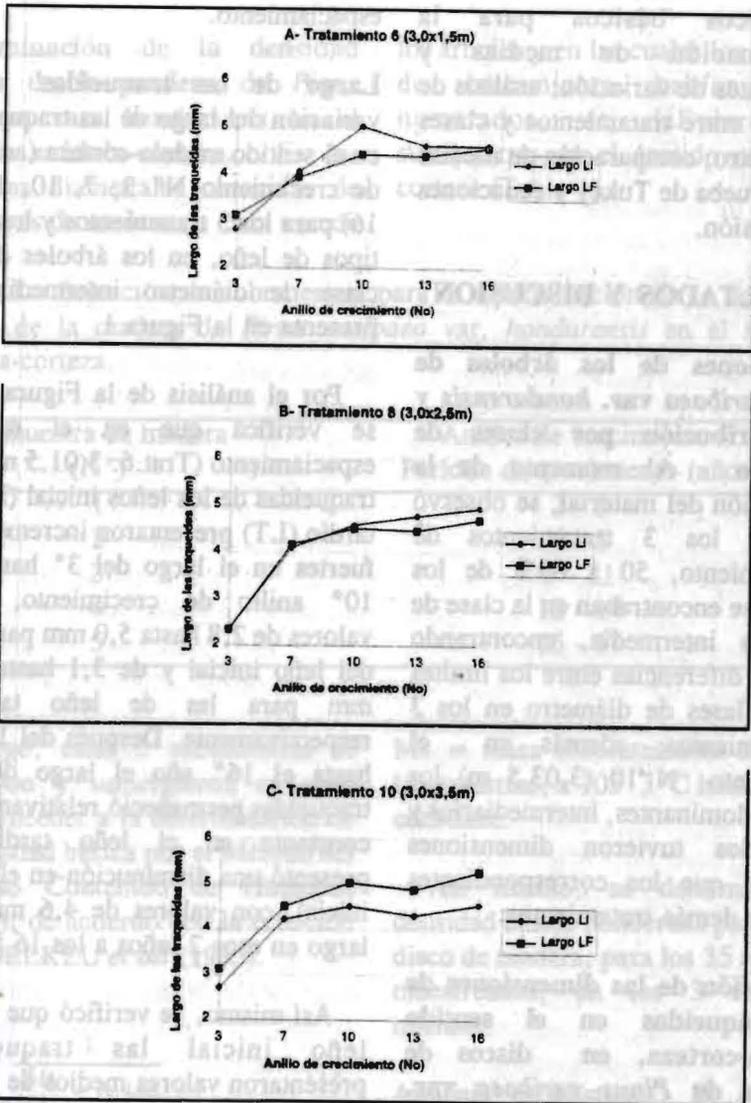


Figura 1. Variación del ancho de las traqueidas en el sentido médula-corteza (anillos de crecimiento No. 3, 7, 10, 13 y 16) en discos de madera de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, para los espaciamientos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0 x 2,5 m) y 10 (3,0 x 3,5 m).

efecto del estrés por humedad, lo que reduce el largo de las traqueidas, especialmente en el leño tardío.

En el Tratamiento 8 (3,0×2,5 m) (Figura 1B) las traqueidas de los 2 leños aumentan en largo, hasta el 10° anillo de crecimiento, con 2,3 mm en el 3° anillo hasta 4,6 mm en el 10° anillo para las de leño inicial y de 2,3 hasta 4,5 mm para las de leño tardío. Después de este período las traqueidas del leño inicial superan en longitud a las del leño tardío, con dimensiones de 5,0 y 4,7 mm, respectivamente, en el 16° anillo de crecimiento.

En el Tratamiento 10 (3,0×3,5 m) (Figura 1C) se observa una nítida diferencia en el largo de las traqueidas en los dos leños, presentando las del leño tardío siempre mayores valores. Según Harris *et al* (1978) este hecho se debe a la menor frecuencia de divisiones anticlinales de las células cambiales, durante la formación de las traqueidas de leño tardío, que posibilita un aumento en su fase de crecimiento en longitud y en el espesamiento de la pared celular. La variación del largo entre los 3° y 16° anillos de crecimiento es de 3,3 a 5,3 mm y de 2,7 a 4,5 mm, en los leños tardío e inicial, respectivamente.

En general el largo de las traqueidas, en todos los tratamientos y para los dos tipos de leño, aumentó casi el doble del 3° hasta el 7° anillo de crecimiento, con un incremento menos acentuado hasta el 10° anillo. Observaciones hechas por varios investigadores reportan mayores aumentos entre el 2° y el 8° anillo de crecimiento, con una disminución gradual para los anillos de crecimiento de los años subsecuentes (Barrichelo y Brito, 1979; Klock, 1989).

Los valores medios del largo de las traqueidas se encuentran entre la variación reportada por Andrew y Hughes (1973), citado por Zobel; Van Wyk and Stahl (1988), mostrando, de igual manera, una gran variación dentro y entre los árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. La prueba de Tukey presenta diferencias significativas entre las medias solo para el largo de las traqueidas en el leño tardío del tratamiento 10 (3,03,5 m).

Con base en los resultados obtenidos y según Zobel y Van Buijtenen (1989), se puede concluir que la transición de madera juvenil a madura está comprendida entre los anillos de crecimiento 7° a 10°, con relación a esta característica.

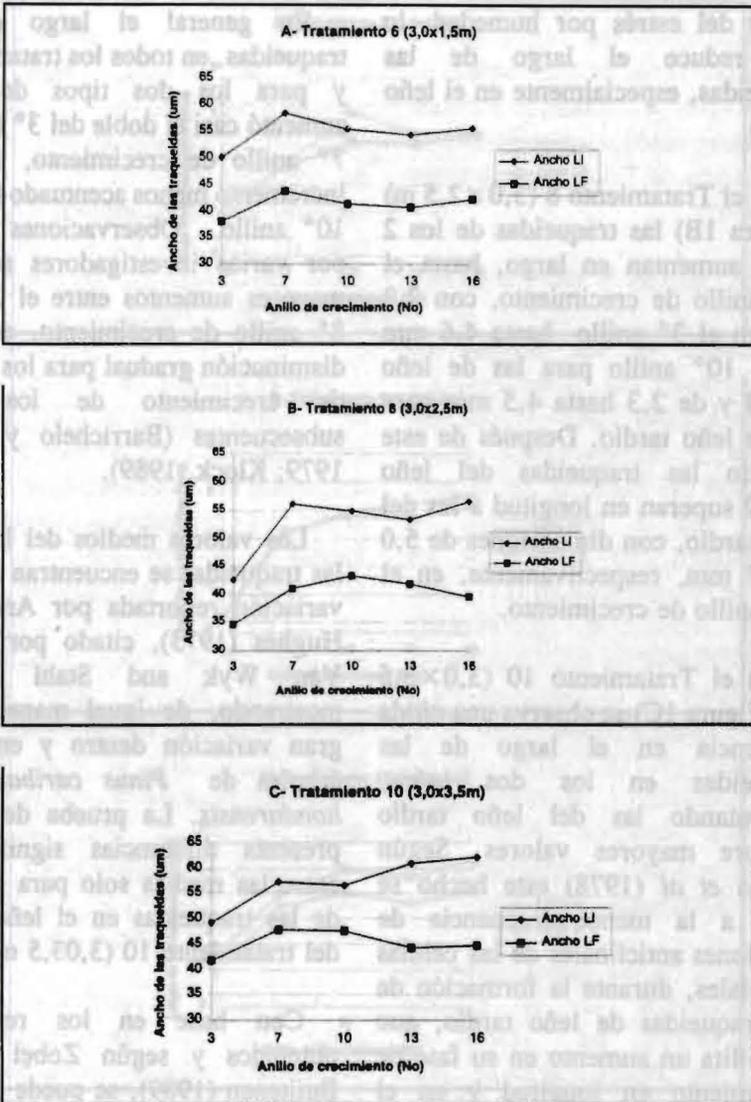


Figura 2. Variación del ancho de las traqueidas en el sentido médula-corteza (anillos de crecimiento No. 3, 7, 10, 13 y 16) en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, para los espaciamientos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) y 10 (3,0x3,5 m).

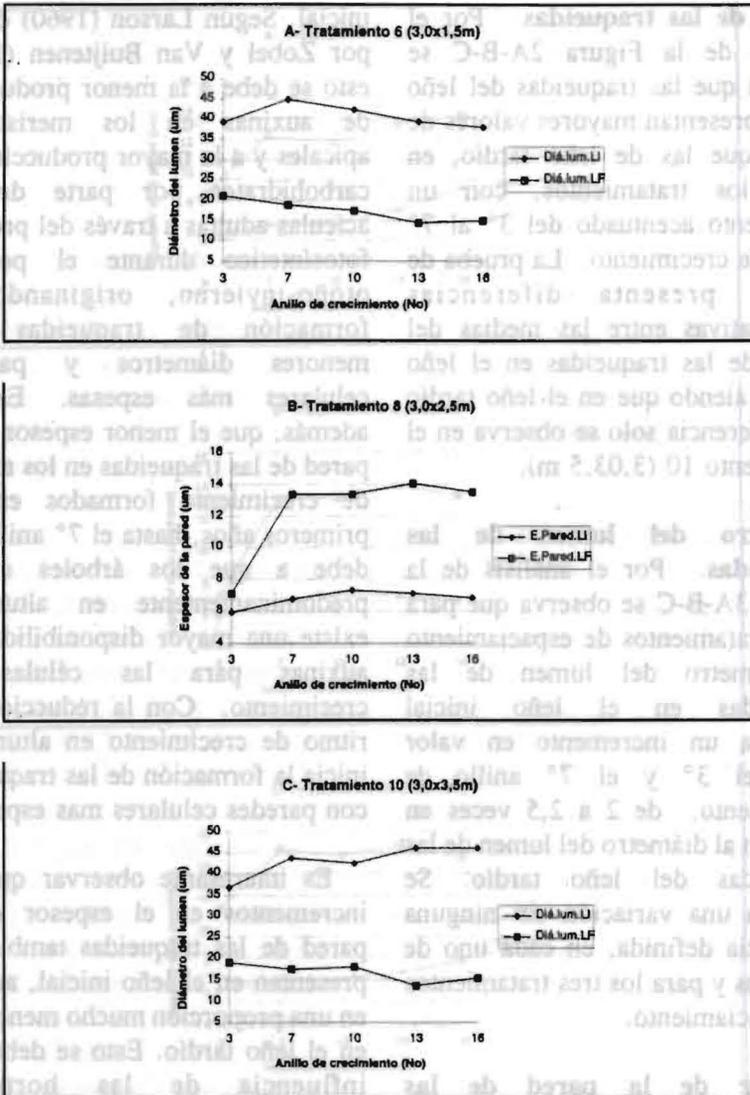


Figura 3. Variación del diámetro del lumen de las traqueidas en el sentido médula-corteza (anillos de crecimiento No. 3, 7, 10, 13 y 16) en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, para los espaciamientos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) y 10 (3,0x3,5 m).

Ancho de las traqueidas. Por el análisis de la Figura 2A-B-C se observa que las traqueidas del leño inicial presentan mayores valores de ancho que las de leño tardío, en todos los tratamientos, con un incremento acentuado del 3° al 7° anillo de crecimiento. La prueba de Tukey presenta diferencias significativas entre las medias del ancho de las traqueidas en el leño inicial, siendo que en el leño tardío esta diferencia solo se observa en el tratamiento 10 (3,03,5 m).

Diámetro del lumen de las traqueidas. Por el análisis de la Figura 3A-B-C se observa que para los 3 tratamientos de espaciamiento el diámetro del lumen de las traqueidas en el leño inicial presenta un incremento en valor entre el 3° y el 7° anillo de crecimiento, de 2 a 2,5 veces en relación al diámetro del lumen de las traqueidas del leño tardío. Se observa una variación sin ninguna tendencia definida, en cada uno de los leños y para los tres tratamientos de espaciamiento.

Espesor de la pared de las traqueidas. Se verifica por la Figura 4A-B-C que en los tres tratamientos de espaciamiento, las traqueidas del leño tardío presentaron mayor espesor de la pared en relación a las del leño

inicial. Según Larson (1960) citado por Zobel y Van Buijtenen (1989) esto se debe a la menor producción de auxinas en los meristemas apicales y a la mayor producción de carbohidratos por parte de las acículas adultas a través del proceso fotosintético durante el período otoño-invierno, originando la formación de traqueidas con menores diámetros y paredes celulares más espesas. Explica además, que el menor espesor de la pared de las traqueidas en los anillos de crecimiento formados en los primeros años, hasta el 7° anillo, se debe a que los árboles crecen predominantemente en altura y existe una mayor disponibilidad de auxinas para las células en crecimiento. Con la reducción del ritmo de crecimiento en altura, se inicia la formación de las traqueidas con paredes celulares más espesas.

Es interesante observar que los incrementos en el espesor de la pared de las traqueidas también se presentan en el leño inicial, aunque en una proporción mucho menor que en el leño tardío. Esto se debe a la influencia de las hormonas producidas durante el crecimiento en altura en la copa de los árboles, que muestran también, cambios de la madera juvenil para la adulta. Estas variaciones permiten observar que la transición del período juvenil para el

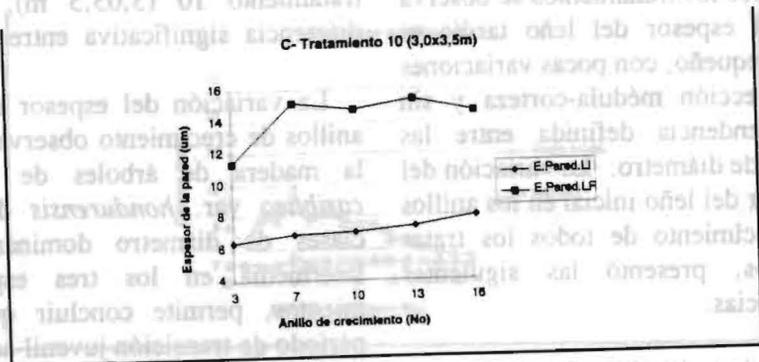
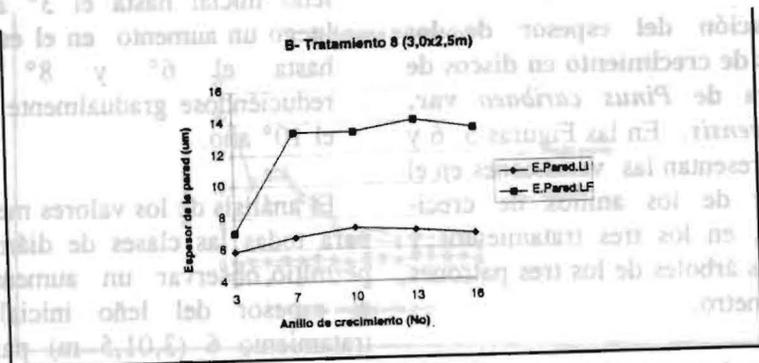
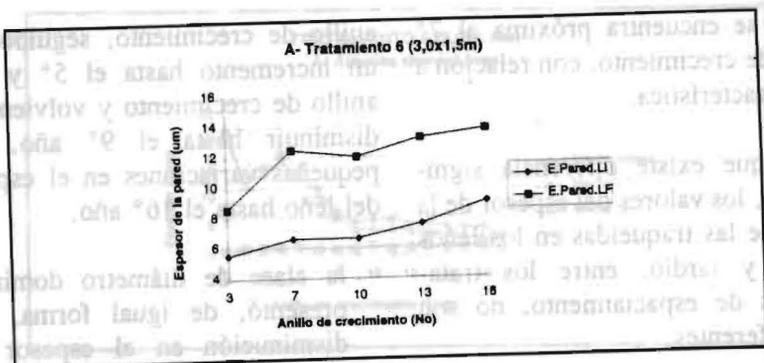


Figura 4. Variación del espesor de la pared de las traqueidas en el sentido médula-corteza (anillos de crecimiento No. 3, 7, 10, 13 y 16) en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, para los espaciamientos 6 (3,0x1,5 m), 8 (3,0x2,5 m) y 10 (3,0x3,5 m).

adulto se encuentra próxima al 7° anillo de crecimiento, con relación a esta característica.

Aunque existe diferencia significativa, los valores del espesor de la pared de las traqueidas en los leños inicial y tardío, entre los tratamientos de espaciamiento, no son muy diferentes.

Evaluación del espesor de los anillos de crecimiento en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan las variaciones en el espesor de los anillos de crecimiento, en los tres tratamientos y para los árboles de los tres patrones de diámetro.

En todos los tratamientos se observa que el espesor del leño tardío es muy pequeño, con pocas variaciones en dirección médula-corteza y sin una tendencia definida entre las clases de diámetro. La variación del espesor del leño inicial en los anillos de crecimiento de todos los tratamientos, presentó las siguientes tendencias:

- en los árboles de las clases dominante e intermedia hubo una disminución en el espesor del leño inicial entre el 2° y el 3°

anillo de crecimiento, seguido por un incremento hasta el 5° y 6° anillo de crecimiento y volviendo a disminuir hasta el 9° año, con pequeñas variaciones en el espesor del leño hasta el 16° año,

- la clase de diámetro dominada presentó, de igual forma, una disminución en el espesor del leño inicial hasta el 3° año y luego un aumento en el espesor hasta el 6° y 8° año, reduciéndose gradualmente hasta el 10° año.

El análisis de los valores medios, para todas las clases de diámetro, permitió observar un aumento en el espesor del leño inicial del tratamiento 6 (3,01,5 m) para el tratamiento 10 (3,03,5 m), sin diferencia significativa entre ellos.

La variación del espesor de los anillos de crecimiento observada en la madera de árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* de las clases de diámetro dominante e intermedia en los tres espaciamientos, permite concluir que el período de transición juvenil-adulto, en términos de esta característica, está comprendido entre los 8° y 10° anillos de crecimiento.

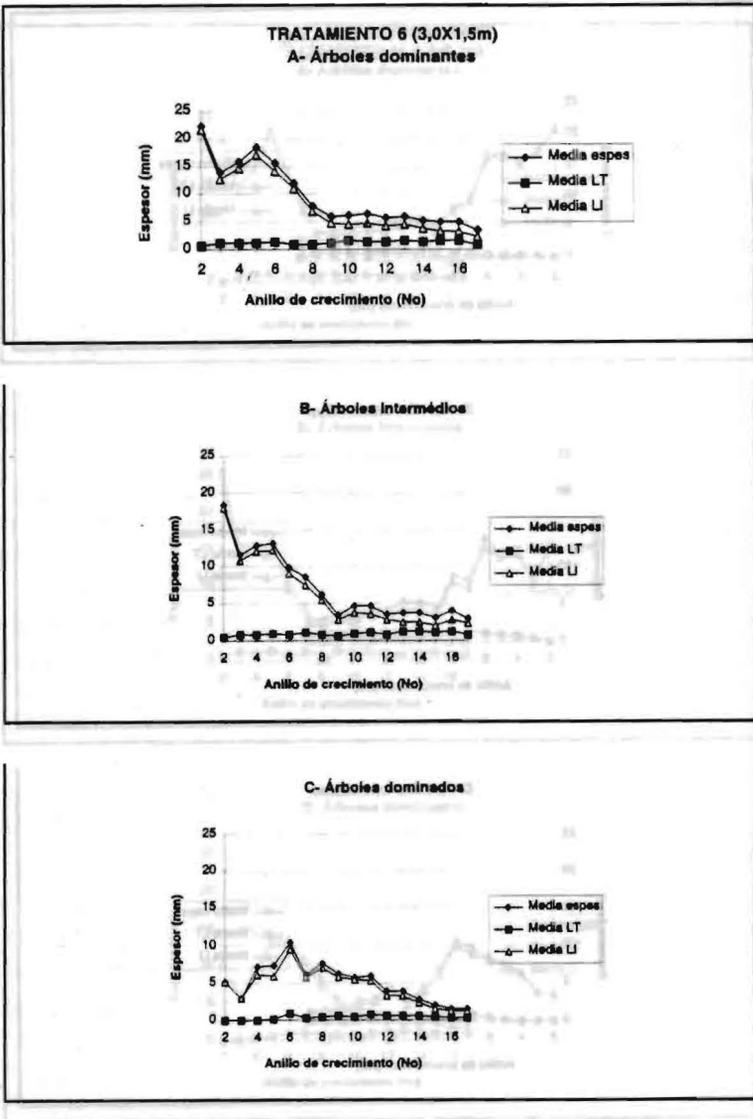


Figura 5. Variación del espesor de los anillos de crecimiento (mm), en el sentido médula-corteza, en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en el tratamiento 6 (3,0x1,5 m), para las tres clases de diámetro.

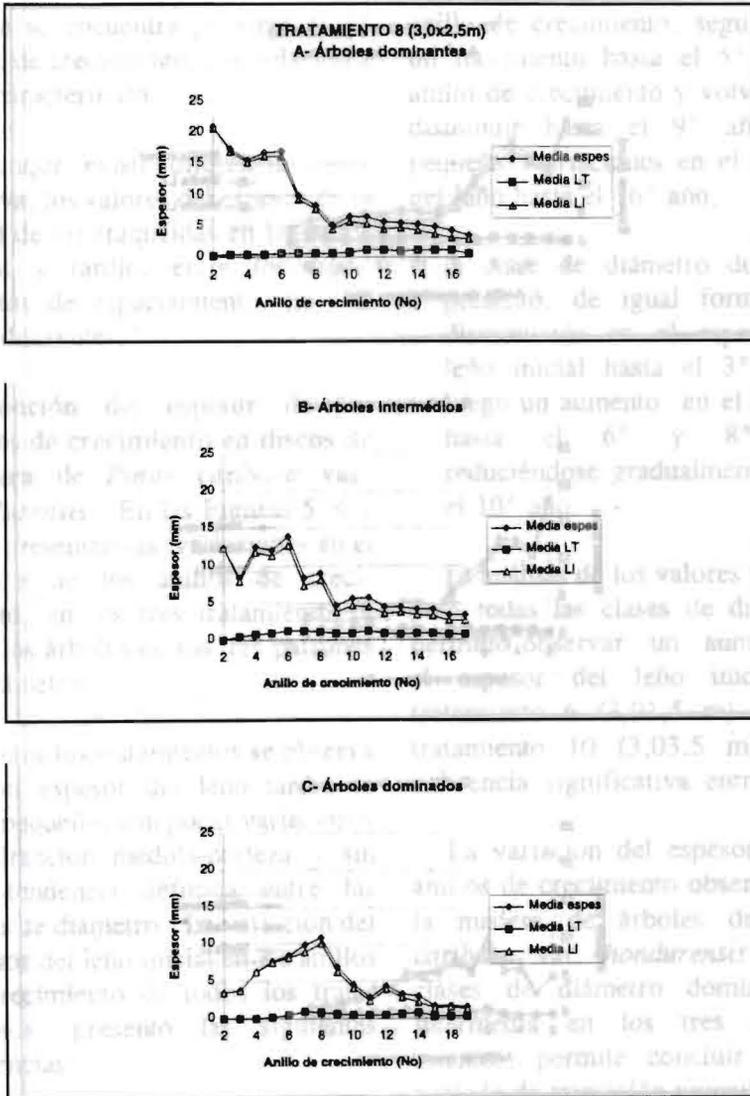


Figura 6. Variación del espesor de los anillos de crecimiento (mm), en el sentido médula-corteza, en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en el tratamiento 8 (3,0x2,5 m), para las tres clases de diámetro.

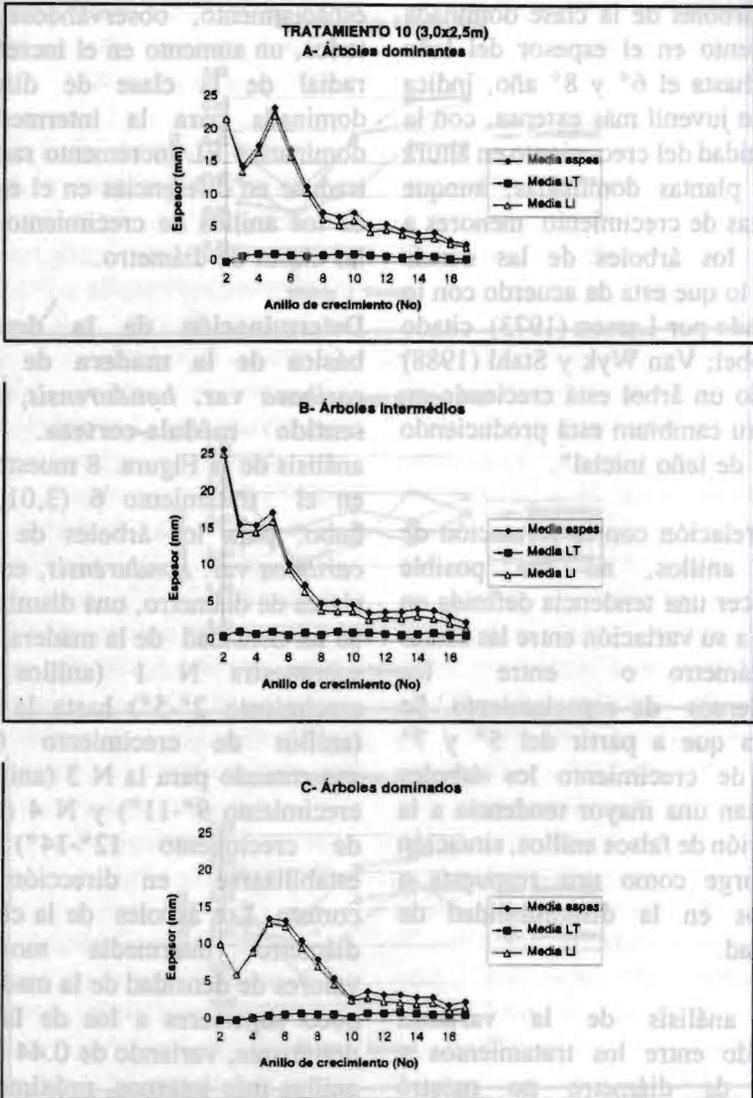


Figura 7. Variación del espesor de los anillos de crecimiento (mm), en el sentido médula-corteza, en discos de madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en el tratamiento 10 (3,0x3,5 m), para las tres clases de diámetro.

En árboles de la clase dominada el aumento en el espesor del leño inicial hasta el 6° y 8° año, indica una fase juvenil más extensa, con la continuidad del crecimiento en altura de las plantas dominadas, aunque con tasas de crecimiento menores a las de los árboles de las demás clases, lo que está de acuerdo con lo expresado por Larson (1973) citado por Zobel; Van Wyk y Stahl (1988) "cuando un árbol está creciendo en altura su cambium está produciendo células de leño inicial".

En relación con la formación de falsos anillos, no fue posible establecer una tendencia definida en cuanto a su variación entre las clases de diámetro o entre los tratamientos de espaciamiento. Se observa que a partir del 5° y 7° anillo de crecimiento los árboles presentan una mayor tendencia a la formación de falsos anillos, situación que surge como una respuesta a cambios en la disponibilidad de humedad.

El análisis de la varianza realizado entre los tratamientos y clases de diámetro no mostró significancia estadística, aceptándose de esta forma, la hipótesis de igualdad entre los mismos. Los incrementos radiales de los árboles no presentan una diferencia marcada entre los tratamientos de

espaciamiento, observándose en todos, un aumento en el incremento radial de la clase de diámetro dominada para la intermedia y dominante. EL incremento radial se traduce en diferencias en el espesor de los anillos de crecimiento entre las clases de diámetro.

Determinación de la densidad básica de la madera de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en el sentido médula-corteza.

El análisis de la Figura 8 muestra que en el tratamiento 6 (3.01,5 m) hubo, para los árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en las 3 clases de diámetro, una disminución de la densidad de la madera de la submuestra N 1 (anillos de crecimiento 2°-5°) hasta la N° 2 (anillos de crecimiento 6°-8°) aumentando para la N 3 (anillos de crecimiento 9°-11°) y N 4 (anillos de crecimiento 12°-14°) para estabilizarse en dirección a la corteza. Los árboles de la clase de diámetro intermedia mostraron valores de densidad de la madera un poco superiores a los de la clase dominante, variando de 0.44 (en los anillos más internos, próximos a la médula) hasta 0.51 g/cm³ (en los anillos más externos, próximos a la corteza). En la clase dominante la densidad de la madera varió de 0.40 hasta 0.51 g/cm³, en el sentido médula-corteza.

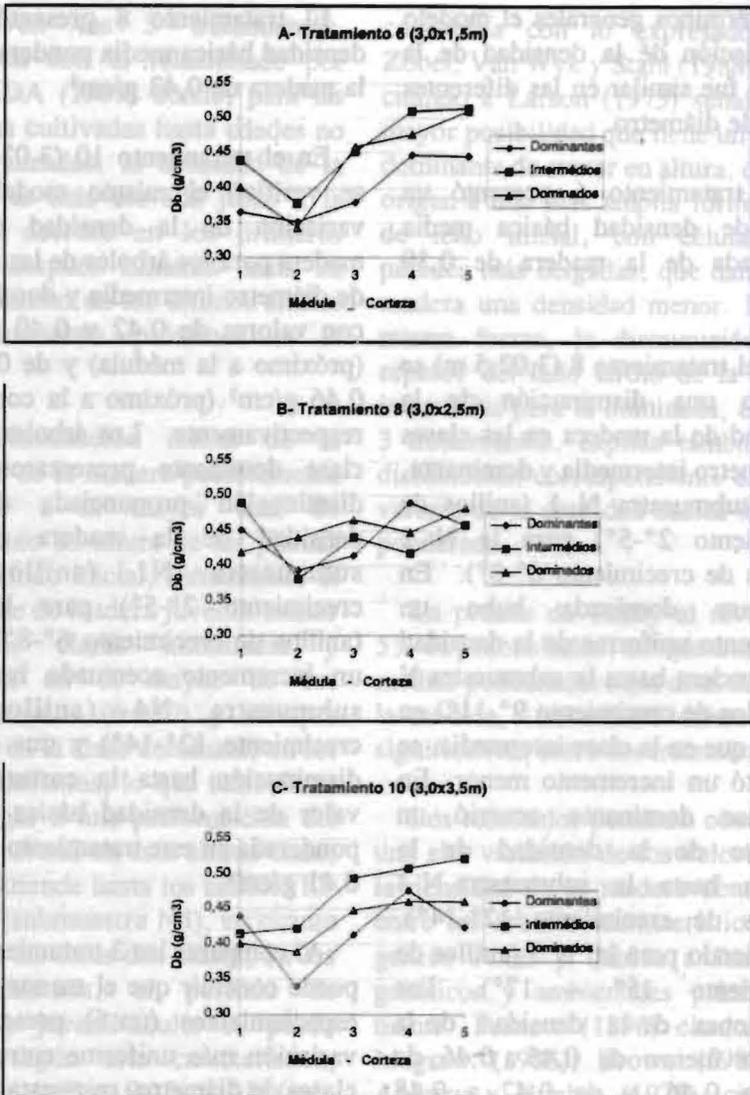


Figura 8. Variación de la densidad básica de la madera (g/cm^3), en 5 submuestras, tomadas en sentido médula-corteza en árboles de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, en los tres tratamientos de espaciamiento y las tres clases de diámetro.

En términos generales el modelo de variación de la densidad de la madera fue similar en las diferentes clases de diámetro.

EL tratamiento 6 presentó un valor de densidad básica media ponderada de la madera de 0,39 g/cm³.

En el tratamiento 8 (3,02,5 m) se verificó una disminución de la densidad de la madera en las clases de diámetro intermedia y dominante, de la submuestra N 1 (anillos de crecimiento 2°-5°) para la N 2 (anillos de crecimiento 6°-8°). En la clase dominada hubo un incremento uniforme de la densidad de la madera hasta la submuestra N 3 (anillos de crecimiento 9°-11°) en cuanto que en la clase intermedia, se presentó un incremento menor. En la clase dominante ocurrió un aumento de la densidad de la madera hasta la submuestra N 4 (anillos de crecimiento 12°-14°), decreciendo para la N 5 (anillos de crecimiento 15° - 17°). Las variaciones de la densidad de la madera fueron de 0,45 a 0,46, de 0,49 a 0,46, y de 0,42 a 0,48 g/cm³, para las clases dominada, intermedia y dominante, en el sentido médula-corteza, respectivamente.

El tratamiento 8 presentó una densidad básica media ponderada de la madera de 0,43 g/cm³.

En el tratamiento 10 (3,03,5 m) se verificó el mismo modelo de variación de la densidad de la madera para los árboles de las clases de diámetro intermedia y dominada, con valores de 0.42 y 0.40 g/cm³ (próximo a la médula) y de 0.52 y 0.46 g/cm³ (próximo a la corteza), respectivamente. Los árboles de la clase dominante presentaron una disminución pronunciada de la densidad de la madera de la submuestra N1 (anillos de crecimiento 2°-5°) para la N2 (anillos de crecimiento 6°-8°), con un incremento acentuado hasta la submuestra N4 (anillos de crecimiento 12°-14°) y una nueva disminución hasta la corteza. EL valor de la densidad básica media ponderada en este tratamiento fue de 0,41 g/cm³.

Al comparar los 3 tratamientos se puede concluir que el menor de los espaciamientos (tra.6) presenta la variación más uniforme entre las 3 clases de diámetro, respuesta que se puede atribuir a una mayor competencia entre los árboles en el rodal.

El modelo de variación de la densidad de la madera en el sentido

radial, en los 3 tratamientos, concuerda con el relacionado por ALMEIDA (1989) donde, para las coníferas cultivadas hasta edades no muy avanzadas, la densidad de la madera es más elevada junto a la médula, decrece en los primeros años y después aumenta hasta un valor máximo en los últimos anillos de crecimiento próximos a la corteza.

La disminución inicial de la densidad de la madera posiblemente se debe a la mayor tasa de crecimiento en altura de las plantas en el período inicial, aumentando el porcentaje de madera juvenil: menor para las clases intermedia y dominada en el mayor de los espaciamientos (trat10) y siempre presente en la clase dominante en los tres tratamientos, lo que también se puede ligar a una prolongación del período juvenil en esta última clase, que se extiende hasta los anillos 12-13 y 14 (submuestra N4), en cuanto que para las otras dos clases, en los 3 tratamientos, el período de transición juvenil-adulto se puede definir, según esta característica, entre los anillos 9-10 y 11 (submuestra N3).

Como se observa, los árboles de la clase intermedia muestran valores de densidad de la madera mayores que los de la clase dominante, lo que

concuerda con lo expresado por Zobel; Van Wyk y Stahl (1988) que, citando a Larson (1973) señalan la mayor posibilidad que tiene un árbol dominante de crecer en altura, dando origen a una mas amplia formación de leño inicial, con células de paredes más delgadas, que dan a su madera una densidad menor. De la misma forma, la disminución del espesor del leño tardío de la clase intermedia para la dominada, en los 3 tratamientos, explica también la disminución correspondiente en los valores de la densidad básica media ponderada.

La prueba de Tukey al nivel de 5% de probabilidad, comparando las medias ponderadas de la densidad de la madera, no mostró diferencias significativas entre los tratamientos.

Los resultados permiten observar una alta variación de los valores de la densidad de la madera dentro y entre los árboles, característica del genero *Pinus* y debida a factores genéticos y ambientales principalmente. Fernow (1896) citado por Megraw (1985); Brown (1983) y Andrew y Hughes (1973), citados por Zobel; Van Wyk y Stahl (1988).

El valor medio total encontrado para la densidad media ponderada de la madera es de 0,41 g/cm³ y se encuentra dentro de la variación

reportada por Rezende (1987) para árboles creciendo en el Estado de Bahia-Brasil, y por Palmer (1977) citado por Zobel; Van Wyk y Stahl (1988), para árboles de la misma variedad (*Pinus caribaea* var. *hondurensis*) creciendo en Fiji.

CONCLUSIONES

Variación de las dimensiones de las traqueidas en el sentido médula-corteza:

- el largo de las traqueidas en todos los tratamientos de espaciamiento y para los dos tipos de leño, aumentó casi el doble del 3° hasta el 7° anillo de crecimiento, con un incremento menos acentuado hasta el 10° anillo;
- el ancho, diámetro del lumen y espesor de la pared de las traqueidas, también presentaron cambios acentuados hasta el 7° anillo de crecimiento, con diferencias marcadas entre las traqueidas de leño inicial y tardío en todos los anillos de crecimiento;
- no se verificaron diferencias significativas entre las clases de diámetro de los árboles y los tratamientos de espaciamiento, para los parámetros anatómicos analizados;

- se puede definir que la región comprendida entre el 7° y 10° anillo de crecimiento, constituye la transición período juvenil-adulto, con relación a los parámetros anatómicos de la madera;

- los valores obtenidos para las dimensiones de las traqueidas se asemejan a los presentados en la literatura, siguiendo el mismo patrón de variación radial.

Variación del espesor de los anillos de crecimiento, en el sentido médula-corteza:

- los anillos de crecimiento en los árboles de las 3 clases de diámetro y en los 3 tratamientos de espaciamiento, presentaron un modelo de variación de su espesor con reducción hasta el 2°- 3° año, seguido por un incremento hasta el 5° - 6° año, después de lo cual, se observa una reducción gradual para alcanzar un valor estable a los 11 años. Las diferencias entre los árboles de las 3 clases de diámetro se refieren al espesor de los anillos de crecimiento, siendo más anchos en la clase dominante, mas estrechos en la clase dominada y de espesor medio en la clase intermedia.

Variación de la densidad básica de la madera en el sentido médula-corteza y valor de las densidades básicas medias:

- la densidad básica media de la madera presentó valores de 0,39, 0,43 y 0,41 g/cm³ en los tratamientos 6 (3,01,5 m), 8 (3,02,5 m) y 10 (3,03,5 m), respectivamente, con una media total para la variedad de 0,41 g/cm³;
- en general, se presentó una disminución del valor de la densidad básica de la madera en los primeros 6° y 8° anillos de crecimiento, con un posterior aumento en los años subsiguientes y con tendencia a estabilizarse en el año 14;
- no se verificaron diferencias significativas entre las clases de diámetro de los árboles y los tratamientos de espaciamento para la densidad básica de la madera.

BIBLIOGRAFIA

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

ANDREW, I.A. and HUGHES, J. F. Variation of wood properties in 12 year old trees of *P. caribaea* var. *hondurensis* in Trinidad. En: IUFRO Meet. Trop. Prov. and Prog. Res. and Inter. Coop Nairobi, Kenya, 1973; p. 532-535. Citados por: ZOBEL, B.; VAN WYK, G. and STAHL, P. Growing exotic forests. New York: John Wiley, 1988, 508p.

BALLONI, E. A. e SIMÕES, J.W. O. espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. En: Série Técnica. IPEF. Vol.1, No.3 (1980); p.1-16.

_____; MIGLIORINI, J.A. e BRITO, J. O. Produção de energia através de florestas de rápido crescimento. En: Circular Técnica. IPEF. Vol. 103 (1980); p.1-13.

BARRICHELO, L.E.G. e BRITO, J.O. Variabilidade radial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. En: IPEF. Vol. 18 (jun., 1979); p.81-102.

BENDTSEN, B.A. and SENFT J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine. En: Wood and Fiber Science. Vol. 18, No. 1 (1986); p.23-38.

BERTOLOTI, G. e MOTA, O. Efeitos do espaçamento de plantio no comportamento do *P. caribaea* Morelet plantado na região da Bahia. En: Boletim Informativo. IPEF. Vol. 8, No. 27 (1980); p.15-17.

- BROWN, G.A. A statistical analysis of density variation in *Pinus caribaea* grow in Jamaica. *En: Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers*, Vol. 2, (1983); p. 70-71. Citados por: ZOBEL, B.; VAN WYK, G. and TAHL, P. Growing extic forests. New York: John Wiley, 1988. 508 p.
- BURLEY, J.; HUGHES, P.F. and GOURLAY, I. Summary report on variation in density and tracheid lenght of ten trees of *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. from Jamaica. Brisbane: IUFRO Workshop S 2.02.08-S 2.03.01, 1977.
- COWN, D. J. Corewood (juvenil wood) in *Pinus radiata* - Should we be concerned? *En: New Zeland Journal of Forestry Science*, Rotorua. Vol. 22, No.1 (1992); p.87-95.
- _____; McCONCHIE, D.L. and YOUNG, G.D. Wood properties of *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Rotorua: Research Forest Institute, 1981. 6p.
- DUARTE, P.J.C. Influência do ritmo de crescimento na densidade da madeira de *P. elliottii* Engelm var. *elliottii*. Piracicaba. 1982. 98p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.
- FARJON, A. PINES, drawings and descriptions of the genus *Pinus*. The Netherlands: E.J. Brill, Leiden, 1984. 217p.
- FERNOW, B. E. "Southern Pine - Mechanical and Physical Properties ". *En: USDA: Division of Forestry. Circular No 12.* (1896). Citado por: MEGRAW, R.A. Wood quality factors in loblolly pine. Atlanta: Tappi, 1985. 88p.
- FISHWICK, R. W. Estudos de espaçamentos e desbastes em plantações brasileiras. *En: Brasil Florestal.* Vol. 7, No. 26 (1976); p.13-23.
- FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F. e BUSNARDO, C.A. Método do máximo teor de umidade aplicado à determinação de densidade básica da madeira do eucalipto. *En: Silvicultura.* Vol. 8, No. 28 (1983); p.792-796.
- HARRIS, J.M.; McCHONCHIE, D. L. and POVEY, W.A. Wood properties of clonal radiata pine grow in soils with different levels of available nitrogen, phosphorus and water. *En: Journal of Forestry Science.* Vol. 8, No.3 (1978); p.417-430.
- KLOCK, U. Qualidade da madeira de *P. oocarpa* Shiede e *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. Curitiba, 1989. 144p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.
- LARSON, P.R.. The physiological basis for wood specific gravity in conifers. *En: IUFRO Div. 4 Meet.* Vol. 2, (1973); p. 672-680. Citado por: ZOBEL, B.; VAN WYK, G. and STAHL, P. Growing exotic forests. New York: John Wiley, 1988. 508p.

- LARSON, P.R. A physiological consideration of the springwood - summerwood transition in red pine. *En: Forestry Science*. Vol. 6. (1960); p. 110-112. Citado por: ZOBEL, B.J. and VAN BUIJTENEN. Wood variation. Its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 216p.
- MEGRAW, R.A. Wood quality factors in loblolly pine. Atlanta: Tappi, 1985. 88p.
- PALMER, E. R., and GIBBS, J.A. Pulping characteristics of *Pinus caribaea* from Fiji: the effect of rate of growth. *En: Tropical Products Institute*. 1977; 15 p. Citados por: ZOBEL, B.; VAN WYK, G. and STAHL, P. Growing exotic forests. New York: John Wiley, 1988. 508p.
- REZENDE, M. A. de. Estudo dos anéis de crescimento de duas variedades de *Pinus caribaea* cultivadas na Bahia para avaliação da produtividade, massa específica e nutrição mineral. Piracicaba. 1987. 144p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.
- ROJAS, F. and ORTÍZ, E. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Barret y Golfari), espécie de árbol de uso múltiple em América Central. Turrialba: CATIE. Informe Técnico. Vol. 175 (1991); p.1-57.
- SCHULTZ, R.P. Utilization needs as a driving force in timber management research. *En: Forest Products Research Conference*. 1986. Citado por: KLOCK, U. Qualidade da madeira de *P. oocarpa* Shiede e *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et Golf. Curitiba. 1989. 144p. Tese (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.
- SOUZA, D.,R.de. Efeito do espaçamento na produtividade volumétrica de madeira em povoamentos de *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* até os 16 anos de idade. Piracicaba. 1995. 85p. Tese (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP.
- TOLEDO, F.D.V. e PIRES, C.L.S. Comportamento do *Pinus caribaea* var *hondurensis* Bar. et Golf. aos 16 anos em diferentes espaçamentos sem desbaste. Sao Paulo: Instituto Florestal, 1980. 3p.
- VALE C.; DA VILA, R. y LONGGART, J.J. Efecto del espaciamiento de plantación y clases de suelo sobre el crecimiento de *P. caribaea* Mor. var. *hondurensis* a 10 años de edad. *En: Boletín Técnico, CVG-Proforca*. Vol. 4 (ene.-feb., 1992); p.1-27.
- WHITMORE, J.L. & LIEGEL, L.H. Spacing trial of *Pinus caribaea* var *hondurensis*. New Orleans: Research Paper SO-162, 1980. 8p.

ZOBEL, B.J. The changing quality of the world wood supply. *En: Wood Science Technology*. Vol. 18, (1984); p. 1-17. Citado por: ZOBEL, B.J. & VAN BUIJTENEN. Wood variation. Its causes and control. Berlin: Springer-Verlag, 1989. 216p.

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

; VAN WYK, G. and STAHL, P. Growing exotic forests. New York: John Wiley, 1988. 508p.