

Apéndice J

Resultados de Algunos Raleos Seleccionados

Las plantaciones de *Tectona grandis* en Puerto Rico reaccionaron al raleo con un crecimiento mucho más grande del que hubiera sido posible con la aplicación de fertilizantes (Briscoe e Ybarra-Coronado 1972). La aplicación de nitrógeno (N), calcio (Ca) y magnesio (Mg) a plantaciones de 3 a 16 años no tuvo ningún efecto significativo en el crecimiento en altura o diámetro de los árboles. Aunque se atribuyeron aumentos menores de crecimiento en altura o diámetro con la adición de fósforo (P) y potasio (K), el raleo que se efectuó simultáneamente afectó al crecimiento mucho más que el mejor tratamiento a base de fertilizantes.

La intensidad del raleo no siempre produce una reacción claramente definida. El crecimiento total subsiguiente puede ser el mismo a través de una amplia gama de densidades residuales. Esto se ilustra mediante el raleo de una plantación de *Araucaria angustifolia* de 16 años en Brasil (Soares 1970). El área basal por hectárea se redujo en cuatro tratamientos desde 35 m² a 29, 18, 11 y 7 m². Durante los tres años siguientes, el crecimiento del área basal fue de 6 m²/ha para las parcelas que no se habían raleado y 7, 6, 4 y 3 m²/ha para las plantaciones raleadas. El tratamiento que redujo el área basal de 35 a 18 m²/ha, redujo también el número de árboles de 2500 a 800/ha, pero no redujo el crecimiento del volumen. Más bien, el crecimiento volumétrico aumentó porcentualmente de 34 a 62 %.

Una explicación de esta reacción, casi uniforme a pesar de la intensidad del raleo, es que el crecimiento diamétrico de los árboles dominantes no sufre mucho por la eliminación de árboles subordinados, sean muchos o pocos. Esto sugiere que es deseable una utilización completa de estos árboles subordinados en sitios donde hay mercado para pulpa o madera de aserrío.

Puede ser que los raleos ligeros no estimulen el crecimiento, a menos que se hagan muy al principio en la vida de una plantación. El raleo de *Calophyllum* de 20 años en un sitio adverso en Puerto Rico redujo el área basal de 26 a 18 m²/ha, pero dos años después no había ninguna reacción evidente (Anón. 1952o). Las copas de los árboles liberados permanecieron tan estrechas como lo eran antes de ralear. Sin embargo, a través de los años, se fueron llenando, lo que indica un lento proceso de recuperación después de haber estado estrujadas durante largo tiempo, antes del raleo.

Los efectos de las distintas intensidades y regímenes de raleo son aparentes en el estudio de una plantación de teca de ocho años en Nigeria (Nwoboshi 1971). Los resultados se presentaron en términos de la calidad de los árboles remanentes (Cuadro J-1). Se tomaron muestras en cada una de seis parcelas de tratamiento; o sea, 0,24 ha por tratamiento.

La tendencia del crecimiento en área basal de tres árboles de *A. angustifolia* en Brasil es de interés (Buch 1971). Entre los 10 y 20 años de edad (antes de ser raleados), el promedio del crecimiento del área basal fue de 140 cm²/año. Pero entre los 30 y 40 años, con un raleo a los 33 años de edad, el área basal aumentó a 473 cm²/año, más del triple del promedio anterior.

Un estudio detallado de los efectos del raleo en *Pinus elliottii* en el sur de los EE.UU. clarifica una cantidad de relaciones que parecen ser de aplicabilidad muy amplia (Mann y Enghardt 1972). Distintas partes de la plantación se ralearon hasta un área basal de 16 m²/ha a las edades de 10, 13 y 16 años; a los 13 y 16 años, y sólo a los 16 años. Aunque el volumen del crecimiento total se redujo debido a los raleos (Cuadro J-2), el crecimiento diamétrico de los árboles grandes sobrepasó el de las parcelas sin ralear (Cuadro J-3). Esto indica que se deriva un cierto beneficio al eliminar los árboles subordinados.

En Brasil, se ha demostrado que el raleo ha extendido el aumento del incremento medio anual (IMA) de las plantaciones de *Eucalyptus* (Heinsdijk 1972). En plantaciones no raleadas, el IMA culmina aproximadamente al octavo año. En las plantaciones raleadas, el IMA continúa creciendo hasta el 11avo año y, con la completa utilización de postes pequeños, quizás no culmine antes de los 14 años.

El raleo de *A. angustifolia* en Misiones, Argentina, influye fuertemente en el rendimiento total y el diámetro promedio de los árboles (Cozzo 1958). Los árboles plantados a espaciamientos de 1 m x 1 m se ralearon a los cinco años hasta alcanzar espaciamientos de 2 m x 2 m o 4 m x 4 m. En el año 11, las parcelas que se habían raleado más intensivamente tenían casi tres veces el diámetro promedio que las parcelas testigo no raleadas, pero sólo un tercio aproximadamente del área basal y del IMA (Cuadro J-4).

Cuadro J-1.—Efectos de distintas intensidades de raleo en una plantación de teca (*Tectona grandis*) de ocho años en Nigeria

Tratamiento	No. árboles remanentes por ha	Porcentaje de arboles por clase ^a de calidad		
		1	2	3
Sin raleo	921	46	39	15
Eliminación de 1/3 de las hileras	659	48	32	20
Eliminación de 1/2 de las hileras	479	38	40	22
Área basal reducida a 16 m ² /ha ^b	598	53	38	10
Ecléctico (quinteto) ^c	440	61	33	6
Ecléctico (cuarteto) ^d	427	59	35	6

Fuente: Nwoboshi 1971.

^a1 = dominantes y codominantes derechos y sólidos;

2 = es probable que los dominantes o codominantes sean eliminados en raleos subsiguientes;

3 = árboles inferiores.

^bRaleo bajo y de copa que produce leña.

^cEl mejor de 5 progresivamente en cada hilera.

^dEl mejor de 4 progresivamente en cada hilera.

En otra plantación de *A. angustifolia* en Misiones, el raleo a los diez años redujo el área basal de 24 a 20 m²/ha, en tanto que a los 17 años se redujo de 34 a 12 m²/ha (Cozzo 1970). A los 20 años, el crecimiento neto de la plantación raleada a la edad de diez años fue de 26,1 m³/ha/año, en comparación con 35,8 m³/ha/año de la parcela de control sin ralear. El raleo fue provechoso para el tamaño de los árboles; a los 20 años todos los árboles en la plantación raleada tenían un dap de 26 cm o más, mientras que en la plantación sin ralear sólo el 19% habían alcanzado este tamaño.

En Nigeria se encontró que las variaciones en el crecimiento de los árboles en plantaciones de teca

estaban fuertemente relacionadas (casi un 70%), no con la competencia sino con el tamaño del árbol al inicio del período de mediciones, según lo indica la suma de las áreas basales de los árboles circundantes (Lowe 1966). El raleo significativamente reduce esta variación, aumentando la uniformidad en las tasas de crecimiento.

Un análisis de parcelas de muestreo en plantaciones de teca en Java, con edades entre 11 y 21 años, demostró que la producción de las plantaciones raleadas con el dap método tradicional sobrepasaba la de las plantaciones sin ralear (Hellings 1939). Las plantaciones sin ralear tenían 250% más árboles que las plantaciones raleadas; su área basal era 200% mayor, y

Cuadro J-2.—Efectos del raleo en el crecimiento volumétrico de *Pinus elliottii* en el sur de EE.UU.

Edad al momento del raleo	Incremento en metros cúbicos por ha		
	10–13 años	13–16 años	16–19 años
10, 13, 16	89	79	77
13, 16		72	79
16			68
Sin raleo	100	100	100

Fuente: Mann y Enghardt 1972.

Cuadro J-3.—Crecimiento diamétrico de los árboles más grandes de *Pinus elliottii* después del raleo en el sur de EE.UU.

Edad al momento del raleo	Incremento en metros cúbicos por ha		
	10–13 años	13–16 años	16–19 años
10, 13, 16	105	133	148
13, 16		133	156
16			119
Sin raleo	100	100	100

Fuente: Mann y Enghardt 1972.

Cuadro J-4.—Efectos del raleo en una plantación de *Araucaria angustifolia* en Misiones, Argentina, tratada a los cuatro años y medida a los 11 años

Tratamiento a los 4 años	Dap promedio (cm)	Área basal (m ² /ha)	Incremento medio anual (m ³ /ha/año)
Sin raleo, 1 m x 1 m	9.8	44.4	24.2
Con raleo 2 m x 2 m	12.5	26.9	14.6
Con raleo 4 m x 4 m	18.0	14.5	7.9

Fuente: Cozzo 1958.

su volumen 180% mayor. El promedio del dap variaba entre 70 y 95% del dap de las plantaciones raleadas. Pero, sorprendentemente, el volumen final de madera en pie fue de 5 a 35% mayor en las plantaciones raleadas que en las plantaciones sin ralear.

Ensayos con *P. caribaea* en Sudáfrica, donde la madera de aserrar es el producto final, pero donde también existe un mercado para madera de pulpa, demostró las ventajas de un espaciamiento inicial corto y raleos severos de madera para pulpa (Anón. 1954e). Las plantaciones con espaciamientos iniciales de 2,1 m x 2,1 m, rindieron una mayor producción de madera (21 m³/ha más) en el primer raleo. Esto, en combinación con el aumento del diámetro que resulta del raleo, más que compensó el rendimiento de celulosa por el crecimiento más lento de los árboles individuales en espaciamientos estrechos antes del primer raleo.

Cuadro J-5.—Dimensiones de los árboles de teca plantados a campo abierto en Tailandia

Edad (años)	Dap (cm)	Diámetro de copa (m)	Diámetro del sistema radicular (m)
5	9.0	4.2	4.6
10	14.2	7.7	5.4
15	16.9	8.5	5.6
20	26.1	10.0	5.7

Fuente: Ngampongsai 1973.

En Nilambur, India, después de un raleo inicial sistemático se efectuó una selección de casi el 10% de los mejores árboles para un total de 80 árboles de futura cosecha por hectárea en el sitio I y 120 en el sitio III (Kaushik 1960). Estos árboles se han liberado progresivamente.

El raleo de la teca en la India, generalmente se efectúa por lo bajo (Mathauda 1954c). Los árboles de teca raleados se venden muy bien, lo que favorece que se los ralee mucho antes de tener madera para aserrar. En Trinidad, los árboles raleados son aserrados a lo largo y tratados con preservantes para usarlos como postes (Ross 1958). Los costeros se convierten en palos de escoba.

La teca de crecimiento abierto en Tailandia tiene copas más anchas que la mayoría de los demás árboles. Cuando son jóvenes, el sistema de raíces se extiende más allá de la copa, pero más tarde la extensión de la copa sobrepasa la de las raíces (Cuadro J-5). La implicación es que se debe ralear lo más severamente que se pueda sin causar ramificaciones epicórmicas (Ngampongsai 1973).

En Costa de Marfil, una plantación de teca de 4000 ha se raleó a los 7, 12 y 20 años, rindiendo un total de 75 m³/ha de postes pequeños (Tariel 1966). Para la tala final entre los 60 y 80 años, habían quedado sólo 150 árboles por hectárea que se esperaba alcanzarían un diámetro de 30 a 70 cm.

Se recomienda que el programa de raleo de teca en Nigeria, en un sitio de calidad I, se debe basar en la altura y no en la edad (Cuadro J-6).

Cuadro J-6.—Programa de raleos de teca (*Tectona grandis*) en Nigeria, en un sitio de calidad I, con base en la altura

Altura del rodal (m)	Edad (años)	No. árboles remanentes/ha
8	3	1,490
12	6	750
18	10	270
23	15	190
27	20	120
32	30	90

Fuente: Horne 1966.

Cuadro J-7.—Programa de raleos de tres especies en Kenia

Altura dominante (m)	No. árboles remanentes/ha ^a		
	<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>P. radiata</i>
11–12	840	690	840
15–17	490–560		
17–18			420
18–21	330		
21–23		520	
26	250		
27		350	
30–31			280
37			200

Fuente: Wormald 1967.

^aDatos que indican sólo el momento del raleo.

Un régimen distinto se ha usado para el raleo de teca en el este de Nicaragua, donde la precipitación anual es de 290 cm y el espaciamiento inicial fue de 3,5 m x 3,5 m (816 árboles/ha). El 50% de los bosques se raleó a los nueve años, dejando 408 árboles/ha (Weidema 1965b). Un segundo raleo a los 19 años dejó 245 árboles/ha. Los dos raleos rindieron 104 m³/ha.

Un régimen de raleo de *Cupressus lusitanica* en el este del África, cuyo objetivo era limitar el tamaño de los nudos a 10 cm, fue el siguiente (Graham 1945):

Edad (años)	No. de árboles remanentes/ha
7	990-1100
9	860-990
11	740-860
14	620-740
17	490-620
20	370-490
25	250-350

En 1955, el raleo fue un poco más pesado y dejó sólo 740 árboles por hectárea a los nueve años y 620 a los 11 años de edad (Pudden 1955). Con el primer raleo, a los siete años, se seleccionaron 620 árboles para futura cosecha por hectárea, aunque se dejaron otros para un total de 990 a 1110 árboles por hectárea.

Cuadro J-8.—Programa de raleos para *Pinus patula* y *P. radiata* en Kenia

Edad (años)	No. árboles remanentes/ha	
	<i>P. patula</i>	<i>P. radiata</i>
7	990	990
12	740	400
20	300	200

Fuente: Paterson 1967.

El raleo de *C. lusitanica* en Kenia se ha basado en la altura del árbol dominante (Wormald 1967). Programas de raleos comparables para *Pinus patula* y *P. radiata* en Kenia aparecen en el Cuadro J-7.

Una revisión de las plantaciones de pinos en Kenia condujo a replanteamientos en las prácticas de raleo (Paterson 1967b), al comprobarse que los suelos podían sostener rodales más densos sin que el crecimiento del cultivo sufriera. La expectativa era que *P. patula* alcanzaría un dap promedio de 42 cm a los 30 años y 44 cm a los 35 años. Las cifras correspondientes para *P. radiata* serían 54 cm y 58 cm (Cuadro J-8). Un régimen tal produce un cultivo final cuyo dap promedio sería de 48 cm y cuyo volumen alcanzaría casi 21 m³/ha/año.

En el caso de *Araucaria hunsteinii* en Papúa Nueva Guinea, el espaciamiento inicial de los árboles era de 7 m x 7 m (476 árboles/ha). A los diez años, los rodales se ralearon a 250 árboles por ha (Godlee y White 1976). A los 20 años se redujeron a 200 árboles y a los 25 años a 100/ha. Esta densidad (100/ha) se mantuvo hasta la cosecha a los 40 años de edad.

En la provincia de Misiones, Argentina, los espaciamientos en plantaciones de *A. angustifolia* fueron de 2 m x 2 m (2500/ha) (Fraser 1965). A los seis años, se eliminó la mitad de los árboles, dejando 1250 por ha, 800 a los diez años, 500 a los 15 años, y 250 a los 20 años, para la cosecha final a los 25 años de edad.

Ensayos con tres especies latifoliadas en África sugieren que no se necesitan raleos al menos por diez años si el espaciamiento inicial es de 2,4 m x 2,4 m (Lowe 1970). *Nauclea diderrichii*, *Terminalia ivorensis* y *Triplochiton scleroxylon* excedieron los diámetros promedios de 20, 32 y 22 cm respectivamente a los diez años de edad. El crecimiento en área basal de *Terminalia ivorensis* y de

Triplochiton scleroxylon culminó entre los 7 y 8 años, mientras que el de *N. diderrichii* culminó entre los 10 y 12 años. Aún después de 15 años sin raleos, el crecimiento de los árboles de futura cosecha todavía era aceptable.

A la inversa, *Ochroma lagopus*, especie de crecimiento muy rápido, requiere un raleo pesado. Árboles de esta especie se plantaron en Nigeria a razón de 2200 por hectárea, con un espaciamiento promedio de aproximadamente 2,1 m x 2,1 m. A los 18 meses se ralearon para dejar 1550 árboles por ha. De estos se seleccionaron 400 posibles árboles de futura cosecha (Anón. 1961f, White y Cameron 1965). Un año más tarde, otro raleo redujo el rodal a 760 árboles por ha. A los tres años y medio un raleo final dejó 100 árboles por ha, los cuales se cosecharon en el quinto año.

Las experiencias de raleo de *Aucoumea klainiana* en África occidental sugieren dos prácticas generales: 1) un espaciamiento inicial de 11 m x 11 m en bosques naturales, evitando los raleos; 2) espaciamientos más

estrechos y raleos graduales hasta obtener 90 buenos árboles dominantes por hectárea (Catinot 1969a). La primera práctica, apta para plantaciones bajo dosel, mantiene un área basal de menos de 10 m²/ha hasta casi el año 20. El cultivo final podría alcanzar un dap promedio de 65 cm y un área basal de casi 40 m²/ha. La segunda práctica requiere raleos de 180 a 200 árboles por hectárea entre los 8 y 10 años, y de 110 a 120 árboles por ha a los 15 años; ambos raleos se pueden combinar a los diez años. Una complicación que presenta esta especie es que produce una gran cantidad de ramificaciones epicórmicas. Un raleo pesado (del 50 al 75% de los árboles) hace que las copas descendan; por eso, el raleo se debe efectuar temprano para evitar que se produzcan ramificaciones que causarían nudos en la madera.

Se proyectaron raleos a los 3, 5 y 7 años en plantaciones de *Gmelina arborea* en Monte Dourado, Brasil, con el fin de obtener productos más grandes que madera para pulpa. (Anón. 1979e).

