

Comparación de dos sistemas de aclareos en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. en la península de Nicoya, Costa Rica

Comparison of two thinning systems in plantations of Tectona grandis L.f. in the Nicoya Peninsula, Costa Rica

ELADIO CHAVES SALAS,
ORLANDO CHINCHILLA
y FERNANDO MORA CHACÓN

Universidad Nacional, Instituto de Investigación y Servicios Forestales,
Heredia, Costa Rica, correo electrónico: echaves1@ice.co.cr

Recibido: 07-11-13 / Aceptado: 15-12-13

Resumen

Se presentan los resultados de dos experimentos de aclareo realizados con diferentes objetivos en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.), en la península de Nicoya: Puerto Carrillo, con 10 años de registros y Cabuya, con 23 años de investigación. Se realizaron aclareos fuertes a temprana edad, basados en número de árboles en plantaciones manejadas en forma intensiva, con turno corto y aclareos más leves usando el área basal como parámetro, en plantaciones de turno largo. Los ensayos se establecieron con un diseño de bloques completos al azar, con dos repeticiones. Se realizaron aclareos a los 7, 12 y 21 años en Cabuya y a los 5, 6 y 10 años en Puerto Carrillo. Se detectaron diferencias significativas, en el primero y el segundo aclareo en plantaciones de 7 y 12 años, en la plantación de Cabuya entre los tratamientos de aclareo y el testigo, pero el tercer aclareo realizado a los 21 años, no presentó diferencias significativas. Los aclareos realizados en Puerto Carrillo, que dejó 500 árboles/ha a los seis años, mostraron un mayor crecimiento diamétrico que los realizados tomando en cuenta el área basal, en sitios de similar calidad. Las altas densidades a temprana edad afectan el crecimiento en diámetro, altura y hasta la productividad del sitio. Las plantaciones de teca en la península de Nicoya, se clasificaron entre los índices de sitio 23 y 27, con una edad clave de 16 años, estas plantaciones se consideran como sitios de clase media y alta, de acuerdo al crecimiento exhibido por la teca en Costa Rica.

Palabras clave: manejo de plantaciones, raleo, área basal, crecimiento, plantaciones forestales.

Abstract

Results are presented of two thinning experiment carried out with different goals in teak plantations (*Tectona grandis* L.f.), in two sites, at the Nicoya Peninsula: Puerto Carrillo with 10 years of records and Cabuya with 23 years of research. Strong early thinnings, were done, based on the number of trees in intensively managed plantations with a shorter rotation and lighter thinning using basal area as a parameter, in the longer rotation plantations. A completely randomized block design with two replication was using. Thinnings were done at 7, 12 and 21 years in Cabuya and at 5, 6, and 10 years in Puerto Carrillo. Significant differences were detected in the first and the second thinning at the ages of 7 and 12, at Cabuya plantation, between the different thinning treatments and the control plot, but the third thinning done at 21 years of age, the differences were not significant. The thinning carried out at Puerto Carrillo, taking as a reference the number of trees, in order to leave 500 trees/ha at the age of 6, showed a superior growth in diameter that those carried out taking into account the basal area, in sites of similar quality. The high densities at early ages affect the growth in diameter and height, and also affect stand productivity. The teak plantations at the Nicoya Peninsula, classified among site indexes of 23 and 27, with a 16 year-old base age, and are considered as middle class and high class sites, according to the growth exhibited by teak in Costa Rica.

Key words: teak, thinning, basal area, growth, forest plantations, plantation management.

1. Introducción

La Teca (*Tectona grandis* L.f.) es una de las especies más importantes para plantaciones forestales en las zonas tropicales a nivel mundial. En Costa Rica, ha despertado mucho interés en los proyectos de reforestación en las zonas bajas de la región, para

la producción de madera en sitios que tienen una estación seca definida, aunque también se plantó en sitios con altas precipitaciones. Su uso se ha incrementado por su fácil establecimiento, buen crecimiento inicial y por la calidad de la madera, que se califica como una de las más valiosas en el ámbito mundial. Estudios recientes indican que en el

país existen cerca de 40.000 ha plantadas con esta especie, muchas de estas plantaciones han sido establecidas por las empresas privadas que fueron estimuladas por los incentivos del Gobierno que conceden el pago por los servicios por compensación de emisiones y por la exoneración sobre el equipo importado y sobre los beneficios derivados del negocio de la plantación. Compañías privadas con capital extranjero han sido las principales inversoras en estas plantaciones, quienes también han invertido en programas de mejoramiento genético para la especie (Murillo y Badilla, 2003; Schmincke, 2000).

El manejo de esta especie debe estar enfocado a producir troncos de buen tamaño, en atención a la demanda dominante en el mercado y a las tecnologías de utilización, aunque la nueva industria forestal está orientado a la utilización de diámetros de pequeñas dimensiones pero de buena calidad, esto favorece un manejo más intensivo de las plantaciones para que den algunos productos útiles aun en los primeros tratamientos de aclareo, para lograr esto se debe llevar a cabo una silvicultura más intensiva que significa, buena preparación de sitio, uso de clones, corrección de las deficiencias nutricionales al establecer la plantación y los aclareos y podas en forma oportuna.

La Teca (*T. grandis*) es reconocida a nivel mundial, por la calidad de la madera que cuenta propiedades físicas y mecánicas que la hacen apropiada para muchos usos y una de las más conocidas comercialmente y por sus características silviculturales de rápido crecimiento inicial, que la hace muy atractiva para el establecimiento de plantaciones. De ahí que esta especie ha sido objeto de múltiples estudios. En Tailandia se ha prohibido la extracción de madera de teca y de otras especies forestales nativas desde 1989, mientras que en la República Democrática Popular de Laos la oferta se ha restringido severamente en espera de una evaluación del potencial productivo de los bosques nativos (Krishnapilla, 2000). Esto ha provocado un interés en la madera de teca de esta región, lo que llevó a seleccionar turnos más cortos y en algunos casos a adelantar el proceso de la corta final, lo que pudo afectar el potencial productivo de las plantaciones de Teca, establecidas en Costa Rica.

El espaciamiento de los árboles y el número de ellos, la época y la intensidad de los aclareos influyen mucho sobre el ritmo de crecimiento y el ren-

dimiento de la plantación. Si el aclareo se demora, las tasas de crecimiento descienden o se paralizan, mientras que si el aclareo es prematuro o demasiado intenso, los árboles tienen mayor tendencia a producir ramas laterales y brotes superficiales. El momento del primer aclareo viene determinado a menudo por la altura de los árboles y suele realizarse cuando éstos tienen entre 9 y 9,5 m. El segundo aclareo puede realizarse cuando alcanzan 17 a 18 m (Krishnapilla, 2000).

En Costa Rica, se han utilizado varios espaciamientos, el más común fue el de 3 m x 3 m, en algunos proyectos se han utilizado espaciamientos más amplios de 3 m x 4 m y 3,5 m x 3,5 m, estos espaciamientos amplios generalmente producen árboles de ramas muy grandes que pueden afectarla calidad de la madera (Arce y Fonseca, 2003). Con los espaciamientos amplios se busca un mayor espacio de crecimiento por árbol, lo que permite retrasar los primeros aclareos, tiene una ventaja económica porque se pueden obtener árboles de un mayor tamaño en los primeros aclareos, pero también presenta una desventaja silvicultural porque se tiene un menor número de árboles para seleccionar y una mayor conicidad del tronco. Los espaciamientos más cerrados de 2 m x 2 m ó 2,5 m x 2,5 m son menos usados porque los costos de establecimiento son más altos y se debe hacer una intervención silvicultural relativamente temprano al segundo o tercer año máximo, dependiendo del sitio, en estos casos el primer raleo es prácticamente de deshecho, porque los árboles son de pequeñas dimensiones muy juveniles, lo que dificulta su comercialización. Este tipo de espaciamiento se tiene una ventaja silvicultural que se tienen muchos árboles para seleccionar. Vincent, *et al.* (2000) trabajaron con distintos regímenes de espesura encontraron que los efectos del régimen de espesura fueron mayores sobre el rendimiento de productos con especificación diamétrica mayor a 25 cm. Las parcelas con aclareo fuerte y distanciamiento de 4 x 4, y aclareo moderadamente fuerte a la edad de 13,8 años fueron las que presentaron mayor proporción de la masa total en las categorías diamétricas mayores a 25, 30 y 35 cm. Pérez y Kaninen (2003) encontraron que luego de la aplicación de los distintos tratamientos en el ensayo de raleos, las diferencias en dap empezaron a ser evidentes, que aumentaron con el aumento de la intensidad del raleo; el área basal al año 4 varió entre 14,6 y

18,2 m²/ha. Bermejo *et al.* (2004), propusieron con base en un modelo de crecimiento y rendimiento, desarrollado para el proyecto Bosque S.A. en Guanacaste, cinco aclareos en tres calidades de sitio.

En este trabajo se discuten los resultados obtenidos de una serie de ensayos de aclareo establecidos, en plantaciones de teca desde 1984, hasta 2011, en la península de Nicoya, Costa Rica.

2. Materiales y métodos

En Cabuya, en plantaciones de Teca, con siete años, en 1989 se establecieron ensayos de aclareo, con al menos dos repeticiones y cinco tratamientos de aclareo, bajo un diseño de bloques completos al azar. Los tratamientos se fijaron en base en el área basal remanente por ha en 15 m²/ha, 17 m²/ha, 19 m²/ha, 21 m²/ha y un testigo.

En 1995, se instaló un nuevo ensayo en Puerto Carrillo, en plantaciones de cuatro años de edad, con base en los estudios desarrollados por Van Laar (1976) tomando como base para los tratamientos el número de árboles. Se ralearon todas las parcelas para dejarlas con 500 arb/ha, un año después se ralearon las parcelas dejando 400 arb/ha y se dejaron sin raleo las parcelas que les correspondió el tratamiento de 500, con la intención de densidades de 500 hasta 200 arb/ha, pero a los 10 años se aplicó un aclareo comercial que dejó todas las parcelas con una densidad entre 250 y 300 arb/ha, a pesar de que se había perdido el objetivo inicial de tener diferentes densidades, se tenía la oportunidad de medir el comportamiento de la plantación a una densidad final a temprana edad, con un corta final a los 16 años.

Los suelos son alfisoles, con suelo principal Typic Hapluslf y suelos asociados Typic Ustropept y Vertic Ustropept, son de relieve plano a casi planos, profundos, texturas moderadamente finas a finas, colores pardo muy oscuro, rojo oscuro, rojo, rojo amarillento a pardo fuerte, de drenaje bueno, moderado en su permeabilidad, fertilidad media (Acon y Asociados, 1991). En los análisis de suelo en los sitios, se encontró un pH promedio entre 5,2 y 6,2, aluminio 0,20 meq/100 ml suelo, el potasio fue bajo. En general las condiciones de suelo no son limitantes para el buen desarrollo de ésta especie.

Las condiciones climáticas que se presentaron en este sitio fueron de lluvias estacionales que van

de mayo a octubre, con un periodo seco de diciembre a abril, la precipitación promedio fue de 2896,8 mm, para un periodo de ocho años (Instituto Meteorológico Nacional, 1988). La temperatura media anual fue 26 °C, con una temperatura máxima anual de 33,1 °C.

En los ensayos de aclareo, establecidos en Cabuya, Puntarenas, las condiciones iniciales se presentan en el cuadro 1. Se marcó el aclareo que fue ejecutado en forma parcial, y completado a los dos años. En este primer aclareo aunque la plantación ya había sido intervenida parcialmente, se eliminó la mayoría de árboles oprimidos, en todas las parcelas, incluyendo aquellas que iban a quedar como testigos.

Los ensayos establecidos en Puerto Carrillo, presentaron un promedio de 1.100 árboles/ha, un dg promedio de 11,6 cm, con una altura dominante promedio de 13,20 m a los cuatro años de edad, la información para cada parcela se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Condiciones iniciales de la masa forestal para los ensayos de aclareos en plantaciones de Teca (*T. grandis* L.f) a la edad de 7 años, en Cabuya, Puntarenas y 4 años en Puerto Carrillo, Hojanca, Costa Rica.

Tratamiento (Aclareo)	N/ha	Dg (cm)	Área basal/ha (m ² /ha)	Altura dominante (m)
Cabuya, Puntarenas				
Control	1170	15,70	20,78	19,56
15 m ² /ha	1370	13,70	20,20	18,94
17 m ² /ha	1130	15,50	21,24	17,70
19 m ² /ha	1080	16,30	22,50	19,79
21 m ² /ha	1270	15,80	24,81	18,70
Puerto Carrillo, Hojanca				
500 arb/ha	1010	12,16	11,85	13,39
400 arb/ha	1170	11,10	11,32	12,99
300 arb/ha	1020	11,48	11,04	13,25
200 arb/ha	1100	11,48	11,38	13,73

El análisis estadístico se basó en un diseño de bloques completos al azar, con diferente número de observaciones por tratamiento (ocupación múltiple), con cinco tratamientos y una repetición (Cochran y Cox, 1980; Steel y Torrie, 1986). En Puerto Carrillo, como los tratamientos de aclareos se presentan en forma escalonada se presentan una prueba de medias para la evaluación del efecto del aclareo.

Los diámetros de los árboles se midieron anualmente, durante los mismos meses, con cinta diamétrica, a la altura de 1,30 m sobre el nivel del suelo, hasta la edad de 21 años, en las plantaciones de mayor edad. También se midió la altura total del diez por ciento de los árboles más altos de cada parcela (altura dominante) con vara telescópica y con escaleras; posteriormente, se utilizó el hipsómetro electrónico Vertex III. Para el análisis de los datos se calcularon los incrementos porcentuales que reflejan mejor cuál fue la ganancia en diámetro, en área basal y en altura debido a los aclareos (Husch, *et al.*, 1982), utilizando la ecuación 1:

$$I(x) = (M_2 - M_1) / M_1 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

$I(x)$ = Incremento (en diámetro, área basal, altura, etc.)

M_2 = Segunda medición (al final del período)

M_1 = Primera medición (al inicio del período)

La ecuación 1 permitió conocer cuál fue el aumento en diámetro, área basal y altura dominante, partiendo de un diámetro, un área basal y una altura conocidas. Como los datos están distribuidos entre 0 y 1, para cumplir con uno de los postulados del análisis de varianza, los datos fueron transformados por el método del Arcseno raíz cuadrada del incremento (Ecuación 2) (Steel y Torrie, 1986).

$$\text{Sen}^{-1} = \sqrt{I(x)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Los análisis de varianza se complementaron, en todas las ocasiones, con varias pruebas de medias (DMS, Tukey, Dunnett, Scheffe, Waller-Duncan y Duncan, con desigual número de repeticiones), con un *alfa* de 0,05. La agrupación de medias para las diferentes pruebas fue muy similar, se escogió la prueba de Duncan con desigual número de repeticiones, para efectos de este artículo. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute 2010).

3. Resultados

3.1 Ensayos en Cabuya

Los resultados del incremento de teca, después del primer aclareo realizado en plantaciones de siete

años de edad, en Cabuya de Puntarenas, aunque ya se habían realizado algunas cortas de árboles, este fue el primer aclareo formal que recibió por la plantación. En este aclareo se intervinieron todas las parcelas, ya que se encontraban por encima del área basal máxima establecidas para el manejo de teca en esta ocasión.

Después del primer aclareo el área basal de las parcelas testigo quedó en 20,78 m²/ha, aunque el raleo no se realizó en 1989, los árboles marcados se cortaron en un período de dos años, lo que posiblemente influyó para un menor crecimiento de la masa residual y una mayor diferencia entre los tratamientos ensayados. Sin embargo la evaluación de la primera intervención realizada resultó altamente significativa, para el incremento en diámetro y en área basal, para la altura el efecto de los tratamientos fue significativo (Cuadro 2). Las parcelas que se ralearon hasta dejar una área basal remanente de 21 m²/ha, presentaron la mayor media de incremento en diámetro y área basal, para el incremento en altura le correspondió al tratamiento de 17 m²/ha. Los menores incrementos en diámetro, área basal y altura se presentaron en las parcelas que les correspondió el tratamiento de 19 m²/ha (Cuadro 2). Estos resultados nos mostró que el área basal limitante para teca en este sitio está por encima de los 27,34 m²/ha que alcanzaron las parcelas testigo a los 12 años, o que los sitios que les correspondió los aclareos mas fuertes no respondieron de forma rápida tal vez porque los árboles, habían reducido su tamaño de copa. Sin embargo la altura alcanzada por los arboles dominantes, nos indicó que ya se debieron haber realizado por lo menos dos aclareos (Krishnapilla, 2000).

El primer aclareo a los siete años de edad, y evaluado a los 12 años, tuvo un efecto significativo, para las variables evaluadas, pero el efecto esperado de que a mayor espacio más crecimiento no se dio. Tal vez por la forma escalonada en que se hizo el aclareo, se perdió un poco el efecto de un mayor espacio de crecimiento para los árboles remanentes, como vamos a ver más adelante, el primer aclareo fue preferible realizarlo por número de árboles, ya que esperar hasta que la plantación alcance 20 m²/ha, en área basal puede afectar el tamaño de copa de los árboles que parece no soportar densidades muy altas, como lo han reportado otros autores, quienes recomiendan realizar el aclareo, cuando la plantación, alcance una área basal de

Cuadro 2. Análisis de varianza y prueba de medias para diámetro, área basal y altura, entre las edades 7 y 12, para una plantación de Teca (*T. grandis* L.f) sometido a diferentes intensidades de aclareo en Cabuya, Puntarenas, Costa Rica.

Fuente de variación	GL	Diámetro		Área basal		Altura			
		C.M.	F	C.M.	F	C.M.	F		
Bloque	1	4,04	0,08 0,98	5,38	0,03 0,85	16,94	0,73 0,40		
Trat.	4	238,14	4,20 0,00	744,51	4,42 0,00	52,79	2,28 0,06		
Bloque x Trat.	4	76,70	1,44 0,21	258,56	1,54 0,19	98,12	4,23 0,00		
Error	d y ab	371	53,16	168,44					
	Altura	81				23,18			
Prueba de Medias (Duncan) $\alpha = 0,05$									
		Diámetro		Área Basal		Altura			
Trat.	N	Media	G	Media	G	Trat.	N	Media	G
21 m ² /ha	82	28,02	a	45,50	a	17 m ² /ha	20	28,61	a
17 m ² /ha	78	25,10	a	44,72	a	Testigo	16	27,37	a b
15 m ² /ha	66	24,86	b	40,30	b	21 m ² /ha	20	26,29	a b
Testigo	83	24,86	b	40,06	b	15 m ² /ha	15	25,69	a b
19 m ² /ha	72	24,81	b	38,84	b	19 m ² /ha	20	24,54	b

Leyenda: Cifras en negrita = Probabilidad de que la F calculada sea mayor que la F tabulada ($P > F$), Media = Corresponde al incremento del período transformado, G = Grupos según la prueba de medias, G = Grados de libertad, N = Número de muestras.

22 m²/ha. Miller (1969), consideró valores muy altos cuando la plantación alcance 18-21 m²/ha de área basal, tal vez por las condiciones de suelo en Trinidad, y por el efecto que causaron las altas densidades en el suelo. Este autor propuso un primer aclareo para cualquier sitio cuando la altura media del rodal alcance 8 metros. El segundo se realizaría cuando la plantación llegue a 15 m²/ha removiendo 5,75 m²/ha. Keogh (1979), basado en la experiencia de Trinidad, propone que el primer aclareo se debe realizar cuando la plantación presente una altura media de 8 m y el segundo aclareo debe realizarse cuando la altura media sea de 15 metros dejando 500 árboles/ha, para los aclareos siguientes, recomendó que el área basal alcance 20-21 m²/ha, cortando 6 m²/ha. En la plantación, el efecto de la falta de aclareo se nota en árboles muy altos 18,93 m y un diámetro promedio de 15,39 cm. Esto se corrigió un poco con el primer aclareo, al aplicar un aclareo de saneamiento en las parcelas testigo, con lo cual se logró aumentar el dg en 1,55 cm.

El segundo aclareo, se realizó cuando la plantación tenía 12 años de edad, y las parcelas testigo habían alcanzado 27,3 m²/ha, mientras que las parcelas que les correspondió el tratamiento de 21 m²/ha, te-

nían 28,10 m²/ha, las parcelas que se habían raleado hasta 15m²/ha, después de cinco años, estaban en 23,25 m²/ha (Figura 1a).

Los resultados después de realizado el segundo aclareo y evaluado a los 21 años, mostró diferencias significativas entre los tratamientos para el incremento en diámetro, área basal y en altura (Cuadro 3). La prueba de medias detectó diferencias significativas entre los tratamientos de aclareo de 15, 17 y 21 m²/ha, con el tratamiento de 19 m²/ha y el testigo, para el diámetro. Para el área basal la prueba de medias separó los tratamientos de aclareo del testigo; los tratamientos de 15, 17 y 21 m²/ha, presentaron las mayores medias. Para la altura, la prueba de medias separó el tratamiento de 21,15 y 17m²/ha del testigo (Cuadro 3). El área basal de las parcelas testigo fue de 27,30 m²/ha, mientras que las parcelas de aclareo fuerte el área basal, fue de 20,97 m²/ha, la mayor área basal lo presentó el aclareo de 21 m²/ha (Figura 1a). En las parcelas que les correspondió el tratamiento de 17 m²/ha, en dos años habían superado el área basal de las parcelas que les correspondió el tratamiento de 19 m²/ha (Figura 1a). Así mismo en los cuadros 1 y 2 el tratamiento de 19 m²/ha, ocupó casi siempre el

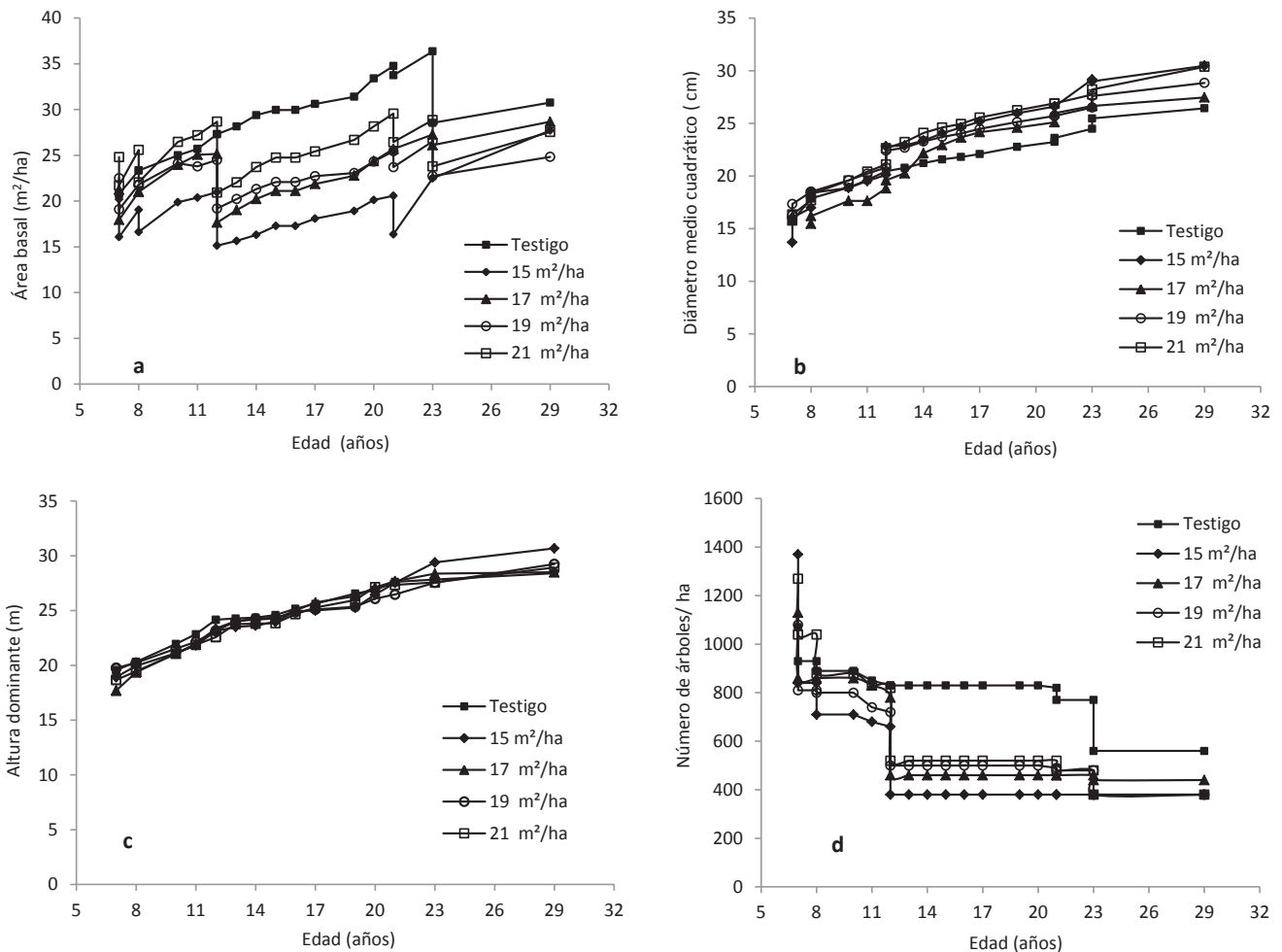


Figura 1. Relación: a) área basal, b) diámetro del árbol medio, c) altura dominante y d) número de árboles/ha -edad en plantaciones de Teca (*T. grandis* L.f) en Cabuya, Puntarenas, Costa Rica.

antepenúltimo lugar superando solo al testigo. En las condiciones en las que se desarrolló los ensayos parece tener mayor influencia el suelo que la densidad, antes de los aclareos o aun en los primeros raleos las parcelas de los tratamientos de 21 m²/ha y 17 m²/ha superaron a los de 19 m²/ha y 15 m²/ha, aunque no se detectaron diferencias significativas entre esos tratamientos. Esta situación cambió con en el segundo raleo, en el cual el tratamiento de aclareo fuerte tuvo un acelerado crecimiento un año después de realizado el mismo. Sin embargo el tratamiento de 21 m²/ha superó en al tratamiento de 19 m²/ha, en cuanto al incremento en diámetro y en área basal (Cuadro 3).

Esta relación entre la densidad de la plantación y el diámetro se nota claramente en la figura 1b, en la cual después de los aclareos los tratamientos de

aclareo más fuertes superan a los menos intensos, aunque el tratamiento de 17 m²/ha y 21 m²/ha estuvieron por arriba antes y después del primer aclareo. Después del segundo raleo, el tratamiento de 17 m²/ha, está por arriba del de 15 m²/ha, aunque este mostró el mayor incremento después de la segunda intervención. Esto tal vez ocurrió por ser árboles mayores a 20 m de altura, que presentan mucha competencia lateral y los efectos en una parcela de 500 m² se ven reducidos, al mismo tiempo que van a afectar los incrementos en diámetro y área basal principalmente. El crecimiento en la altura dominante no se vio afectado con esta densidad, además que los árboles oprimidos se habían cortado, aun en las parcelas testigo, esto reduce las diferencias entre los tratamientos, pero reduce los riesgos de plagas y enfermedades al eliminar los arboles oprimidos.

Cuadro 3. Análisis de varianza y prueba de medias (Duncan), para las variables; diámetro, área basal y altura, del año 12 al año 21, para una plantación de teca (*T. grandis* L.f) después del segundo aclareo en Cabuya, Puntarenas, Costa Rica.

Fuente de variación	G.L.	Diámetro		Área basal		Altura			
		C.M.	F	C.M.	F	C.M.	F		
Bloque	1	62,77	2,02 0,15	231,04	2,69 0,10	47,00	2,30 0,13		
Trat.	4	303,94	9,77 0,00	817,46	9,53 0,00	58,21	2,85 0,03		
Bloque x Trat.	4	133,76	4,30 0,00	427,93	4,99 0,00	27,26	1,33 0,27		
Error	d yab	247	31,12		85,79				
	Altura	63				20,45			
Prueba de Medias (Duncan) $\alpha = 0,05$									
		Diámetro		Área Basal		Altura			
Trat.	N	Media	G	Media	G	Trat.	N	Media	G
21 m ² /ha	50	23,87	a	36,19	a	21 m ² / ha	17	23,91	a
15 m ² / ha	37	23,70	a	36,90	a	17 m ² / ha	16	23,64	a
17 m ² / ha	46	23,62	a	36,48	a	15 m ² /ha	14	23,53	a
19 m ² / ha	46	20,90	b	32,08	b	19 m ² / ha	12	21,60	a b
Testigo	78	18,88	b	31,83	c	Testigo	14	18,31	b

Legenda: Cifras en negrita = Probabilidad de que la F calculada sea mayor que la F tabulada ($P > F$), Trat = Tratamientos, Media = Corresponde al incremento del período transformado, G = Grupos según la prueba de medias, G= Grados de libertad, N = Número de muestras.

El efecto del aclareo y su efecto en el diámetro se nota de forma más distintiva en la figura 1b, a los tres años después del segundo raleo, el diámetro promedio para tres tratamientos del aclareo fueron muy similares (24,78 cm), solo el tratamiento de 17 m²/ha, mostró un mayor crecimiento (26,22 cm).

La respuesta del tercer aclareo, se evaluó en un período de 8 años, entre las edades 21 y 29, en este período, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, para el diámetro, el área basal y la altura. La prueba de medias separó para el incremento en altura el tratamiento 15 m²/ha del tratamiento de aclareo de 17 m²/ha (Cuadro 4). En este período los mayores incrementos para el diámetro y el área basal correspondió a los tratamientos de 21 y de 19 m²/ha. Para la altura los mayores incrementos fueron para los tratamientos de 17 y de 19 m²/ha. En este caso se puede decir que el efecto de la densidad fue menor que las condiciones del sitio en que se desarrolló este tratamiento. Las parcelas que recibieron los tratamientos de aclareo fuerte, los árboles quedaron liberados con condiciones para un buen crecimiento. Pero en las

condiciones en que se desarrolló el ensayo en pendientes y colinas es difícil encontrar condiciones similares para los diferentes tratamientos y repeticiones. Otro factor que ya se había mencionado, es lo largo del ciclo, que diluye el efecto del aclareo con el tiempo (Cuadro 4).

En este tipo de ensayos los aclareos se deben realizar cuando, se presente el traslape entre los tratamientos, pero esto en la práctica pocas veces se puede realizar, porque significa realizar los aclareos cada tres años, lo que hace muy costoso el manejo de las plantaciones. Pero justo tres años después del segundo aclareo los tres tratamientos, (15,19 y 21 m²/ha) tuvieron un diámetro muy similar, solo el tratamiento de 21 m²/ha, mostró un crecimiento superior y el tratamiento testigo que se mantuvo muy por abajo del promedio (Figura 1b). Esta situación cambió cuando se marcó el aclareo final para dejar solo 250 arb/ha.

En cuanto las alturas dominantes, el crecimiento fue muy similar, con algunas variaciones a través de tiempo, a la edad de 21 años se notó un crecimiento mayor del tratamiento de 15 m²/ha (Figura 1c).

Cuadro 4. Análisis de varianza y prueba de medias (Duncan), para las variables; diámetro, área basal y altura, del año 21 al año 29, para una plantación de teca. (*T. grandis* L.f) después del tercer aclareo en Cabuya, Puntarenas, Costa Rica.

Fuente de variación		G.L.	Diámetro		Área basal		Altura		
			C.M.	F	C.M.	F	C.M.	F	
Bloque		1	16,89	0,97 0,33	15,11	0,69 0,40	0,3	0,00 0,96	
Trat.		4	18,85	1,14 0,34	24,05	1,11 0,35	36,14	1,98 0,11	
Bloque x Trat.		4	11,32	0,65 0,62	9,71	0,45 0,77	3,80	0,21 0,93	
Error	d y ab	228	17,47		21,75				
	Altura	53					18,22		
Prueba de Medias (Duncan) alfa = 0,05									
		Diámetro		Área Basal		Altura			
Trat.	N	Media	G	Media	G	Trat.	N	Media	G
21m ² /ha	48	10,11	a	13,82	a	17m ² /ha	12	11,59	a
19m ² /ha	46	9,22	a	13,28	a	19m ² /ha	8	9,59	a b
17m ² /ha	45	9,18	a	13,14	a	Testigo	13	8,73	a b
15m ² /ha	32	9,08	a	13,00	a	21m ² /ha	19	8,46	ab
Testigo	67	8,46	a	12,10	a	15m ² /ha	11	6,89	b

Leyenda: Cifras en negrita = Probabilidad de que la F calculada sea mayor que la F tabulada ($P > F$), Trat. = Tratamientos, Media = Corresponde al incremento del período transformado, G = Grupos según la prueba de medias, G= Grados de libertad, N = Número de muestras.

En cuanto al número de árboles la plantación presentó en promedio 1.148 arb/ha, a los 7 años, a los 21 años las parcelas testigo tenían 820 arb/ha, con un área basal cercana a los 35 m²/ha, mientras que las parcelas de aclareo fuerte (15 m²/ha) presentaron 380 arb/ha, el área basal fue cercana a los 20,57 m²/ha (Figura 1d). En teca, los aclareos fuertes cuando los árboles están en pleno desarrollo, tienen un efecto significativo a lo largo del turno de rotación, ya que logran prolongar el crecimiento exponencial que presenta esta especie en los primeros años.

En los ensayos de aclareo en teca, existe suficiente literatura, una de las de mayor antigüedad son las tablas de rendimiento de teca para la India (Indian Forest Reserch Institute, 1964) en la cual se describen los tratamientos de aclareo para las distintas condiciones de sitio en dichas tablas se sugieren aclareos distanciados cada 5 años, iniciando a los 5 años de edad y repitiendo este tratamiento hasta los 40 años, dejando la densidad final a los 50 años para las distintas calidades de sitio. La realidad es muy distinta hoy en día se requieren de un manejo más intensivo y turnos relativamente cor-

tos, para hacer atractivas financieramente las plantaciones de Teca.

3.2 Ensayos en Bosque 3, Puerto Carrillo

Tomando en consideración las experiencias previas en 1995, se instalaron nuevos ensayos en Puerto Carrillo, en plantaciones de cuatro años de edad. Los ensayos se establecieron tomando como referencia el número de árboles. En un primer raleo todas las parcelas se ralearon para dejar 500 arb/ha, en los aclareos siguientes se establecieron las nuevas densidades, con el fin de tener densidades de 500 hasta 200 arb/ha. Los aclareos fueron intensos con el fin de dar un buen espacio de desarrollo para que los árboles puedan seguir con un ritmo de crecimiento, el área basal varió entre 12 y 17 m²/ha. A los 5 años se hizo el primer aclareo para uniformizar la masa forestal en 500 arb/ha, a los 6 años se realizó el aclareo de 400 arb/ha. La evaluación de los primeros aclareos realizados a los 5 y 6 años se hizo a los 7 años, la altura dominante y el diámetro, mostraron un mayor incremento en el tratamiento de 400 arb/ha, el área basal presen-

tó un mayor crecimiento en el tratamiento de 500 arb/ha (Cuadro 5). En la prueba de medias para el tratamiento de 400 arb/ha, las variables evaluadas presentaron una menor desviación típica. Kanninen, *et al.* (2004) encontraron que la intensidad de raleo del 60% aplicado a la edad de 4 años, y dos raleos consecutivos de 25% en las edades de 4 y 5 años, dio el mayor crecimiento de árbol individual, mientras que el control fue el más bajo.

Como se trabajó con bajas densidades era de esperarse que no se encontraran grandes diferencias entre los tratamientos para el incremento en

diámetro, área basal y altura porque los árboles tenían aun buen espacio para el crecimiento, ya que el tratamiento de referencia o testigo fue el de 500 arb/ha que aun cuenta con buen espacio de crecimiento. A la edad de 4 años el área basal varió entre 14,90 y 16,38 m²/ha antes del primer aclareo, luego de aplicar el aclareo el área basal varió entre 10,56 y 11,86 m²/ha después del segundo aclareo en el año 10, las áreas basales variaron entre 10,04 y 12,73 m²/ha, en el tiempo de observación el área basal no superó los 18 m²/ha (Figura 2a). Los diámetros promedios variaron entre 10 y 12,50 cm a

Cuadro 5. Prueba de medias para incrementos en altura dominante, diámetro y área basal, en una plantación de teca (*T. grandis* L.f) sometida a diferentes intensidades de aclareo, en Puerto Carrillo, Hojancha, Costa Rica.

Prueba de Medias para los incrementos después del primer aclareo						
Tratamiento (Aclareo)	N	Variable Incrementos transformados	Media	Desviación Típica	Máxima	Mínima
400 arb/ha	37	Altura dominante	37,64	5,53	51,26	29,02
	104	Diámetro	45,21	8,01	75,04	15,89
	104	Área basal	52,29	9,21	84,84	22,76
500 arb/ha	39	Altura dominante	36,71	5,96	48,14	23,23
	125	Diámetro	43,65	10,86	54,74	1,09
	125	Área basal	55,14	10,88	53,13	23,47
Prueba de Medias para los incrementos después del segundo aclareo						
300 arb/ha	13	Altura dominante	25,61	2,98	29,13	19,69
	38	Diámetro	25,62	3,94	34,28	14,96
	38	Área basal	40,15	7,48	59,05	21,69
400 arb/ha	22	Altura dominante	22,99	5,25	33,74	14,61
	62	Diámetro	23,98	5,56	47,94	15,71
	62	Área basal	36,89	9,68	78,93	22,94
500 arb/ha	27	Altura dominante	23,22	5,92	37,25	11,84
	98	Diámetro	23,90	5,04	39,10	7,11
	98	Área basal	37,27	9,91	77,59	10,12
Prueba de Medias para los incrementos después del tercer aclareo						
200 arb/ha	11	Altura dominante	20,01	4,63	28,60	14,33
	22	Diámetro	18,98	4,94	27,12	10,82
	22	Área basal	28,49	8,15	42,42	15,55
250 arb/ha	9	Altura dominante	15,52	5,82	25,78	8,05
	36	Diámetro	17,16	4,17	23,92	8,98
	36	Área basal	25,42	6,65	36,63	12,84
300 arb/ha	22	Altura dominante	16,07	4,58	27,67	9,83
	71	Diámetro	17,44	6,85	54,74	5,35
	71	Área basal	25,56	9,10	53,13	7,59

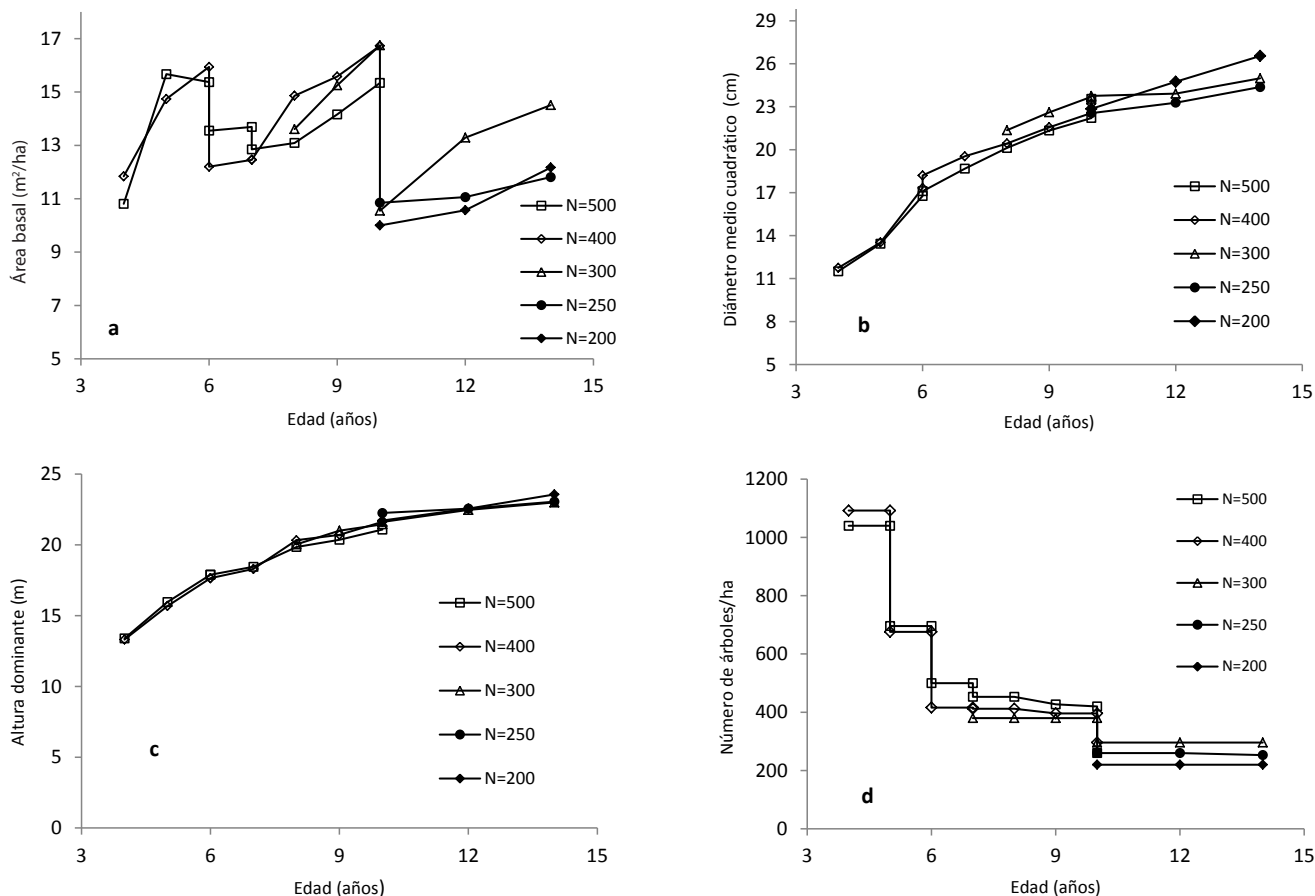


Figura 2. Relación: a) área basal, b) diámetro del árbol medio cuadrático, c) altura dominante y d) número de árboles -edad en plantaciones de Teca (*T. grandis* L.f) en Puerto Carrillo, Hojancha, Costa Rica.

los 4 años de edad y entre 22 a 27,50 cm a la edad de 12 años (Figura 2b).

Arias (2004) sugiere usar diagrama de densidad el cual permite ejercer control de la densidad del rodal. Si se usara el diagrama propuesto la plantación de bosque 3 de Puerto Carrillo, estaría en 336, por debajo de la Zona 3, por lo tanto no requería de un aclareo. Para un manejo intensivo que se practica en las plantaciones de teca este diagrama parece no funcionar adecuadamente.

Una de las ventajas de utilizar el número de árboles como criterio del aclareo fue que no hay que esperar mucho tiempo, para realizar los mismos. Esperar a que una plantación llegue a 20 m²/ha, puede afectar el crecimiento en diámetro, porque los árboles reducen la proporción de copa viva, y después se les hace difícil recuperar un tamaño adecuado que les permita un buen crecimiento. La altura generalmente se considera independiente de la densidad dentro de cierto rango.

En el tercer aclareo realizado, se dejaron las parcelas que les correspondió el tratamiento de 500 y de 400 arb/ha, y el resto de las parcelas se dejó en 300 arb/ha (Figura 2d). La evaluación realizada entre los 7 y 10 años después del segundo aclareo se detectó los mayores incrementos en altura, diámetro y área basal, en el tratamiento de 300 arb/ha y menores diferencias entre los tratamientos de 400 y 500 arb/ha (Cuadro 5). En la prueba de medias el mayor incremento en este período le correspondió al área basal con 40,15, para el tratamiento de 300 arb/ha. Esto significa que el área basal en este tratamiento, creció 41,6% del área basal que tenía después del aclareo, el menor incremento fue para la altura dominante, en el tratamiento de 400 arb/ha, con 22,99, con este incremento la altura dominante creció solo un 15,3% de la altura que tenía a los 7 años (Cuadro 5). Osorio (1997) realizó estudios de rentabilidad en la Teca basándose en la información de las Ppar de Caparo, en Venezuela y en los

costos de establecimiento y precios de venta para la época. Este autor encontró que espaciamientos reducidos y la falta de aplicación de aclareos en las plantaciones no conducen a plantaciones rentables. Por otro lado, encontró que espaciamientos relativamente reducidos (1.110-1.600 arb/ha) con aclareos frecuentes a muy frecuentes (3 a 5) y con un primer aclareo temprano (5 a 6 años) son los de mayor rentabilidad. Igualmente, fueron rentables aunque en menor medida, los regímenes con espaciamientos amplios. Basado en estas experiencias Jerez y Vincent (2003) proponen un diagrama para realizar aclareos para los cuatro escenarios, régimen para aserrío con un solo aclareo, con aclareos frecuentes, espaciamiento amplio y régimen estándar. Los regímenes con espaciamientos relativamente estrechos y aclareos frecuentes parecen ser los más promisorios para el manejo de plantaciones de Teca, aunque espaciamientos más amplios parecen ser atractivos si se desea madera de mayores dimensiones en turnos más reducidos.

En la evaluación del cuarto aclareo que se realizó a los 10 años de edad, el período de evaluación se extendió hasta los 14 años, en este caso el aclareo se realizó en forma comercial con la finalidad de dejar entre 200 y 300 arb/ha, con un turno comercial de 16 años. Para las variables analizadas los mayores crecimientos se observaron en el tratamiento en el cual se dejó 200 arb/ha, el mayor incremento le correspondió al área basal con 28,49, o sea que el área basal creció en este último período un 22,75% del área basal que tenía a los 10 años, el incremento en la altura dominante, fue de solo un 15,52, para un crecimiento en altura de 7,2% (Cuadro 5). En general se observó un menor crecimiento en altura dominante después de los 10 años, cuando se dejó la densidad definitiva entre los 200 y 300 arb/ha. El tratamiento de 250 arb/ha presentó a los 14 años una altura promedio de 22,05 m de altura, mientras que el tratamiento de 200 arb/ha presentó 23,56 m como altura promedio (Figura 2c). Estos resultados coinciden con Zuhaidi *et al.* (2011) quienes en un ensayo de aclareos, encontraron que los mayores incrementos en el tratamiento en el cual dejaron 200 arb/ha.

Estas plantaciones se manejaron en forma intensiva, el primer aclareo se realizó a los 5 años de edad y a los 10 años se dejó la densidad definitiva que varió entre 200 y 300 arb/ha (Figura 2d). La cosecha final se realizó a los 16 años, a pesar de

que los diámetros aun mantenían un buen ritmo de crecimiento (Figura 2b).

3.3 Comparación de los sitios

Se hace una comparación del crecimiento diamétrico de los dos sitios en la Península de Nicoya, en la cual se han realizado diferentes tratamientos de aclareo el punto de partida en cuanto densidad fue muy diferente. En el caso de Puerto Carrillo, se notó que el mayor incremento en el diámetro se dio después del primer aclareo, cuando el número de árboles se bajó en un 50 %, esto dio la ventaja de un mayor espacio de crecimiento cuando la especie está creciendo en forma exponencial, logrando con esto extender unos años esta forma de crecimiento (Figura 2a). Es en esta primera intervención que el incremento en diámetro se vio favorecido en la plantación de Puerto Carrillo, en comparación con el sitio de Cabuya, que mantuvo densidades más altas (Figura 4a).

Si comparamos los diámetros de partida entre Puerto Carrillo (11,64 cm) a los cuatro años, a los 7 años el diámetro medio cuadrático (dg) fue de 19,08 cm, mientras que en Cabuya la plantación presentó un dg promedio de 15,4 cm, que subió a 16,3 cm, después de realizar el aclareo de saneamiento, la diferencia fue de 3,68 cm, que en turnos cortos es un logro importante. A los 14 años la diferencia fue de 2,10 cm, a esta edad en Cabuya ya se habían realizado dos aclareos que mejoró el crecimiento en diámetro, aunque en Puerto Carrillo, la densidad final se dejó a los 10 años. Los diámetros de Puerto Carrillo estuvieron por encima de los diámetros de Cabuya (Figura 3a).

En la parte silvicultural se sugiere que aclareos leves y frecuentes, aseguran una buena calidad de la madera, al permitir un crecimiento uniforme de los anillos de crecimiento. En este sentido Wadsworth (2000), citando a (Limaye 1942) mencionó que para teca con menos de 1,6 anillos por centímetro es débil, sin embargo Arce y Fonseca (2003), trabajaron en plantaciones de 10 años encontraron que las densidades más altas parecen favorecer la producción de duramen, aunque estas diferencias resultaron no significativas. Los rodales que se ralean fuertemente tienen un rendimiento total menor, que los rodales no raleados pero un volumen útil mayor en los rodales raleados. Los aclareos leves y frecuentes en pocas excepciones son atrac-

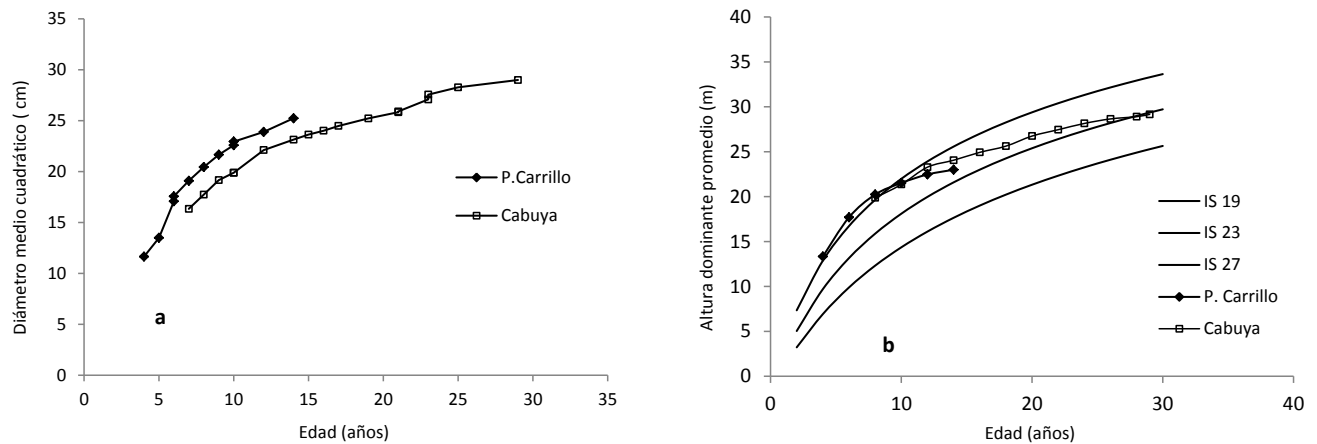


Figura 3. Relación: a) diámetro del área basal promedio (Dg) y b) altura dominante promedio (m)- edad de las plantaciones de Teca (*T. grandis* L. f), sometida a diferentes intensidades de aclareo en la Península de Nicoya, Costa Rica.



Figura 4. Plantaciones de Teca (*T. grandis* L.f): a) con 25 años, b) parcela 6 con 32 años ambas en Cabuya, Puntarenas, Costa Rica.

tivos financieramente, porque implican mucho recorrido y poco el volumen que se puede extraer. Por tal motivo la intensidad de los raleos debe ser un compromiso en la parte financiera y los objetivos silviculturales, para asegurar árboles de buen

tamaño en un tiempo relativamente aceptable de acuerdo a las metas planteadas con anterioridad. En general se acepta un primer raleo de deshecho entre los tres y cuatro años dependiendo de la densidad inicial y la calidad de sitio, un segundo raleo

entre los seis y ocho años, el tercer raleo entre los 12 y 15 años, para cosechas finales entre los 20 y 25 años que permitan cosechar árboles entre 40 y 50 cm de diámetro. Para turnos menores a 20 años la densidad final se debe dejar a los 10 años. En este sentido Pérez *et al.* (2000), apuntan en cosechar árboles con este diámetro pero con un mayor número de aclareos, con turnos entre 25 y 28 años, con un manejo intensivo y en los sitios de mejor calidad.

En la comparación de los sitios es importante, expresar la productividad de los terrenos por medio del índice de sitio, como una expresión de la calidad del sitio forestal; se entiende por este término, la capacidad de un sitio para producir un bosque u otro tipo de vegetación en un tiempo dado, como consecuencia de una interacción entre factores climáticos, edáficos, topográficos y bióticos (Chaves y Fonseca 1991). La comparación entre los distintos sitios se hizo por medio de las curvas de índice de sitio para teca de Mora y Meza (2003). De acuerdo a esta clasificación tomando un rango de 3m que se usa normalmente en estos sistemas de clasificación se puede decir que los sitios de Puerto Carrillo y Cabuya, presentan buenos índices de sitio (27), con una edad base de 16 años (Figura 3b). El sitio de Puerto Carrillo, presentó una disminución del crecimiento en altura, después de los 10 años. Mientras que las parcelas que se manejaron con una mayor densidad en Cabuya, continuaron con un buen ritmo de crecimiento superando a las plantaciones de baja densidad en Puerto Carrillo, después de los 10 años, a los 14 años la diferencia fue de 1,06 m, estas diferencias se debieron principalmente a la densidad, que jugó un papel más importante que las condiciones del sitio (Figura 4b).

Comparando los resultados obtenidos con las tablas de rendimiento del trabajo de Bermejo *et al.* (2004) las plantaciones de Puerto Carrillo a los 5 años de edad, la altura dominante está por arriba de la tabla del índice de sitio 23, pero el dg esta 1,6 cm por debajo de la tabla, a edades superiores de 8 años, la plantación está en un índice 22. Este cambio en los índices se da porque en la mayoría de los casos usan datos de plantaciones jóvenes para la elaboración de curvas de índice de sitio que no cubre en su totalidad el turno de corta. También influye el tipo de modelo usado ya que algunos modelos mantienen un crecimiento continuo, o que los datos usados están fuera del rango para esos sitios. También por las pendientes en el terreno y la visión

que se tenga de los árboles dominantes al momento que se realiza la medición de altura, lo que puede inducir algunos errores en las mediciones. La plantación de Cabuya a los 8, 12 y 25 años presentó alturas dominantes superiores a la tabla del índice de sitio 21, pero los dg están por debajo de los de la tabla (Figura 3a). De acuerdo a la clasificación de sitios de Jerez *et al.* (2011), estas plantaciones estarían en los índices 27 y 24, pero con el avance en la edad, estarían en índices superiores por la forma de crecimiento mostradas por las plantaciones estudiadas. Los rendimientos mostrados en las tablas para Ghana publicadas por Nunifo y Murchison (1999) están muy por debajo del crecimiento mostrado por las plantaciones evaluadas, los mejores sitios de Ghana, están por debajo de los índice de sitio 19 (Figura 3b) que fue uno de los índices de sitio más bajos para Costa Rica.

4. Conclusiones y recomendaciones

Los aclareos tempranos en Puerto Carrillo, por número de árboles favorecieron el rápido desarrollo diamétrico, comparado con los aclareos por área basal en Cabuya, que de acuerdo a la clasificación de sitios muestran condiciones de sitio muy similares.

Los aclareos realizados cuando los árboles están en su máximo desarrollo permiten prolongar este rápido crecimiento por algunos años, alcanzando diámetros de mayor tamaño en un tiempo más reducido. Esto permitió que los árboles en la plantación de Puerto Carrillo, alcanzaran diámetros entre 24,87 y 26,33 cm en catorce años, con bajas densidades, el área basal promedio no sobrepasó los 17,33 m²/ha. Esta baja densidad con que se trabajó esta plantación pudo de alguna medida afectar el crecimiento en altura, ya que el crecimiento en altura disminuyó después del año 10, cuando se dejó la densidad final de esta plantación con un promedio de 270 arb/ha.

Los aclareos realizados en forma escalonada, en el primer aclareo en Cabuya, a pesar de encontrar diferencias significativas entre los tratamientos, pudo afectar que se encontraran mayores diferencias entre los tratamientos con respecto al testigo, otro factor que influyó fue que en las parcelas testigo se eliminó los árboles oprimidos. Esta plantación presentó al inicio del ensayo un desba-

lance d/hdom de 3,54 puntos que se disminuyó con los aclareos, pero aun se mantenía a edad avanzada (23 años).

El segundo raleo (12 años) en la plantación de Cabuya, se encontró un efecto más claro de la densidad sobre el incremento en área basal ya que determinó diferencias significativas, entre el testigo y los tratamientos de aclareo.

Las plantaciones de teca en la península de Nicoya, se clasificaron entre los índices de sitio 23 y 27 m, con una edad clave de 16 años, estas plantaciones se consideraron sitios de clase media a alta.

5. Agradecimiento

Este trabajo fue financiado por el Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, bajo el proyecto 023815. Un especial reconocimiento al señor Alberth Ingalls, qddg por su apoyo en las labores de campo y a sus hijos Nefertiti y Thoren Ingalls, por facilitar el acceso a las plantaciones, propietarios de la plantación de teca en Cabuya de Puntarenas. Así mismo a Panamerican Woods, por la facilitar el acceso a las plantaciones y la ayuda en las labores de campo, dueños de la plantaciones de teca en en Puerto Carrillo, Hojancha, Costa Rica.

6. Referencias bibliográficas

- ACON Y ASOCIADOS. 1991. Manual descriptivo de suelos y de capacidad de uso del suelo en Costa Rica. Grupos y subgrupos. Convenio MAG-SEPSA-Mideplan. Programa de zonificación agropecuaria. Escala 1:200.000.
- ARCE, V. y W. FONSECA. 2003. Relación albura-duramen y características físicas de la madera *Tectona grandis* L.f en plantaciones de 10 años con diferente densidad de siembra, Guanacaste, Costa Rica. In: *La industria y la comercialización de productos forestales en Latinoamérica*. Instituto de Investigación y Servicios Forestales. Heredia, Costa Rica. 125-133 pp.
- ARIAS, D. 2004. Validación del Índice de Densidad del Rodal para el manejo de plantaciones forestales de *Tectona grandis* L.f. en el trópico. *Kurú: Revista Forestal* 1(1): 1-7.
- BERMEJO, I., I. CAÑELLAS y A. SAN MIGUEL. 2004. Growth and yields models for teak plantations in Costa Rica. *Forest Ecology and Management* (189): 97-110.
- CHAVES, S. E. y W. FONSECA. 2003. Ensayos de aclareo y crecimiento en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f) en la Península de Nicoya, Costa Rica. En memoria Plantaciones de Teca (*Tectona grandis*) Posibilidades y perspectivas para su desarrollo (en CD, ISBN 9968-9996-3-6). 26 al 28 de noviembre, Heredia, Costa Rica.
- CHAVES, S. E. y W. FONSECA. 1991. Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. *CATIE Serie técnica. Informe técnico* n° 179. 47 p.
- COCHRAN, W. y G. COX. 1980. *Diseños Experimentales*. Trad. de la 2da Edición en Inglés por el Centro de Estadística y Cálculo. Ed. Trillas. México. 661 p.
- HUSCH, B., C.M. MILLER y T. BEERS. 1982. *Forest mensuration*. Third Edition. J. Wiley and Sons. New York, USA. 401 p.
- INDIAN FOREST RESERCH INSTITUTE. 1964. Yield and stand tables for plantation teak (*Tectona grandis* Linn. f). *Indian Forest Record* 9(4): 151-226.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1988. Registro diario de observaciones pluviométricas en Cóbano de Puntarenas. Período 1980-1988. San José, Costa Rica.
- JEREZ, M., L. VINCENT, A. MORET y R. GONZÁLEZ. 2003. Regímenes de Espaciamiento Inicial y Aclareo en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.f.) en Venezuela. En memoria plantaciones de Teca (*Tectona grandis*) Posibilidades y perspectivas para su desarrollo (en CD). 26 al 28 de noviembre, Heredia, Costa Rica.
- JEREZ, M., A. MORET, O. CARRERO, R. MACCHIAVELLI y M. QUEVEDO. 2011. Curvas de índice de sitio basadas en modelos mixtos para plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.f.) en los Llanos de Venezuela. *Agrociencia* 45(1): 135-145.
- KANNINEN, M., D. PÉREZ, M. MONTERO y E. VÍQUEZ. 2004. Intensity and timing of the first thinning of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica: results of a thinning trial. *Forest Ecology and Management* 203: 89-99.
- KEOGH, R. 1979. El futuro de la Teca en América Tropical. *Unasylva* 31(126): 13-19.
- KRISHNAPILLAY, B. 2000. Silvicultura y ordenación de plantaciones de teca. *Unasylva* 51(201): 14-21.
- MILLER, A. D. 1969. *Provisional yields tables for Teak in Trinidad*. Government Printery. Port Spain, Trinidad and Tobago. 21 p.

- MORA, F. y V. MEZA. 2003. Curvas de índice de sitio para Teca (*Tectona grandis* Linn.) en la Vertiente del Pacífico de Costa Rica. En memoria plantaciones de Teca (*Tectona grandis*) Posibilidades y perspectivas para su desarrollo (en CD). 26 al 28 de noviembre, Heredia, Costa Rica.
- MURILLO, O. y Y. BADILLA. 2003. Potencial de mejoramiento genético de la Teca en Costa Rica. Memoria plantaciones de Teca (*Tectona grandis*). Posibilidades y perspectivas para su desarrollo (en CD). 26 al 28 de noviembre, Heredia, Costa Rica.
- NUNIFU, T.K. y H.G. MURCHISON. 1999. Provisional yield models of Teak (*Tectona grandis* Linn F.) plantations in northern Ghana. *Forest Ecology and Management* 120 (1): 171-178.
- OSORIO, O. 1997. Regímenes de espesura y sus efectos en la rentabilidad de Teca (*Tectona grandis* L.F.) en Caparo, Venezuela. Trabajo de grado. Maestría en Manejo de Bosques. Cefap, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 121 p.
- PÉREZ, L.D. y M. KANNINEN. 2003. Above ground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science* 15(1): 199-213.
- PÉREZ, D., L. UGALDE y M. KANNINEN. 2000. Desarrollo de escenarios de crecimiento para plantaciones de teca (*Tectona grandis*) en Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana* 31: 16-22.
- SAS INSTITUTE, 2010. *SAS/STAT 9.2. User guide*. Second edition. SAS. Institute Inc. Cary, NC, USA. 7820 p.
- SCHMINCKE, K. H. 2000. Plantaciones de Teca en Costa Rica: la experiencia de la empresa Precious Woods. *Unasyva* 51(201): 29-35.
- STEEL, R. y J. TORRIE. 1986. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. Trad. de la 2^{da} ed. en inglés por Ricardo Martínez. McGraw-Hill. Ciudad de México, México. 622 p.
- VAN LAAR A. 1976. Thinning Research in South Africa. In Aspects of thinning. *Forestry Commission Bulletin* 55: 62-71.
- VINCENT, L., A. MORET y M. JEREZ. 2000. Comparación de algunos regímenes de espesura en plantaciones de teca en el área experimental de la reserva forestal de Caparo, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 44(2): 87-95.
- WADSWORTH, F. 2000. *Producción Forestal en América Tropical*. Manual de Agricultura USDA. 710-S. Iufro-Spdc Textbook Project No. 3. Washington, DC, USA. 603 p.
- ZUHAI, Y.A., S. K. AMIR y M. N. HASHIM. 2011. Growth response and yield of plantation grown teak (*Tectona grandis*) after low thinning treatments at Pagoh, Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science* 23(4): 453-459.