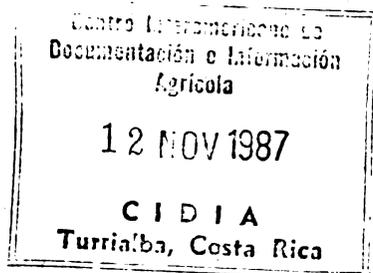


TRES INTENSIDADES DE RALEO EN PINUS CARIBAEA var HONDURENSIS;

ANALISIS DE 10 AÑOS DE CRECIMIENTO.

EN UN DISEÑO CUADRADO LATINO



William Vásquez C.

**Trabajo presentado en el Congreso Forestal Nacional
de Costa Rica, 10., San José, Costa Rica. 1986.**

**La impresión y distribución de este trabajo fueron patrocinadas por el
Programa Suizo de Cooperación para el Desarrollo, COSUDE, por medio de
INFORAT: Información y Documentación Forestal para América Tropical.**

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, CATIE
Departamento de Recursos Naturales Renovables
Turrialba, Costa Rica, 1986**

TRES INTENSIDADES DE RALEO EN PINUS CARIBAEA VAR HONDURENSIS
(Análisis de 10 años de crecimiento en un diseño cuadrado latino)

Por: William Vásquez C.* 12 NOV 1967

RESUMEN.

Desde la introducción de Pinus caribaea var hondurensis en 1960 por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) y debido a la adaptabilidad a suelos pobres y al rápido crecimiento, la especie se ha convertido en una de las más ampliamente plantadas en zonas bajas de Costa Rica.

En el presente trabajo se analiza el efecto de tres intensidades de raleo, 34, 28 y 0 %, utilizando el índice de espaciamento relativo de Hart-Becking (S%), realizado en una plantación de P. caribaea var. hondurensis a los 5,8 años de edad.

A los 10,8 años de edad, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el diámetro, altura total, altura dominante y volumen. Sin embargo, se detectó la tendencia lineal de la intensidad del raleo sobre el crecimiento en diámetro y altura total.

El raleo fuerte produjo 235 m³cc/ha contra 254 m³cc/ha en los otros dos tratamientos. En el tratamiento sin raleo el S% bajó a un 15% donde se mantuvo constante, estableciéndose el límite de área basal por hectárea máxima a ser esperada para esta especie, independientemente de la edad.

La distribución del volumen, fijando un diámetro mínimo de utilización de 24 cm para poste de electrificación, indica que el raleo fuerte contiene 20 y 16 m³cc/ha más que los tratamientos sin raleo y raleo medio, respectivamente.

Aunque la plantación es joven y aún no se pueden obtener conclusiones finales, con base en los resultados, provisionalmente se puede recomendar el raleo fuerte cuando el objetivo es producción de madera para aserrío y postes de electrificación y las otras dos intensidades cuando el objetivo es maximizar la producción en volumen.

Dada la importancia de esta especie, se hace énfasis en la necesidad de más investigación para poder seleccionar el mejor esquema de raleo y el mejor espaciamento, con experimentos que cubran una amplia gama de sitios, edades y densidades iniciales.

*Ingeniero Técnico Forestal. Estudiante M.Sc. UCR-CATIE.

TRES INTENSIDADES DE RALEO EN PINUS CARIBAEA var. HONDURENSIS (Análisis de 10 años de crecimiento en un diseño cuadrado latino)

Por: William Vásquez C.*

1. INTRODUCCION

En el año 1960, el entonces Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) de la OEA, introdujo el Pinus caribaea var. hondurensis Barr & Golf en Turrialba, Costa Rica, con semilla procedente de Poptun, Guatemala. Debido a su buen desarrollo inicial, posteriormente se establecieron plantaciones donde se instalaron parcelas permanentes de medición (Combe y Gewald, 1979).

En Costa Rica, existe poca información sobre el manejo de P. caribaea var. hondurensis especialmente en cuanto a espaciamientos y raleos se refiere. Musalem (1973) analizó el efecto de 4 espaciamientos (2 x 2, 2,5 x 2,5, 3 x 3 y 3,5 x 3,5 metros) sobre el crecimiento de la especie, con semilla procedente de Belice. A los 5 años de edad, los resultados indicaron que un espaciamiento inicial de 2,5 x 2,5 m, permitió obtener el mayor incremento medio anual de volumen (39,3 m³/ha con corteza), 3,44 m de fuste limpio y un diámetro promedio con corteza (dap) de 16,75 cm.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer el efecto de tres intensidades de raleo sobre el crecimiento de P. caribaea var. hondurensis, bajo las condiciones de Turrialba, Costa Rica, después de la primera intervención. Este ensayo de raleos se inició a los 5,5 años, utilizando el índice de espaciamiento relativo (S%) de Hart-Becking para asignar los tratamientos y su efecto se analiza hasta los 10,8 años de edad.

Para evaluar ensayos de raleos Becking (1953) propone utilizar el S% de Hart, suponiendo un distanciamiento triangular regular, debido a que con este método en cada período de raleo, el grado original del mismo puede ser precisamente reestablecido. Becking (1953) llegó a la conclusión de que para cada especie existía un S% óptimo en el cual cada especie logra un máximo aprovechamiento del sitio, por ejemplo para Douglas fir (Pseudotsuga menziesii), un S de 22%.

Según Voorhoeve y Schulz (1968), la técnica del S% se basa en experiencias de Hart (1928) y Ferguson (1953) en Java, con plantaciones de Tectona grandis y Pinus merkusii, respectivamente y de Becking (1953) y De Vries (1964) en Holanda.

Clutter et al (1983) por su parte, indican que la medida de la densidad, basada en la distancia promedio entre árboles y el promedio de la altura dominante de un rodal, fue propuesta para plantaciones primeramente por Hart; luego fue referida como índice de espaciamiento por Becking y Hummel y entonces como espacio relativo por Beckhuis (1966).

El S% es una expresión de la distancia entre los árboles, como un porcentaje de la altura dominante (Hdom).

* Ingeniero Técnico Forestal. Estudiante M.Sc. UCR-CATIE.

El desarrollo del espacio de crecimiento promedio en el tiempo es inversamente proporcional al cuadrado de la Hdom, tal que el S% decrece con el tiempo por el incremento en Hdom, causando una mayor tasa de decrecimiento del S% en el trópico húmedo que en regiones templadas, por lo que los raleos tendrán que ser más frecuentes bajo condiciones tropicales (De Vries et al, 1978).

Voorhoeve y Schulz (1968), indican que para Pinus caribaea var. hondurensis en Surinam, un S% arriba de 30% posiblemente es muy abierto, abajo de 20% el rodal tiende a estancarse y que a la edad de 6 años debe realizarse el primer raleo.

2. MATERIALES Y METODOS

Características del sitio.

La plantación esta ubicada en Turrialba, Costa Rica en el sitio conocido como Cabiria, a $9^{\circ}54'5''$ latitud norte y $83^{\circ}40'14''$ longitud oeste. Fue establecida en diciembre de 1973 con semilla procedente de Belice, con un espaciamiento inicial de $2,5 \times 3,0$ m. El ensayo de raleo fue iniciado 5,5 años después, en el centro de la plantación, ocupando 0,42 ha.

Holdridge, mencionado por Aguirre (1971), clasifica al sitio dentro de la zona de vida bosque muy húmedo Premontano-Tropical (bmh-PT). La precipitación media anual es de 2 476 mm, con temperatura media anual de $22,4^{\circ}\text{C}$, humedad relativa media mensual de 88 % y evaporación promedio mensual de 93 mm (CATIE, 1983).

Según Aguirre (1971), los suelos del área se clasifican como Inceptisoles, Typic Distrandept, profundos, de drenaje imperfecto (con nivel freático entre 30 a 40 cm), de textura arcillosa a franco arcillosa y pH de 4,5 en CaCl_2 y 5,06 en H_2O (punto de muestreo a 160 m al sureste del área experimental).

Diseño estadístico.

El diseño experimental usado fue un cuadrado latino, con tres tratamientos, tres repeticiones y parcelas de 64 árboles originales (8×8), sin bordes entre parcelas para un área de 466 m^2 por repetición.

Los tratamientos fueron:

Sin raleo (SR), código S = 22%

Raleo medio (RM), código S = 25%, que pretendió mantener el S entre 20 y 25%.

Raleo fuerte (RF), código S = 30%, que pretendió mantener el S entre 25 y 30%.

En cada una de las 5 fechas de medición se evaluó el dap con corteza, la altura total (h) de por lo menos un árbol de cada clase diamétrica con rango de un centímetro, la altura dominante (Hdom) de los 100 árboles más gruesos por hectárea, características de la forma del fuste y defectos; y

en la última medición, a los 10,8 años de edad, se apearon y cubicaron 47 árboles en los dos tratamientos con raleo, distribuidos en las diferentes clases diamétricas.

Ejecución del raleo.

Para cada época de raleo se calculó el S% utilizando la fórmula (1) y para los tratamientos RM y RF con los S% deseados se estimó el número de árboles a dejar de la fórmula (2):

$$S\% = \sqrt{11547/N} * 100/hdom \quad (1)$$

donde:

S% = índice de espaciamiento relativo antes del raleo

N = número de árboles por hectárea

hdom = altura dominante promedio por repetición

$$\sqrt{11547} = \sqrt{10000 / N * \text{sen } 60^\circ}$$

Sustituyendo en (1) por el S% deseado (S% d) tenemos:

$$Nd = (11547 * 10^4) / (S\% d * hdom)^2 \quad (2)$$

donde:

Nd = número de árboles a dejar por hectárea

El raleo se concentró en las clases diamétricas inferiores eliminando: a) los árboles enfermos, muertos o muriendo, b) árboles con defectos de fuste y c) observando una buena distribución y tratando de dejar igual número de árboles por tratamiento.

Análisis de las mediciones.

Al graficar los datos de altura total (h) contra diámetro (dap) para cada tratamiento, utilizando todas las fechas de medición, se vió la posibilidad de agruparlos en una regresión común, lo que es lógico para un rodal puro y coetáneo, con una sola calidad de sitio como este, donde se justifica un mismo modelo de regresión.

Fueron probados 14 modelos de regresión, cuyo grado de ajuste fue analizado por el coeficiente de determinación (R^2), el índice de Furnival, la significancia de una prueba de "F" y una prueba de "t", por análisis de residuales y por la selección del modelo biológicamente más estable, restringiendo la regresión para $x = 0$, $y = 1,3$ m.

A partir de los valores promedios de cada repetición se generaron tablas de crecimiento para cada tratamiento. Utilizando el análisis de varianza se determinó si existían diferencias significativas entre tratamientos, filas o columnas.

Estimación del volumen.

Los datos de diámetro (dap) y altura total (h) de los 47 árboles raleados con dap entre 10 y 30 cm y altura entre 12 y 22 m, se compararon mediante un gráfico, con los datos de 162 árboles de Pinus caribaea var hondurensis, medidos en Turrialba por Wilkinson (1981) con rangos entre 5 y 55 cm en dap y 6 a 34 metros la altura. Se observó una tendencia igual para ambas líneas de regresión del modelo cuadrático y alta correlación ($r = 0,95$) entre el volumen real con corteza y el volumen estimado por Wilkinson mediante ecuaciones de la forma:

$$\ln V \text{ (m}^3\text{)} = b_0 + b_1 * \ln \text{dap (cm)} + b_2 * \ln \text{altura total (m)} \quad (3)$$

Los coeficientes b_i para cada tipo de volumen son:

	b_0	b_1	b_2
Vtcc	-10,6884	2,05723	1,07811
Vtsc	-11,6738	2,02913	1,33730
Vsc5	-11,8997	2,06250	1,37033
Vsc10	-13,1203	2,31568	1,4313

donde:

Vtcc = Volumen total con corteza

Vtsc = Volumen total sin corteza

Vsc5 = Volumen sin corteza hasta 5 cm de diámetro superior

Vsc10 = Volumen sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Características del rodal antes y después del raleo

Tablas de crecimiento

Con los datos de campo procesados se construyó la tabla de crecimiento por tratamiento (Cuadro 1), donde se observan las características de cada tratamiento, antes y después del raleo.

Para Costa Rica, utilizando las tablas de crecimiento preliminares desarrolladas por Lemkert (1980), este rodal se clasifica con un índice de sitio 25 (edad base 16 años). Comparando los valores normales con el tratamiento RM a los 10,8 años, estima bien los valores para el dap con 23,3 cm y el N/ha con 865 árboles, aunque subestima el G/ha en 23% y sobrestima el volumen total con corteza en 18,5%.

Cuadro 1. Tabla de crecimiento promedio por hectárea para tres intensidades de raleo en Pinus caribaea var hondurensis en Costa Rica

T (años)	Material en pie								Material raleado					Incremento en volumen				
	Hdom (m)	S (%)	N/ha (n ² /ha)	G (m ² /ha)	DAP (cm)	He (m)	VTcc (m ³)	Vtsc (m ³)	G (m ² /ha)	DAP (cm)	He (m)	VTcc (m ³)	Vtsc (m ³)	Total (m ³) VTcc Vtsc	ICA (m ³) VTcc Vtsc	INA (m ³) VTcc Vtsc		
Tratamiento Sin Raleo (SR) S = 22%																		
5,5	11,8	25,4	1309	18,6	12,9	10,7	92,3	61,2										
5,6	11,8	25,4	1309	18,6	12,9	10,7	92,3	61,2					92,3	61,2		16,48		
6,7	13,4	22,3	1302	23,5	14,5	11,7	131,7	89,5					131,7	89,5	35,8	25,7		
7,3	15,8	18,8	1302	26,3	15,3	12,2	156,1	107,3					156,1	107,3	40,7	29,7		
9,7	20,9	14,6	1245	33,0	17,5	13,6	224,2	158,4					224,2	158,4	28,4	21,3		
10,8	21,2	14,6	1194	35,5	18,5	14,2	254,4	181,6					254,4	181,6	27,5	21,1		

Tratamiento Raleo Medio (RM) S = 25%

5,5	12,6	23,9	1273	18,2	13,0	10,7	90,5	60,1								
5,6	12,6	28,5	901	15,2	14,1	11,5	78,8	52,7	372	3,01	9,7	8,5	11,67	7,37	90,5	60,1
6,7	13,7	26,2	901	19,9	16,4	13,0	116,9	79,9					128,6	87,3	34,6	24,7
7,3	15,9	22,6	901	22,7	17,6	13,7	141,5	98,0					153,2	105,4	41,0	30,2
9,7	19,6	18,4	894	29,7	20,1	15,3	209,5	148,5					221,2	155,9	28,3	21,0
10,8	20,6	17,5	894	32,8	21,2	16,0	242,8	173,8					254,5	181,2	30,3	23,0

Tratamiento Raleo Fuerte (RF) S = 30%

5,5	12,1	25,0	1280	18,2	12,8	10,6	90,2	59,9								
5,6	12,1	33,8	694	12,1	14,3	11,6	65,7	44,1	586	5,8	10,6	9,1	24,5	15,8	90,2	59,9
6,7	13,1	31,1	694	16,6	17,1	13,4	100,7	69,3					125,2	85,1	31,2	22,9
7,3	15,2	26,9	694	18,9	18,3	14,2	120,8	84,0					145,3	99,8	33,5	24,5
9,7	20,3	20,2	694	25,0	21,0	15,9	182,6	130,3					207,1	146,1	25,7	19,3
10,8	20,6	19,5	687	27,5	22,2	16,6	210,8	151,8					235,3	167,6	25,6	19,5

Los símbolos en la tabla denotan:

- T = edad de la plantación en años
- Hdom = altura dominante de los 100 árboles más gruesos por ha en metros
- S% = índice de espaciamiento relativo de Hart-Becking
- N/ha = número de árboles por ha
- G/ha = área basal con corteza en m² por ha
- DAP = diámetro con corteza a 1,3 metros en cm
- He = altura total del rodal estimada por regresión en metros
- VTcc = volumen total del fuste con corteza en m³ por ha
- Vtsc = volumen total del fuste sin corteza en m³ por ha
- Vsc5 = volumen del fuste sin corteza hasta 5 cm de diámetro superior en m³/ha
- Vsc10 = volumen del fuste sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior en m³/ha

Relación diámetro-altura total.

El modelo de regresión cuadrático mostró el mejor ajuste y se consideró "biológicamente estable", porque al restringir el modelo haciendo que la altura total fuera 1,3 m cuando el dap es 0, aumentó el valor de F.

El Cuadro 2 presenta la información del análisis de regresión del modelo cuadrático, para todos los datos y por tratamiento.

Cuadro 2. Análisis de regresión para el modelo restringido
 $H = b_0 + b_1 \text{dap} + b_2 \text{dap}^2$

Tratam.	Fc	T1	R	T2	R	IF
Todos trat.	6800***	30.6***	0.83	3.7***	0.82	2.41
SR	2283***	20.6***	0.86	3.4**	0.84	2.47
RM	2364***	15.8***	0.82	0.9NS	0.81	2.33
RF	2147***	15.4***	0.91	1.7NS	0.80	2.43

** = significativo al 95%

*** = significativo al 99%

IF = índice de Furnival

La regresión seleccionada con base en todos los datos y para cada tratamiento, explica del 65 al 70% de la variación en la altura total.

Al separar los dos grados de libertad del modelo se observó que para el tratamiento RM y RF, no hay efecto cuadrático ($P \leq 0.05$) aunque la variable predictora dap^2 , esta correlacionada siempre en más de un 80% con la variable dependiente, esto debido, quizás, al poco número de datos incluidos para el análisis en estos dos tratamientos.

El modelo seleccionado para todos los tratamientos en conjunto fue:

$$H \text{ (m)} = 1,3 + 0,7805 * \text{dap (cm)} + 0,0039 * \text{dap}^2 \text{ (cm)} \quad (4)$$

Antes de efectuarse el raleo la sobrevivencia era de 95, 93 y 93 % para los tratamientos SR, RM y RF, respectivamente. En las figuras 1 y 2 se observa el comportamiento de la mortalidad para el tratamiento SR, la cual alcanza un 13 % promedio a los 10,8 años de edad y representa la función de mortalidad expresada por el N/ha en función de la edad.

Como se indicó anteriormente, el raleo fue efectuado por lo bajo y aunque con base al N/ha el tratamiento RF removió un 46 % y el RM el 29 %, en base al 6/ha esto significó un 32 % y un 16 %, respectivamente. Para efectos de interpretación y con base a esta última medida de densidad se puede concluir que el RF fue dos veces más intenso que el RM, lo que en términos de índice de espaciamento relativo significó una diferencia de 5,3 unidades de S%.

Respuesta del índice de espaciamiento (S%).

En la figura 1 se observa el comportamiento promedio del S% con respecto al tiempo y al N/ha.

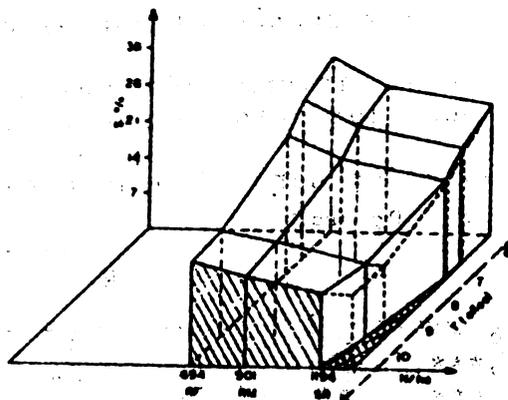


Fig 1. Respuesta del índice de espaciamiento relativo (S%) a la densidad (N/ha) y la edad (T), después del primer raleo en P. edulis var. bahianensis en Costa Rica.

A los 5,6 años de edad el rodal mostró un S% promedio general de 25%, el tratamiento RM elevó el S a un 28% y el RF a un 34%, lo que significó un 3,5% más de unidades de lo pretendido. Como era de esperarse la disminución de los valores del espaciamiento relativo es más rápido en el RF, con mayor espacio de crecimiento que en el RM, aunque ambos se dirigen asintóticamente hacia un espaciamiento mínimo relativo común (Clutter et al., 1983), que aparentemente fue alcanzado por el tratamiento SR con un S de 15%. En este límite, el estancamiento del S% se hace evidente debido a la disminución del incremento en altura dominante (H_{dom}) y al aumento del espacio de crecimiento causado por mortalidad. Se establece así el área basal máxima esperada para esta especie en esta calidad de sitio.

Análisis del crecimiento.

Aunque el tratamiento estadístico realizado en este trabajo, fue hecho para parcelas de 8 x 8 árboles, sin borde, se realizó una prueba con parcelas de 6 x 6 árboles y se observó que el error experimental fue reducido al utilizar estas últimas parcelas en un 2 y 11 % para el dap y la altura total, respectivamente, a los 5,5 años de edad, antes del raleo. Para los 10,8 años el error disminuyó en un 6 % y un 4 % respectivamente, comprobando la utilidad de bordes entre parcelas.

El análisis de variancia fue realizado por fecha de medición. No se detectó diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con excepción del análisis para las variables dap, he y G/ha.

Para el área basal por hectárea (G/ha) se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) solo a los 5,5 años antes del raleo y utilizando parcelas con borde. A los 6,7, 7,3 y 9,6 años de edad se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0,06$) para el dap y la altura total.

La prueba de Tukey mostró, diferencias entre filas y entre columnas, las cuales pueden atribuirse a la falta de drenaje en una parte del área experimental y a la mayor mortalidad inicial respectivamente.

Después del raleo no se detectaron diferencias entre filas y columnas por lo que el análisis se concentró en interpretar el efecto de los tratamientos antes y al final del raleo.

En el Cuadro 3 se resume la prueba de Tukey para las variables evaluadas por efecto del raleo a los 5,5 y 10,8 años.

Cuadro 3. Prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para las variables evaluadas por el efecto de los tratamientos

Variable	PROMEDIOS POR TRATAMIENTO					
	T = 5.5 años			T = 10.8 años		
	SR	RH	RF	SR	RH	RF
dap (cm)	12,9	13,0	12,8	18,5	21,2	22,2
he (m)	10,7	10,7	10,6	14,2	16,0	16,6
hdom (m)	11,7	12,6	12,1	21,2	20,6	20,6
G/ha (m ²)	18,6	18,2	18,2	35,5	35,8	33,3
VTcc (m ³ /ha)	92,3	90,5	90,2	254,4	254,4	235,3
VTsc (m ³ /ha)	61,2	60,1	59,9	181,6	181,2	167,6
Vsc5 (m ³ /ha)	58,2	57,0	56,9	176,8	176,2	163,0
Vsc10 (m ³ /ha)	43,6	42,7	42,5	151,4	149,9	138,9

Promedios unidos con la misma línea no son diferentes significativamente ($P \leq 0,05$)

Antes del raleo, no hay diferencias significativas para ninguna de las variables, lo que indica que las parcelas eran homogéneas. Ninguno de los tratamientos produjo diferencias significativas para ninguna variable a esta edad ($P \leq 0,05$).

Al final del raleo el dap promedio general para los tratamientos fue de 20,6 cm \pm 1,9 cm, el área basal promedio fue de 34,9 m²/ha \pm 1,4 m²/ha y el volumen total con corteza promedio de 248 m³/ha \pm 11 m³/ha.

Para confirmar la tendencia de incremento diamétrico aparente, pero no significativa, observada en la figura 2, una prueba por contrastes ortogonales confirmó que a partir de los 7,3 años y hasta los 10,8 años existe un efecto lineal de la intensidad del raleo sobre el dap y sobre la altura total, las cuales pueden explicarse en función de la intensidad del raleo.

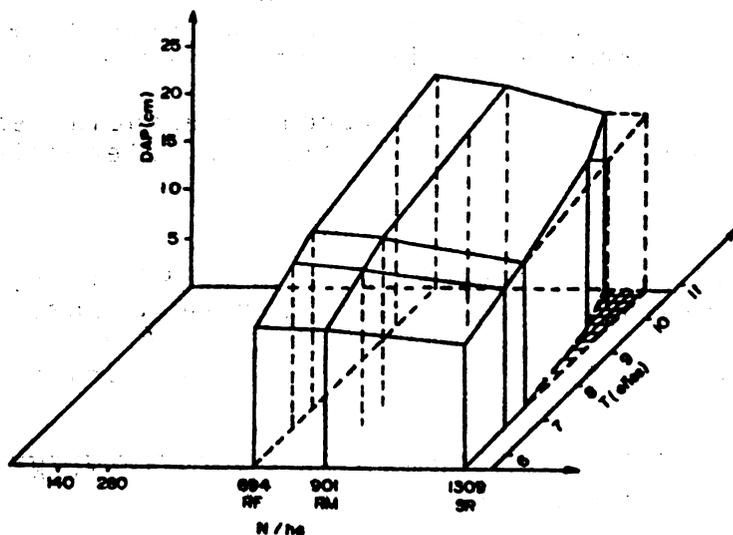


Fig. 2. Respuesta del diámetro a 1.3 m (DAP) a la densidad (N/ha) y la edad (T) luego del primer raleo

La figura 3 presenta los valores promedio de incremento corriente (ICA) e incremento medio anual (IMA) en $m^3/ha/año$. El máximo ICA se obtuvo a los 7,3 años de edad, y coincide con el punto de inflexión de la curva de IMA, sin alcanzar aún la tasa máxima de incremento en volumen.

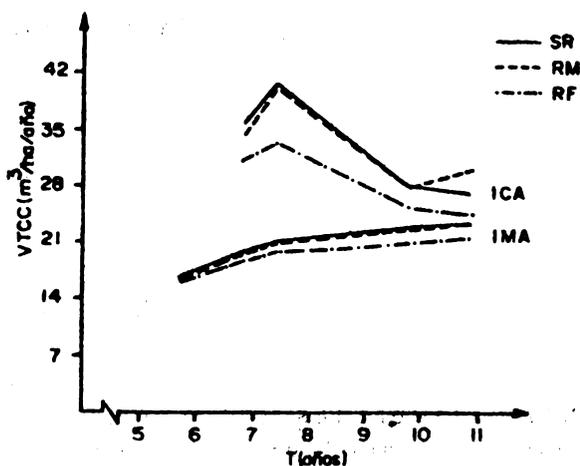


Fig. 3. Incremento medio anual (IMA) e incremento corriente anual (ICA) para el volumen total con corteza por tratamiento en *P. caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica

Hasta los 7,3 años la pendiente de la curva de ICA muestra que la respuesta del tratamiento RF fue menor que el tratamiento testigo (SR), lo que indica que un 5% de 34 es muy fuerte y que la especie no está ocupando el potencial del sitio, esto se refleja en 7% menos de producción en VTCC acumulado con respecto a los otros tratamientos.

El aumento inusual en la curva de ICA a partir de los 9.7 años, especialmente en el RII, no es producto de una segunda intervención. Este aumento posiblemente es debido al mejoramiento de las condiciones de drenaje hechas en ese año.

Distribución y rendimiento en volumen.

Los cuadros 4, 5 y 6 dan la distribución del N/ha y del VTcc por clases diamétricas de rango 2 cm, después del raleo a los 10,8 años de edad y el cuadro 7 da el valor en colones por metro cúbico con corteza, con los diámetros máximos, mínimos y de cúspide, para los productos que se pueden obtener de esta especie en la zona de Turrialba. Se incluyó poste eléctrico porque es el producto más lucrativo, aunque se han detectado problemas de resistencia, por lo que su utilización está restringida. Para la madera de aserrío, el mercado es relativamente pequeño y para la pulpa mecánica su uso está limitado debido a altos contenidos de resina aun no resueltos en la planta de la Empresa Scott Paper.

Cuadro 4 Composición promedio del rodal por hectárea a los 10,8 años
Tratamiento Sin Raleo SR S = 22%

DAP	He	N/ha	VTcc	Vsc10	Acumulado más de (%)	
Pto. medio (cm)	(m)		(m ³)	(m ³)	VTcc	Vsc10
3	3,6					
5	5,1					
7	6,6	7	0,06	0,02	100	100
9	8,0	43	0,78	0,27	99,9	99,9
11	9,4	179	6,32	2,45	99,7	99,8
13	10,8	129	7,70	3,30	97,2	98,2
15	12,1	64	6,03	2,82	94,2	96,0
17	13,4	143	18,10	8,99	91,9	94,1
19	14,7	220	22,39	11,32	84,8	88,2
21	15,9	157	37,17	20,83	76,4	80,7
23	17,1	129	38,07	22,29	61,8	66,9
25	18,3	100	38,73	23,88	46,8	52,2
27	19,5	50	24,25	15,61	31,6	36,5
29	20,6	21	13,84	-9,42	22,0	26,1
31	21,7	29	21,52	15,08	16,6	19,9
33	22,7	14	11,62	8,26	8,0	9,9
36	23,7				3,5	4,5
37	24,7	7	8,86	6,82	3,5	4,5
Totales		1194	254.45	151.36		

He = altura estimada por regresión
 N/ha = número de árboles por hectárea
 VTcc = volumen total del fuste con corteza
 Vsc10 = volumen total del fuste sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

Cuadro 5. Composición promedio del rodal por hectárea a los 10,8 años
Tratamiento Raleo Medio RM S = 25%

DAP	He	N/ha	VTcc	Vsc10	Acumulado más de (%)	
Pto. medio (cm)	(m)		(m ³)	(m ³)	VTcc	Vsc10
3	3,6					
5	5,1					
7	6,6					
9	8,0	8	0,19	0,07	100	100
11	9,4				99,9	99,9
13	10,8				99,9	99,9
15	12,1	79	6,75	3,11	99,9	99,9
17	13,4	157	20,07	9,98	97,1	97,8
19	14,7	157	27,49	14,53	88,8	90,9
21	15,9	136	32,28	18,11	77,6	80,9
23	17,1	114	36,01	21,33	64,3	68,5
25	18,3	114	46,28	28,79	49,4	53,8
27	19,5	50	23,43	14,99	30,4	33,9
29	20,6	64	38,37	25,72	20,7	23,6
31	21,7	8	4,78	3,28	4,9	5,9
33	22,7				2,9	5,9
36	23,7	7	7,14	5,28	2,9	3,6
37	24,7					
Totales		894	242,79	145,19		

He = altura total estimada por regresión

N/ha = número de árboles por hectárea

VTcc = Volumen total del fuste con corteza

Vsc10 = Volumen total del fuste sin corteza hasta 10 cm de diámetro superior

Cuadro 6. Composición promedio del rodal por hectarea
a los 10,8 años
Tratamiento Raleo Puente RF S = 30%

DAP	Pto. medio (cm)	He (m)	N/ha	VTcc (m ³)	Vsc10 (m ³)	Acumulado más de (%) VTcc	Vsc10
	3	3,6					
	5	5,1					
	7	6,6					
	9	8,0					
	11	9,4	7	0,32	0,13	100	100
	13	10,8	14	0,96	0,42	99,8	99,9
	15	12,1	36	2,90	1,32	99,4	99,6
	17	13,4	43	5,24	2,59	98,0	98,5
	19	14,7	122	21,30	11,26	95,5	96,5
	21	15,9	100	23,62	13,23	85,4	87,8
	23	17,1	129	39,68	23,41	74,2	77,4
	25	18,3	108	41,00	25,23	55,9	59,2
	27	19,5	50	24,66	15,93	35,9	39,6
	29	20,6	57	34,72	23,35	24,2	27,2
	31	21,7	14	9,94	6,86	7,8	8,9
	33	22,7	7	6,46	4,68	3,1	3,6
	36	23,7					
	37	24,7					
Totales			687	210,80	128,41		

Cuadro 7. Posibles usos y precios para la madera de P. caribaea var. hondurensis en el Valle de Turrialba, Costa Rica.

Producto	Clase Diámetro (cm)			Precio (colones/m ³) **
	mínimo *	máximo *	cúspide	
Poste eléctrico	23	41	15 a 18	3 500,00
Poste construcción	5	25		1 500,00
Poste cerca	5	12,5		800,00
Aserrío:				
Comercial	30	-		
Interno	15	-		2 300,00
Leña	5	30		200,00

Fuente: Diversificación Agrícola de Turrialba (14-4-86)

*Medido entre 1,6 a 1,8 m del suelo.

**Un colón = 58 U.S.A. dólares

4. CONCLUSIONES

Fijando un dap de 24 cm como límite de utilización para poste eléctrico, el 18, 27 y 34 % del número de árboles por hectárea se encuentran acumulados en los tratamientos SR, RM y RF, respectivamente. Para el volumen total con corteza, cuya distribución se observa en la figura 4, el 47, 49 y 59 % se encuentran distribuidos sobre este dap límite.

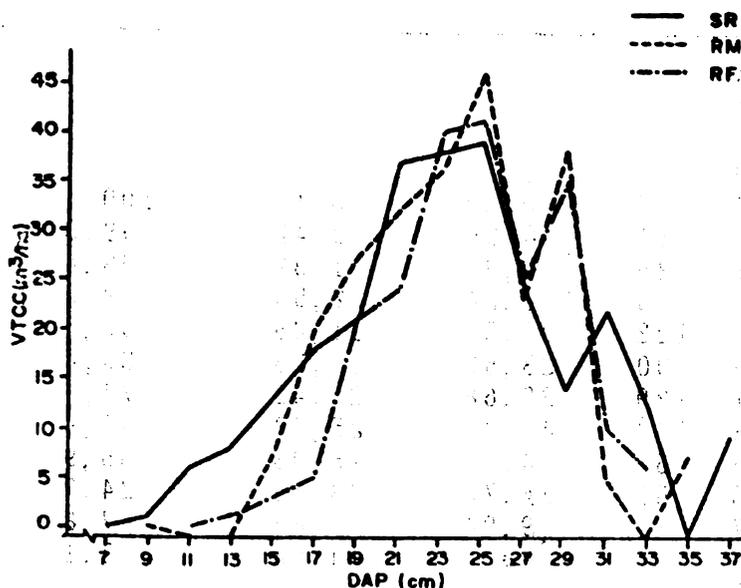


Fig: 4 Polígono de distribución para el volumen total con corteza por tratamiento a los 10,8 años, antes del segundo raleo en *P. caribaea* var. *hondurensis* en Costa Rica

El mayor volumen acumulado en las clases de más de 31 cm en el tratamiento SR no es normal y desaparece al excluir los árboles de borde, manteniéndose una diferencia de aproximadamente 10% entre tratamientos.

De la distribución observada en la figura 4 para el volumen total con corteza, se puede concluir, siempre con las precauciones debidas a las inconsistencias causadas por el tamaño de las parcelas, que a pesar de que el RF produjo a los 10,8 años 32 y 43,6 m³/ha menos que los tratamientos RM y SR, económicamente, dada la distribución del volumen y la gran diferencia de precios entre productos, este podría ser el más rentable.

Independientemente del aspecto económico que debe investigarse más a fondo, puede concluirse que el tratamiento SR puede recomendarse para máxima producción de madera para fibra, sin incurrir en costos de raleo, que el RM tiene la ventaja de permitir suplir una demanda más diversificada y que el tratamiento RF, aunque menos productivo que los otros dos, produce el mayor volumen concentrado en árboles de dap mayor o igual a 24 cm en menor tiempo y es recomendable cuando el objetivo es madera de aserrío y poste de electrificación.

Dado que un programa de raleo mal planificado y ejecutado puede reducir a la mitad los ingresos de una plantación, es recomendable que la investigación silvícola para esta y otras especies importantes de Costa

Rica, no se realice en forma aislada pues para lograr determinar el mejor esquema de raleo y el mejor espaciamiento, es necesario como indica Fish Wick (1974), cubrir una gama amplia de sitios, edades y densidades que se dan en la práctica forestal.

4. LITERATURA CITADA

- 1) AGUIRRE, V. 1971. Estudio de suelos del área del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA.139 p.
- 2) BECKING, J.H. 1953. Thinning research in forestry. Netherland Journal of Agriculture Science 1 (1): 122-129.
- 3) CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. 1983. Resumen de datos meteorológicos estación CATIE. Turrialba, Costa Rica, CATIE. (mimeog). sp.
- 4) CLUTTER, J.L. et. al. 1983. Timber management; a quantitative approach. USA, John Wiley.
- 5) COMBE, J. y GEWALD, N.; eds. 1979. Guía de campo de los ensayos forestales del CATIE en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 378p.
- 6) FISH WICK, R. 1974. Pesquisa de intensidad de desbaste. Foresta 5(1): 35-45.
- 7) LEMKERT, D. 1980. Tablas de crecimiento de P. caribaea var. hondurensis en Costa Rica; preliminar. San José, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General Forestal. 53 p.
- 8) MUSALEM, M.A. 1973. Estudio de comportamiento de Pinus caribaea. Morelet en el trópico húmedo, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. 108 p.
- 9) VOORHOEVE, A.G. y SCHULZ, J.P. 1968. La necesidad de parcelas permanentes de aclareo y rendimiento en plantaciones forestales. Mérida. Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Boletín 27/28:3-17.
- 10) VRIES, P.G. DE, HILDERBRAND, J.W. y GRAAF, N.R. De. 1978. Análisis of 11 years growth of caribbean pine in a replicated Greco Latin Square Spacing-thinning experiment in Surinam. Mededelingen Land bou whgeschool. Wageningen No. 18-17. 58 p.
- 11) WILKINSON, K. 1981. Tree volumen model selection; based on Pinus caribaea var hondurensis (Barr. and Golf) collected at Turrialba, Costa Rica. Thesis B. Sc. London, University of Aberdeen.