

CARACTERÍSTICAS DE LOS ANILLOS Y DENSIDAD DE LA MADERA A DIFERENTES ALTURAS DEL FUSTE EN RODALES ACLAREADOS DE *Pinus patula* Schl. et Cham.¹

Hernández López Aurelio *

Martínez Reyes Magdalena **

Vargas Hernández J. Jesús ***

Velázquez Martínez Alejandro ***

Angeles Pérez Gregorio ****

RESUMEN

Con el propósito de evaluar el efecto de los aclareos sobre la calidad de la madera a diferentes alturas del fuste en rodales naturales de *Pinus patula*, se tomaron muestras de madera a tres alturas del fuste en dos rodales jóvenes de esta especie después de seis años de haber aplicado los aclareos. En estas muestras se determinó el ancho de los anillos de crecimiento, la relación de madera temprana/madera tardía y la densidad de la madera, incluyendo las secciones del crecimiento anterior y posterior a los aclareos.

Los resultados indicaron que los aclareos afectaron significativamente el ancho total, el ancho de madera temprana y de madera tardía, así como la proporción de madera tardía en los anillos de crecimiento de los dos rodales. El efecto de los aclareos sobre las características de los anillos se empezó a notar a los 2 años de aplicados los tratamientos y fue similar en todas las alturas del fuste muestreadas. El efecto principal fue contrarrestar parcialmente la reducción en el ancho de los anillos asociada con la edad. Debido a la reducción en la proporción de madera tardía, la densidad de la

¹ Contribución del Programa Forestal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 56230.

* Ingeniero Forestal. UACH. Chapingo, México.

** Ingeniero Forestal. UACH. Chapingo, México.

*** Profesor Investigador Adjunto. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México..

**** Investigador Adjunto. Programa Forestal. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

madera también se redujo ligeramente (2-5 %) en las parcelas aclareadas con respecto al testigo. Aunque no hubo diferencias estadísticas, en términos relativos la reducción de la densidad de la madera fue mayor en la parte baja que en la parte alta del fuste.

Palabras clave: *Pinus patula*, aclareos, anillos de crecimiento, densidad de la madera, formación de madera, crecimiento.

ABSTRACT

To evaluate the effect of different thinning levels on wood quality at several stem heights in two *Pinus patula* stands, wood samples were taken at three stem heights six years after thinnings were applied. On each sample, ring width, earlywood/latewood ratio and wood density were determined separately for the growth rings formed before and after the thinning.

At both stands thinning significantly affected earlywood, latewood and total ring widths, as well as the earlywood/latewood ratio. Effects on growth ring traits were first noticed two years after thinning, mainly counteracting age effects on growth ring characteristics. Thinning effects were similar along all the sampling heights on the stem. Due to the reduction in latewood ratio, wood density was also slightly reduced (2-5 %) by thinning. Although there were no statistical differences, relative reduction in wood density was larger at breast height than at the other sampling points on the stem.

Key words: *Pinus patula*, thinning, growth ring, wood density, wood formation, growth.

INTRODUCCIÓN

En silvicultura, los aclareos representan las cortas intermedias de mayor importancia, ya que a través de estos es posible controlar la densidad del rodal, lo que se traduce en un mejor aprovechamiento del sitio forestal.

En los últimos años, se ha tenido una aportación de conocimientos notable, que indican el efecto del control del espacio de crecimiento sobre el incremento en volumen de madera de los árboles. Sin embargo, la información existente sobre el posible efecto de los aclareos sobre la calidad de la madera, en términos de la densidad de ésta y de su relación con las proporciones de madera temprana y madera tardía en los anillos de crecimiento, es escasa o incompleta. Tampoco existe suficiente información disponible en relación a la duración de los efectos del aclareo sobre las características anteriores, o a la magnitud de estos efectos a diferentes alturas del fuste.

Se ha visto que la regulación continua del espaciamiento da como resultado un desarrollo más uniforme de los anillos de crecimiento y la consecuente producción de fustes de alta calidad (Daniel *et al.*, 1982)². La calidad de la madera está determinada por una serie de propiedades que pueden ser modificadas por la aplicación de aclareos; la densidad de la madera de las coníferas, al estar correlacionada con la anchura de los anillos de crecimiento anual, se puede modificar substancialmente si se modifica la velocidad de crecimiento. Es posible que por efecto del aclareo la densidad de la madera disminuya, especialmente si se modifica en forma significativa la proporción de madera temprana y madera tardía presentes en cada anillo de crecimiento (Daniel *et al.*, *op. cit.*).

Algunos estudios³ como el de Jozsa y Brix (1989)³, en rodales de abeto Douglas (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) mencionan una disminución en la densidad de la madera a 1.30 metros de altura y a un 25 % de la altura del árbol, como resultado de la aplicación de tres niveles de aclareo.

Por otro lado, se ha encontrado que el efecto de los aclareos sobre la densidad de la madera puede variar. Si se afecta la proporción relativa de madera temprana en un anillo, elevándola, la densidad de la madera generalmente disminuye; si, por el contrario, se eleva el porcentaje de madera tardía, la densidad de la madera también aumenta (Daniel *et al.*, *op. cit.*; Markstrom *et al.*, 1983⁴).

Lo anterior indica que la aplicación de los aclareos puede modificar características importantes de la formación de la madera que se reflejan en la calidad de ésta. Dado que *Pinus patula* Schl. *et* Cham. es una especie de gran importancia económica y susceptible de manejo intensivo para elevar la productividad, en este trabajo se evalúa el efecto de aclareos sobre las características de la madera anteriormente mencionadas.

² Daniel, P. W.; V. E. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura.

³ Jozsa, L. A. y H. Brix. 1989. The effects of fertilization and thinning on wood quality of a 24-year-old Douglas-fir stand. pp. 1137-1145.

⁴ Markstrom, D. C.; H. E. Troxell y Ch. E. Boldt. 1983. Wood properties of immature ponderosa pine after thinning. pp.33-36.

con el propósito de determinar la influencia de los aclareos sobre las características de los anillos de crecimiento y la densidad de la madera a diferentes alturas del fuste, establecer el inicio y la duración de los efectos del aclareo sobre las características de los anillos de crecimiento y evaluar las posibles alteraciones en la relación de la densidad de la madera con la proporción de madera tardía en los anillos de crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de los rodales y niveles de aclareo.

El presente trabajo se realizó en dos rodales de *Pinus patula* localizados dentro de la región forestal Chignahuapan-Zacatlán, en el estado de Puebla, en donde se establecieron parcelas de aclareos en 1985 (Velázquez *et al.*, 1992)⁵. Uno de los rodales, de 10 a 20 años de edad, se encuentra en el predio denominado Xopanac, mientras que el segundo rodal, de 20 a 30 años de edad, se ubica en el predio Atlamajac.

Una vez seleccionados los rodales, en cada uno de ellos se delimitaron 12 parcelas rectangulares de 0.1 Ha (50 x 20 m) de superficie, con una separación de 10 m de ancho entre ellas. En cada parcela se agruparon aleatoriamente tratamientos de área basal residual (100 %, 85 %, 75 % y 60 %).

Seis años después de aplicados los aclareos se muestrearon cuatro árboles representativos por parcela. En cada árbol seleccionado se ubicaron tres puntos de muestreo: a la altura del diámetro normal (altura 1), a la mitad del fuste limpio (altura 2) y en la base de la copa (altura 3). En cada posición de muestreo se tomaron dos muestras de madera con el taladro del Pressler. Una de las muestras se tomó por el lado superior de la pendiente y la otra a 90° hacia el lado derecho de la primera.

⁵ Velázquez M., A; M. de J. González y P. Hernández. 1992. Análisis estructural de un bosque de *Pinus patula*, como resultado de la aplicación de aclareos. pp. 13-25.

Determinación de las características de los anillos de crecimiento.

En cada cilindro de madera se contaron los últimos 12 anillos de crecimiento y se numeraron del 1 al 12 a partir del centro a la periferia del árbol, de tal manera que se tuvo una muestra de seis anillos (1-6) formados antes y seis anillos (7-12) formados después de la aplicación de los aclareos. En cada anillo se midió la anchura total y la anchura de la madera temprana, identificándola de la madera tardía por su color claro. A partir de estos datos se obtuvo la anchura de la madera tardía y su proporción para cada anillo anual. Las mediciones de los anillos anuales se realizaron con la ayuda de un microscopio estereoscópico con una precisión de ± 0.02 mm.

Determinación de la densidad de la madera.

Para medir la densidad de la madera se utilizó el método del Máximo Contenido de Humedad. Este método sólo requiere la determinación del peso de la muestra completamente saturada de agua y del peso anhidro de la misma, ambos realizados con igual precisión, en una balanza analítica. Esta característica se determinó por separado para cada sección de anillos formados antes y después de los aclareos. La fórmula utilizada para calcular la densidad de la madera de las muestras fue la siguiente (Smith, 1964)⁶:

$$DM = \frac{1}{\left(\frac{Pms - Pma}{Pma} + \frac{1}{Peo} \right)} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

- DM: = Densidad de la madera.
- Pms: = Peso de la muestra de madera completamente saturada.
- Pma: = Peso anhidro de la muestra de madera.
- Peo: = Densidad promedio de la sustancia madera (=1.53 g/cm³).

⁶ Smith, D. M. 1964. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples.

Para lograr la saturación de las muestras de madera, se colocaron en frascos conteniendo agua destilada, posteriormente se introdujeron en una bomba de vacío durante cinco días, después de lo cual se procedió a obtener el peso saturado con una balanza analítica digital (precisión ± 0.1 mg). Después de obtener el peso saturado, las muestras se colocaron en una estufa a $103 \pm 2^\circ$ C durante 24 horas para determinar el peso anhidro.

Análisis de los datos.

Para determinar el efecto de los aclareos y posiciones en el fuste del árbol sobre las variables cuantificadas, se realizaron análisis de varianza en forma general, para cada anillo individual (del 5 al 12), así como para los valores medios de las secciones antes y después del aclareo. El análisis estadístico se realizó por separado para cada uno de los predios, utilizando los valores promedio de las dos muestras de madera tomadas en cada posición del fuste.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + TP_{ij} + \varepsilon_{ijk} + s_{ijkl}$$

Donde:

- Y_{ijkl} = Valor observado en la l-ésima muestra (árbol) de la k-ésima parcela, j-ésima posición en el árbol con el i-ésimo tratamiento.
- μ = Media general, comun a todas las unidades.
- T_i = Efecto debido al i-ésimo nivel de aclareo.
- P_j = Efecto debido a la j-ésima posición en el árbol.
- TP_{ij} = Efecto de interacción.
- ε_{ijk} = Error experimental.
- s_{ijkl} = Error de muestreo dentro de la parcela experimental.

Adicionalmente, se realizó un análisis de correlación simple entre la densidad de la madera y las características de los anillos de crecimiento (anchura total, madera temprana, madera tardía y proporción de estos componentes) con la finalidad de determinar si existe una relación entre estas, en las secciones de madera formadas antes y después de los aclareos. Esto permitió además, determinar si la relación entre las variables se modificó por el efecto de los aclareos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de los aclareos sobre las características de los anillos de crecimiento.

El efecto de los aclareos sobre las características de los anillos de crecimiento fue similar en los dos rodales (Xopanac y Atlamajac), con algunas excepciones (Cuadro N° 1).

Antes de la aplicación de los aclareos, en el rodal Xopanac no existían diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las parcelas con los diferentes tratamientos, en las características de anchura de anillos y anchura de madera temprana y madera tardía, pero sí en la proporción de madera tardía. Sin embargo, después de los aclareos se observaron diferencias significativas entre tratamientos en las primeras tres variables (anchura total, anchura de madera temprana y de madera tardía), y desaparecieron las diferencias en la proporción de madera tardía en los anillos de crecimiento (Cuadro N° 1).

Con excepción de la anchura de madera tardía, se encontraron diferencias significativas entre los puntos de muestreo en el fuste en todas las variables en el periodo posterior a los aclareos, sin embargo no se encontraron efectos significativos de la interacción **Tratamientos*Altura** en ninguna de las variables medidas, lo cual indica que el efecto de los aclareos fue similar en todas las alturas del fuste consideradas.

A diferencia del rodal Xopanac, en el rodal Atlamajac existían diferencias entre las parcelas antes de aplicados los aclareos, en las características de anchura de anillos y anchura de madera temprana y madera tardía, pero no en la proporción de madera tardía. Después de los aclareos se mantuvieron las diferencias en las primeras tres variables, pero además se observaron diferencias significativas en la proporción de

madera tardía. Asimismo, se observaron diferencias significativas antes y después de aplicados los aclareos entre los puntos de muestreo en el fuste pero no en la interacción **Tratamiento*Altura** en ninguna de las variables medidas.

VARIABLE	Trt	Alt	Trt*Alt	Error	Trt	Alt	Trt*Alt	Error
	Xopanac				Atlamajac			
Antes del aclareo								
Ancho total	1.829ns	47.63**	0.203ns	1.266	3.396*	63.46**	0.210ns	0.530
Madera temprana	1.776ns	42.84**	0.114ns	0.954	2.887*	57.54**	0.157ns	0.475
Madera tardía	0.015ns	0.165**	0.023ns	0.042	0.103**	0.323**	0.011ns	0.019
Prop. de madera tardía	0.008*	0.07**	0.001ns	0.002	0.003ns	0.11**	0.001ns	0.002
Después del aclareo								
Ancho total	5.180*	5.43*	0.096ns	1.197	5.602**	9.591**	0.032ns	0.477
Madera temprana	3.309*	5.21*	0.086ns	0.925	4.22**	9.159**	0.025ns	0.403
Madera tardía	0.227*	0.04ns	0.009ns	0.031	0.120**	0.070*	0.003ns	0.015
Prop. de madera tardía	0.002ns	0.02**	0.001ns	0.002	0.008*	0.043**	0.001ns	0.002

ns = no significativo, * Significativo con $\alpha \leq 0.05$, *** Significativo con $\alpha \leq 0.01$.

Cuadro N° 1. Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza para las características promedio de los anillos anuales a diferentes alturas del fuste (Alt), antes y después de aplicar los tratamientos de aclareo, en dos rodales de *Pinus patula* en los predios Xopanac y Atlamajac, Chignahuapan-Zacatlán, estado de Puebla, México.

En ambos rodales los árboles de las parcelas aclareadas presentaron una mayor anchura de los anillos de crecimiento formados en el periodo posterior a los tratamientos, de un 18 % a un 26 % y de un 23 % a un 25 % para Xopanac y Atlamajac, respectivamente, mayor con respecto a los árboles en las parcelas sin tratamiento. Este aumento en la anchura promedio de los anillos se debió tanto a un aumento en la anchura de la madera temprana, como de la madera tardía, las que aumentaron en un 23% y 24% en el rodal Xopanac y en un 26% y 15% en el rodal Atlamajac, respectivamente (Cuadro N° 2, Figura N° 1). Sin embargo, no se notaron grandes diferencias entre el aclareo más ligero y el más intenso. El aumento relativo en

las características de los anillos fue ligeramente mayor en el rodal más joven (Xopanac). Debido a que la madera temprana y madera tardía aumentaron en una magnitud similar, no se alteró la proporción de madera tardía con respecto al testigo.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
	Xopanac				Atlamajac			
Antes del aclareo								
Ancho total (mm)	3.635a	3.201a	3.585a	3.704a	3.134b	3.619a	3.918a	3.59a
Madera temprana (mm)	2.989a	2.534a	2.896a	3.014a	2.463b	2.985a	3.119a	
2.858ab								
Madera tardía (mm)	0.646a	0.667a	0.689a	0.689a	0.671b	0.707ab	0.798a	
0.732ab								
Prop. de madera tardía	0.186b	0.22a	0.203ab	0.194b	0.226a	0.205a	0.213a	0.217a
Después del aclareo								
Ancho total (mm)	2.247b	2.719a	3.068a	3.028a	2.419b	3.179a	3.232a	3.209a
Madera temprana (mm)	1.762b	2.102ab	2.402a	2.395a	1.862b	2.554a	2.552a	2.535a
Madera tardía (mm)	0.485b	0.617a	0.666a	0.633a	0.556b	0.625ab	0.681a	0.675a
Prop. de madera tardía	0.223a	0.233a	0.225a	0.216a	0.237a	0.199b	0.215ab	
0.216ab								

T1 = testigo, T2 = 85%, T3 = 75% y T4 = 60%, de área basal residual.

Valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes con $\alpha \leq 0.05$.

Cuadro N° 2. Comparación de medias antes y después de aplicados los tratamientos de aclareo, en dos rodales de *Pinus patula* en los predios Xopanac y Atlamajac, Chignahuapan-Zacatlán, estado de Puebla, México.

Al comparar las características de los anillos antes y después de los aclareos (Cuadro N° 2), se observa que en todos los tratamientos se presentó una reducción en la anchura de los anillos, así como en la anchura de la madera temprana y madera tardía y un ligero aumento en la proporción de madera tardía, lo cual es lógico esperar debido al aumento en la edad de los árboles. Es bien conocido en la literatura este patrón de crecimiento en diámetro y anchura de los anillos asociado con la edad (Daniel *et al.*,

op. cit.: Zobel y Van Buijtenen, 1989⁷). Aun cuando los tratamientos de aclareos no fueron suficientes para revertir este patrón de crecimiento (Cuadro N° 2), la reducción en la anchura de los anillos y el aumento en la proporción de madera tardía asociados con la edad, fue menor en las parcelas aclareadas que en las parcelas sin aclareo.

Estos resultados coinciden con los datos presentados por Savina (1956)⁸, quien encontró que después de aplicados los niveles de aclareo, en una plantación de pino de 14 a 21 años de edad, el promedio de madera tardía en los anillos anuales de los árboles de todos los diámetros, aumentó tanto en las parcelas aclareadas como en las no aclareadas, con respecto a la condición anterior a los tratamientos, aunque el cambio fue ligeramente menor en las no tratadas.

Características de los anillos de crecimiento a diferentes alturas del fuste.

Antes de la aplicación de los aclareos, la anchura promedio de los anillos de crecimiento era mayor en la base de la copa, al igual que la anchura de madera temprana (MTEM) y de madera tardía (MTAR). Después de su aplicación, la anchura total y la anchura de la madera temprana también fueron mayores en la base de la copa con respecto a la parte baja del fuste (Figura N° 1), aunque las diferencias se redujeron a sólo un 21 % y 22 %, respectivamente. Por el contrario, la anchura de la madera tardía después de los aclareos fue muy similar en las tres alturas, por lo que la proporción de madera tardía fue mayor en la base del árbol (Figura N° 1). A pesar de ello, las diferencias en esta variable fueron menores que las que se observaron antes de aplicar los aclareos.

Estos resultados son consistentes con lo que se ha señalado en la literatura, no obstante que en la mayoría de las especies las propiedades de la madera varían a diferentes alturas del fuste (Zobel y Van Buijtenen, *op. cit.*), normalmente se tiene una menor proporción de madera tardía en la parte alta del fuste (Lundgren, 1981⁹; Morales, 1991¹⁰).

⁷ Zobel, B. J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation, its causes and control.

⁸ Savina, A. V. 1956. The physiological justification for the thinning of forests.

⁹ Lundgren, A. I. 1981. The effect of initial number of trees per acre and thinning densities on timber yields from red pine plantations in the Lake State.

¹⁰ Morales R., A. 1991. Consideraciones silvícolas y beneficios contables de la aplicación de aclareos en *Pinus patula* Schl. et Cham. en Chignahuapan, Puebla.

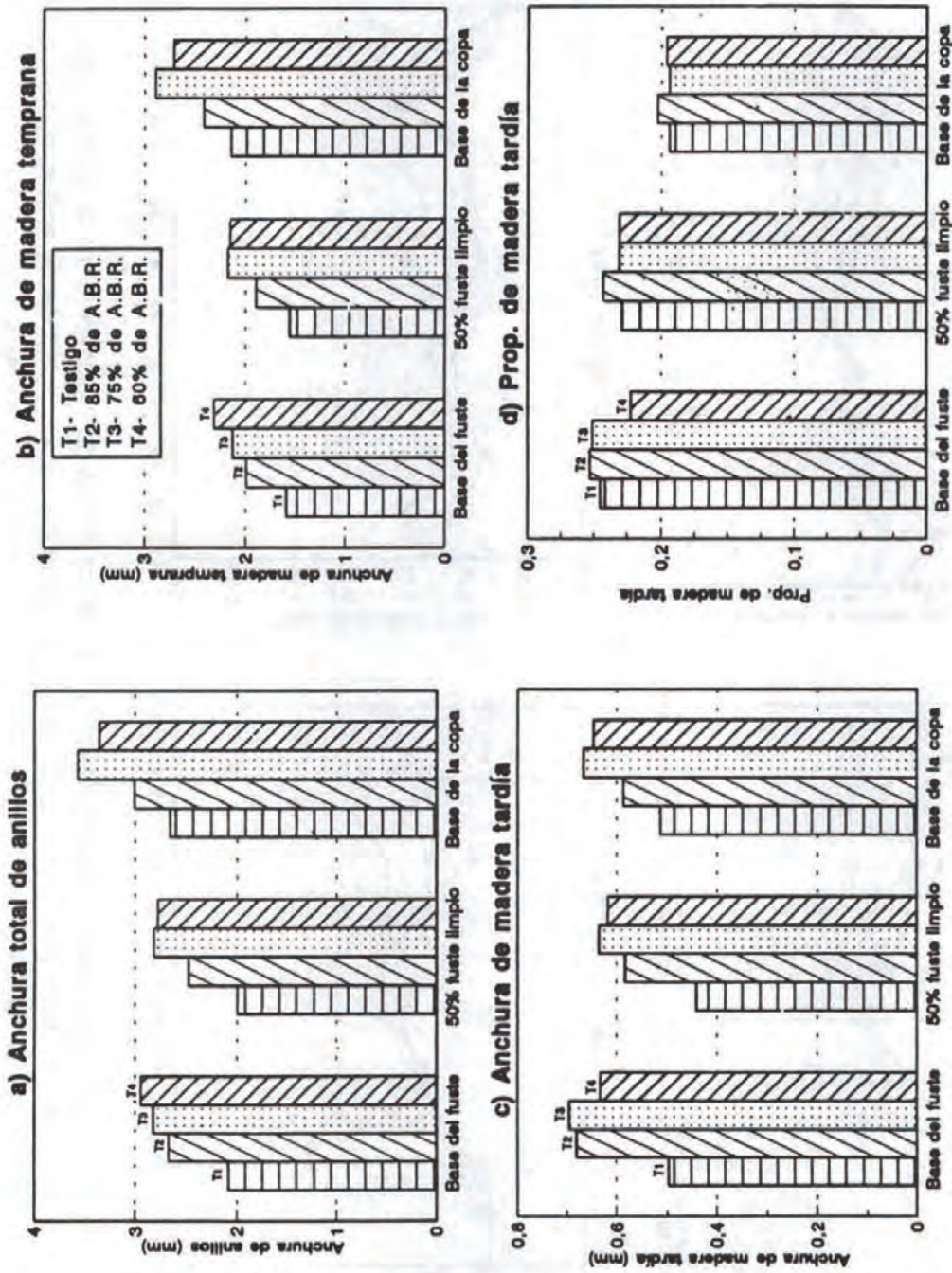


Figura 1. Características promedio de los anillos de crecimiento de diferentes niveles de aclareo en un rodal joven de *Pinus patula* (rodal Xopanac). a) Anchura total de anillos, b) Anchura de madera temprana, c) Anchura de madera tardía y d) Proporción de madera tardía. (A.B.R. - Area basal residual).

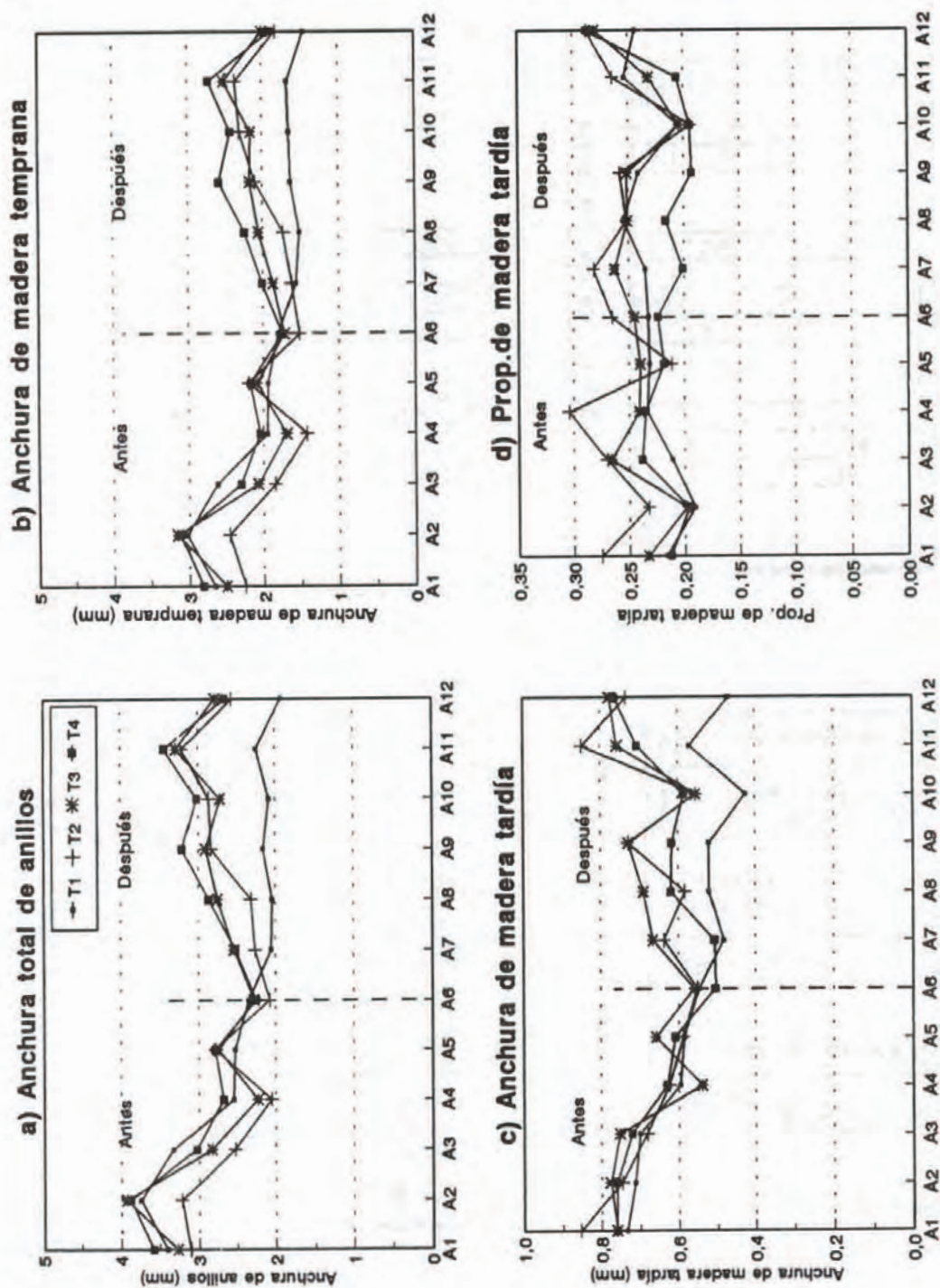


Figura 2. Efecto de los aclareos sobre las características de los anillos de crecimiento en la base del fuste (1.3 m) en un rodal joven de *Pinus patula* (rodal Xopanac). a) Anchura total de anillos, b) Anchura de madera temprana, c) Anchura de madera tardía y d) Proporción de madera tardía.

Características individuales de los anillos de crecimiento.

El efecto de los aclareos se empezó a notar hasta después de dos años en la anchura de madera tardía (Figura N° 2c) y después de 4 años en la madera temprana (Figura N° 2b) y anchura total del anillo (Figura N° 2a) en el rodal Xopanac. Una vez manifestados los efectos anteriores, éstos se mantuvieron durante todo el periodo de estudio. En cambio, la proporción de madera tardía (PMT) no se vio afectada por los tratamientos (Figura N° 2d). Esto es lógico de esperar, pues a pesar de que cualquier práctica silvícola (aclareo, fertilización, poda, etc.) ocasiona una modificación casi inmediata en la fisiología del árbol, los efectos sobre el crecimiento y acumulación de biomasa se empiezan a manifestar hasta después de uno o dos años de efectuada la práctica, una vez que se alcanza el nuevo equilibrio en los procesos fisiológicos.

Los resultados de este estudio son similares a los datos proporcionados por Ruark *et al.* (1991)¹¹, donde la anchura de los anillos de crecimiento fue muy irregular, inclusive después de aplicados los aclareos. Si en aquel estudio los tratamientos hubieran acontecido nueve años antes de lo real, es muy probable que la anchura de los anillos se hubiera mantenido más uniforme, dado que generalmente, existe una disminución asociada con la edad de los árboles (Daniel *et al.*, *op. cit.*).

En este estudio no se apreció una diferencia significativa entre los diferentes niveles de aclareo de acuerdo a lo esperado, lo cual parece implicar que las condiciones de espaciamiento no se modificaron drásticamente de un tratamiento a otro. Tal vez hubiera sido necesario explorar un intervalo más amplio de intensidades de aclareo.

Efecto de los aclareos sobre la densidad de la madera.

En los rodales se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la densidad de la madera entre las parcelas después de aplicados los aclareos, pero no antes de aplicar los tratamientos, lo cual parece indicar que la reducción de la competencia por efecto de los aclareos si alteró la densidad de la madera. También se observaron diferencias significativas en la densidad de la madera entre los diferentes puntos de muestreo a lo largo del fuste, tanto antes como después de aplicados los tratamientos, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la interacción de los dos factores anteriores en ninguno de los rodales estudiados.

¹¹ Ruark, G. A.; J. R. Saucier y R. G. Campbell. 1991. Managing dense, seed-origin loblolly pine stands to utilize the favorable juvenile wood core for sawlog production: a case study. pp. 5-9.

Al comparar la densidad de la madera en las parcelas testigo (0.475 y 0.458) con el valor promedio de los tres niveles de aclareo (0.453 y 0.449) en los rodales de Xopanac y Atlamajac, respectivamente, la reducción en la densidad de la madera por efecto de los aclareos es menor del 5 % en Xopanac y del 2 % en Atlamajac.

En los dos rodales, la densidad de la madera aumentó sustancialmente en los seis anillos formados después de los aclareos, con respecto a los anillos formados antes de éstos. Estos cambios asociados con la edad son de menor magnitud en el predio Atlamajac que los observados en el predio Xopanac, posiblemente debido a la mayor homogeneidad de las características de la madera en el rodal de más edad. En diferentes estudios se ha demostrado que los cambios más fuertes en densidad de la madera asociados con la edad, se presentan en los árboles jóvenes, en edades cercanas a la transición de madera juvenil a madera madura (Megraw, 1985¹²; Cregg *et al.*, 1987¹³).

En un estudio realizado recientemente en *Pseudotsuga menziesii* (Jozsa y Brix, *op. cit.*) se encontró que el efecto de los aclareos sobre la densidad de la madera fue ligeramente mayor en la base del fuste que a mayores alturas, con reducciones que variaron de 4 % a 7 % en la base del fuste y de 0 % a 3 % en la parte alta. Dichos valores son similares a los observados en este estudio, en donde la reducción en la densidad de la madera fue ligeramente mayor en la base del fuste que en la parte alta, asociado con una mayor disminución de la proporción de madera tardía en la base del fuste.

Correlación entre la densidad de la madera y las características de los anillos de crecimiento.

En ambos rodales la densidad de la madera mostró una correlación negativa con la anchura de los anillos ($r \cong -0.60$), y con la anchura de madera temprana, pero no mostró ninguna relación con la anchura de madera tardía antes de los aclareos. Como se esperaba y al igual que en otras especies de coníferas (Daniel *et al.*, *op. cit.*), se encontró una correlación positiva ($r > 0.66$) con la proporción de madera tardía.

Las correlaciones de la densidad de la madera con la anchura total del anillo y la anchura de la madera temprana se redujeron ligeramente después de realizados los aclareos, mientras que las correlaciones con la anchura y proporción de la madera tardía se mantuvieron prácticamente sin cambios. La reducción en el valor absoluto de

¹² Megraw, R. A. 1985. Wood quality factors in loblolly pine. pp. 63-67.

¹³ Cregg, B. M.; P. M. Dougherty y T. C. Hennessey. 1988. Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors. pp. 851-858.

la correlación entre la densidad de la madera y la anchura de los anillos se debió fundamentalmente al hecho de que existió un aumento significativo en la anchura de los anillos por efecto de los aclareos, mientras que la densidad de la madera solo se modificó ligeramente.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados de este trabajo, es posible establecer las siguientes conclusiones:

- El aclareo afectó significativamente las características de los anillos de crecimiento, incluyendo la anchura total y la anchura de la madera temprana y madera tardía. Debido a que la anchura total del anillo y de la madera temprana y madera tardía se redujeron con la edad, el efecto fundamental del aclareo no fue aumentar la anchura de los anillos, sino evitar una disminución drástica por efecto de la edad.
- El efecto del aclareo sobre las características de los anillos de crecimiento se manifestó a partir de los dos años siguientes al aclareo. Una vez manifestados, los efectos se mantuvieron durante todo el período de estudio, excepto en el caso de la proporción de madera tardía, la cual no se vio afectada en forma significativa por los tratamientos. Esta respuesta fue similar en los dos rodales, y en todas las alturas del fuste muestreadas.
- Los aclareos también ocasionaron una ligera reducción en la densidad de la madera con respecto a las parcelas testigo. Sin embargo, el efecto de la edad fue más notorio, aumentando la densidad de la madera en todas las parcelas con respecto a los valores anteriores al aclareo. A pesar de la diferencias existentes en la densidad de la madera a lo largo del fuste (mayor densidad en la parte baja), la reducción de la densidad de la madera por efecto de los aclareos fue ligeramente mayor en la parte baja.
- A pesar del efecto de los aclareos sobre las características de los anillos de crecimiento, la asociación entre la densidad de la madera y estas características no se modificó substancialmente después de los aclareos.

BIBLIOGRAFÍA

- Cregg, B. M.; P. M. Dougherty y T. C. Hennessey. 1988. Growth and wood quality of young loblolly pine trees in relation to stand density and climatic factors. *Can. J. For. Res.* 18: 851-858.
- Daniel, P. W.; V. E. Helms y F. S. Baker. 1982. Principios de silvicultura (traducción al español por R. Elizondo Mata). Mc Graw-Hill. 2a. Ed. México. 492 p.
- Jozsa, L. A. y H. Brix. 1989. The effects of fertilization and thinning on wood quality of a 24-year-old Douglas-fir stand. *Can. J. For. Res.* 19:1137-1145.
- Lundgren, A. L. 1981. The effect of initial number of trees per acre and thinning densities on timber yields from red pine plantations in the Lake States. USDA, For. Serv. Res. Pap. NC-193. North Central For. Exp. Stn. St. Paul, Minnesota. 25 p.
- Markstrom, D. C.; H. E. Troxell y CH. E. Boldt. 1983. Wood properties of immature Ponderosa pine after thinning. *For. Prod. J.* 33:33-36.
- Megraw, R. A. 1985. Wood quality factors in loblolly pine. TAPPI Press. Atlanta, GA. U.S.A. pp. 63-67.
- Morales R, A. 1991. Consideraciones silvícolas y beneficios contables de la aplicación de aclareos en *Pinus patula* Schl. et Cham. en Chignahuapan, Puebla. Tesis de Licenciatura. Departamento de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 103 p.
- Ruark, G. A.; J. R. Saucier, y R. G. Campbell. 1991. Managing dense, seed-origin loblolly pine stands to utilize the favorable juvenile wood core for sawlog production: a case study. *South. J. Appl. For* 15:5-9.
- Savina, A. V. 1956. The physiological justification for the thinning of forests. (Traducido del ruso por Bernard Toker). Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem, Israel, 91 p.
- Smith, D. M. 1964. Maximum moisture content method for determining specific gravity of small wood samples. Forest Products Laboratory. USDA, For. Serv. Madison, Wisconsin. 7 p.

- Velázquez M., A.; M. González G. y P. Hernández. 1992. Análisis estructural de un bosque de *Pinus patula*, como resultado de la aplicación de aclareos. *Agrociencia. Serie Recursos Naturales Renovables* 2 (1): 13-25.
- Zobel, B. J. y J. P. Van Buijtenen. 1989. Wood variation, its causes and control. Springer-Verlag. New York, USA. 361 p.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se llevó a cabo con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México, correspondiente al proyecto de investigación 0373-A "Influencia de prácticas silvícolas en la productividad de rodales de *Pinus patula*".