Agronomía Costarricense 20(1): 25-37. 1996

LA COMPETENCIA ENTRE PLANTAS Y EL RALEO DE LA PLANTACION DE PALMA ACEITERA[1]

Francisco Sterling *

ABSTRACT

Inter-plant competition and thinning of the oil palm plantation. In south western Costa Rica an oil palm plantation of Deli x AVROS origin suffered a transitory stress from lack of solar radiation as of 8 years old, when planted to a density of 142 palms/ha. This produces a reduction on bunch yield potential and an alteration in the normal palm growth behavior. The results of 2 thinning experiments and the systematic tree elimination made in several commercial oil palm lots, were used to analyze the effect of inter-palm competition and thinning on yield potential of the plantation. Systematical thinning of 33% of the individuals, at the age of 8 years after planting, promoted an increase superior to 30% in the variable "yield palm year (kg)" with respect to unthinned palm plots, from second year onwards after thinning. When 14% of the population was eliminated, the recovery was only partially achieved and the "yield by individual palm" increased 20% with respect those treatments without palm elimination. Nevertheless, the "bunch production accumulated by area unit" was favored by the permanency of denser palm populations. Thinning 14% of the palms stand up to 8 years after planting showed the highest "accumulated yields by hectare" value, amongst compared treatments; the original unthinned stand was ranked in an intermediate position and the elimination of 33% of the palms showed the poorest productivity behavior. Leaf emission rate, leaf length and petiole cross section were the vegetative growth parameters more closely related with the stress provoked by the inter-palm competition. Trunk height and leaf area did not allow to differentiate between thinned an unthinned plots.

INTRODUCCION

Durante los 3 primeros años de cosecha las palmas producen un número de racimos muy elevado, cantidad que luego de una leve disminución se estabiliza cuando la palma alcanza su madurez; en su última etapa de crecimiento la plantación experimenta una clara disminución en el número de racimos. El peso promedio de los racimos se incrementa continuamente, desde unos pocos kilogramos en los primeros meses de cosecha, hasta 25 ó 30 kg a los 18 años de la plantación. El rendimiento, que es función del número y peso promedio de los racimos producidos, aumenta progresivamente hasta los 10 años como mínimo, cuando se alcanza el pico de producción, luego de lo cual declina gradualmente.

La causa precisa del descenso de la producción en palmas libres de competencia no ha sido determinada, aunque se supone que está relacionada con el desplazamiento de cantidades crecientes de asimilados que demandan el tronco y otras estructuras vegetativas, conforme aumentan su volumen con la edad (Corley, 1977; Breure, 1988a y b; Breure *et al.*, 1990). No existe evidencia concluyente de disminución fisiológica en la

1/ Recibido para publicación el 28 de setiembre de 1995.
* Programa de Investigaciones en Palma Aceitera PIPA/ASD. Grupo Numar. Apartado Postal 30-1000 San José, Costa Rica.

palma aceitera durante su ciclo de vida (Nazeeb *et al.*, 1991); pero Redshaw y Siggs (1993) mencionan que esta caída del potencial de rendimiento con la edad se relaciona con la disminución en la eficiencia del transporte vascular de agua y nutrientes al dosel y a los racimos, conforme aumenta la altura del tronco.

A partir del octavo año de edad en plantaciones con 142 palmas/ha es común observar el traslape de las hojas en las plantas adyacentes; esto reduce progresivamente la cantidad de luz que reciben las hojas de la parte inferior del dosel. Bajo estas condiciones se da un aumento en la velocidad de la senescencia en las hojas inferiores (al encontrarse por debajo del punto de compensación de luz) que consecuentemente reduce la tasa de asimilación neta (TAN) y la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) (Corley, 1976a). Este descenso en la capacidad de asimilación se manifiesta en la caída de los rendimientos que caracteriza a las plantaciones entre los 10 y 12 años, especialmente cuando crecen con limitaciones en la radiación solar.

A pesar de la disminución en la eficiencia fotosintética (Corley, 1976b), la palma aceitera mantiene inalterada la cantidad de materia seca dedicada al crecimiento y mantenimiento vegetativo. Por esta razón la disminución en la TAN se refleja en una caída similar en la producción de racimos. Se considera que el número de racimos decrece con relación al aumento en la tasa de aborción, al menos durante la fase inicial por competencia, después se acentúa con la disminución de la proporción de inflorescencias femeninas con respecto a las masculinas. Esta especie monoica, bajo condiciones limitantes, desplaza la diferenciación sexual hacia la producción de inflorescencias masculinas.

Otros síntomas descritos y asociados con el estrés por competencia entre plantas son: aumento de la longitud foliar (Breure, 1977), mayor área e índice del área foliar (Corley, 1973), e incremento en la tasa de crecimiento vertical del tronco (Breure, 1977; Menéndez, 1988).

En las palmas adultas el efecto de competencia por luz puede ser atenuado con una reducción en la densidad, mediante la eliminación de palmas. En una plantación de 15 años densamente poblada (Hartley, 1983) una reducción de la densidad de 142 a 99 palmas/ha provocó una disminución temporal del rendimiento por unidad de área que luego superó la producción original. En Africa los palmares pierden entre 10 y 20% de su población inicial a causa de la marchitez vascular (*Fusarium oxysporum* f. sp. elaeidis); o por *Ganoderma* sp. en Asia, sin embargo, los rendimientos por hectárea se han mantenido inalterados. Bachy (1965) en Africa Occidental y Corley (1976b) en Malasia determinaron que las palmas vecinas a un árbol faltante incrementan su potencial de producción, siendo capaces conjuntamente de recuperar sobradamente la producción del punto vacante. Estas consideraciones condujeron a pensar que con el raleo se podría recobrar el decaído potencial de producción de plantaciones etioladas, y que este aumento en la productividad del cultivo se podría complementar económicamente con el menor número de palmas que requerirían poda, cosecha, limpieza de rodajas y fertilización.

Debido a la simetría de la arquitectura de la palma aceitera, la utilización de patrones de siembra uniformemente espaciados (v. gr. hexagonal) conducen a la optimizar de la explotación, dada la mejor intercepción de la radiación incidente (Sly y Chapas, 1963; Ramachandran *et al.*, 1973; Tan y Ng, 1977). El raleo de una población densa da como resultado una plantación desigualmente espaciada, por lo que será difícil optimizar la producción bajo tales condiciones. Sin embargo, algunos autores consideran que el raleo es una mejor alternativa que continuar el manejo de una plantación densa, etiolada y con rendimiento decreciente. Alwi (1993) encontró que al remover de la plantación el 3% de las palmas de más baja producción, mejoró el rendimiento promedio de la explotación en aproximadamente 3%, además del ahorro que representa para la operación el eliminar estas palmas improductivas. Este método de raleo no precisa del establecimiento de un patrón sistemático de eliminación de palmas, lo cual facilita su implementación.

En la región suroeste de Costa Rica, plantaciones comerciales establecidas con 142 palmas /ha, muestran una marcada disminución de la producción a partir del octavo año desde la siembra, lo cual se atribuye al efecto temprano de la competencia entre plantas, especialmente por la baja irradianza. Los resultados de dos experimentos y del raleo sistemático de varios lotes comerciales de cosecha se utilizaron en el presente artículo para analizar el efecto de la competencia entre palmas sobre el rendimiento de la plantación, así como para determinar la factibilidad del raleo como una práctica agronómica y económicamente viable en el manejo de una plantación de palma aceitera con problemas de sobrepoblación.

MATERIALES Y METODOS

Condiciones ambientales

Los lotes comerciales raleados y los ensayos se ubicaron en la plantación comercial de palma aceitera propiedad de la Compañía Palma Tica, localizada en la región Suroeste de Costa Rica. La división Coto se caracteriza por su topografía plana, con la presencia de suelos de origen aluvial en los que predominan las texturas arcillosas, pH 6,0-6,5, alta capacidad de intercambio de cationes (CIC) 45-55 cmol(+)/kg de suelo y una saturación de bases intercambiables del 85 al 95%. La precipitación media anual es de 4000 mm; y cuenta con 1200 h luz/año, con una irradianza de tan solo 5300 mega Julios/m^2, factores que se consideran por debajo del óptimo para la explotación eficiente del cultivo de la palma aceitera.

Raleo de lotes comerciales

En todos los casos, el material de siembra correspondió a líneas comerciales tipo ténera de origen Deli x AVROS. Estos materiales provienen de las estaciones CHEMARA, y de la estación Dami, Papúa Nueva Guinea, con las que se plantaron las Fincas 57 y 49, respectivamente. Originalmente se utilizó una densidad de siembra de 142 palmas/ha. La fertilización fue exclusivamente de 110 kg/ha año de nitrógeno, indistintamente del número de palmas remanentes después del raleo.

El lote 71 de la Finca 57 se raleó a 122 palmas/ha (14%), eliminado sistemáticamente cada séptima palma de la línea, en noviembre de 1983. Se dejó como comparador el lote 50. Esta plantación se estableció en 1971.

Un segundo grupo de lotes comerciales plantados en Finca 49 durante 1976 fueron raleados en 1986 a 122 palmas/ha. Estos lotes fueron los siguientes: 25, 26, 27, 28 y 32; se dejó sin ralear como comparador el lote 31.

El efecto de la competencia entre plantas se evalúo a través del comportamiento de la producción por hectárea.

Experimento CA77.01

En el ensayo CA77.01 se utilizó material de siembra Deli x AVROS obtenido de la estación Dami, Papúa Nueva Guinea y se compararon 2 tratamientos; uno de los cuales fue el raleo sistemático del 33% de la plantación, eliminando una de cada 3 palmas en la hilera, tratamiento que fue comparado con un testigo representado por la densidad original (142 palmas/ha). La parcela útil consistió de 16 palmas en el centro de un lote definido por 8 hileras de 8 palmas. Se utilizaron 6 repeticiones. Las parcelas fueron raleadas en enero 1985, cuando la plantación tenía 8 años de edad.

Para evaluar el rendimiento por palma se registró el número y el peso de todos los racimos producidos por cada palma en ciclos de cosecha de 8 días. El crecimiento vegetativo fue medido en ciclos semestrales a través del comportamiento de las variables: tasa de emisión foliar (TEF), área foliar (AF), longitud del raquis (LRQ) y largo del pecíolo (PEC) de la hoja 17 y altura del tronco (TRC) esta última a la base de la hoja 31 (Corley y Breure 1981).

Experimento CA 88.08

El ensayo CA88.08 se realizó con plantas de origen Deli x AVROS obtenidas del Programa de Investigaciones en Palma Aceitera (PIPA), Costa Rica. Se estudiaron 2 densidades de raleo, 14% y 33%, que fueron practicadas en 2 épocas. La primera eliminación se realizó en abril de 1989, cuando la plantación alcanzó los 8 años de edad; el segundo raleo se efectuó un año después, en abril de 1990, cuando fueron evidentes los primeros síntomas de estrés por competencia entre palmas. Los 4 tratamientos resultantes se compararon con el testigo, que fue la siembra original de 142 palmas/ha. Se usó un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La parcela útil consistió de 8 surcos con 8 plantas cada uno. Desde el inicio de este ensayo (que incluye un año de evaluación previo al raleo) en 1988 hasta su conclusión en agosto de 1993, se evaluó en forma continua la producción y el crecimiento vegetativo, bajo el procedimiento descrito para el ensayo CA77.01.

A diferencia de los casos anteriores, además de la fertilización con nitrógeno, en este ensayo se realizaron 2 aplicaciones de K_2O a razón de 400 kg/ha en 1992 y 1993, debido a los síntomas de deficiencia de potasio observados.

RESULTADOS

Raleo a escala comercial

En el lote 71 de Finca 57 se eliminó el 14% de la población a finales de 1983, cuando la

plantación tenía 12 años de edad. La producción por hectárea respondió positivamente un año después, en tanto que el lote vecino número 50, que se mantuvo a su densidad original, muestra un continuo declinamiento de la producción (Figura 1a).

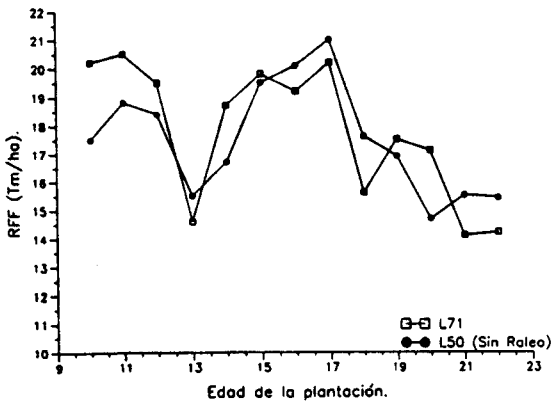
A pesar de que en los lotes 25, 26, 27, 28 y 32 de la Finca 49 también se eliminó el 14% de las plantas (1986), estos muestran producciones similares a su respectivo comparador no raleado (Figura 1b). La escasa efectividad del raleo en la recuperación del potencial de producción en estos lotes se relaciona con la excesiva reducción de la población en esta plantación, ya que posterior al raleo, se dio una eliminación adicional de palmas, a causa de la enfermedad del anillo rojo (Cuadro 1), con esto la compensación del rendimiento por palma fue insuficiente para sobreponer la baja población de la plantación al final del período posterior a la eliminación de las palmas. En otro sentido, la muerte de palmas a causa de anillo rojo actuó como un raleo natural en el lote testigo; esto pudo amortiguar el estrés por competencia entre plantas. Dentro de la población densa del testigo hubo grupos de plantas, irregularmente distribuidos y carentes de estrés por competencia, capaces de contribuir significativamente a contrarrestar la desminución de la producción en el Lote 31(Testigo), que no fue raleado.

Experimento CA77.01

A partir del segundo año, las palmas en las parcelas libres de competencia fueron capaces de producir mayor número de racimos y de más peso (Cuadro 2) en comparación con las parcelas no tratadas.

Debido al menor número de palmas por parcela, cuando se realizó la conversión de los datos a rendimientos por unidad de área, en las parcelas bajo raleo disminuyó la producción por hectárea durante el primer año, diferencia que se mantuvo aún en el segundo año. Finalmente, a partir del tercer año las parcelas raleadas lograron equiparar la producción por hectárea mostrada por el testigo; sin embargo no les fue posible alcanzar la producción acumulada por hectárea que mostró el testigo al final de los 5 años de evaluación.

El raleo fue una práctica efectiva para disminuir la longitud foliar, especialmente la longitud del raquis; se observó también una mayor tasa de emisión foliar y una mayor dimensión en la sección transversal del pecíolo, sin embargo, esta



Fg. 1a. Comportamiento de la producción del lote 71 (Finca 57) raleado en un 14% a los 12 años de edad. El lote 50 se mantuvo a su densidad original como referencia.

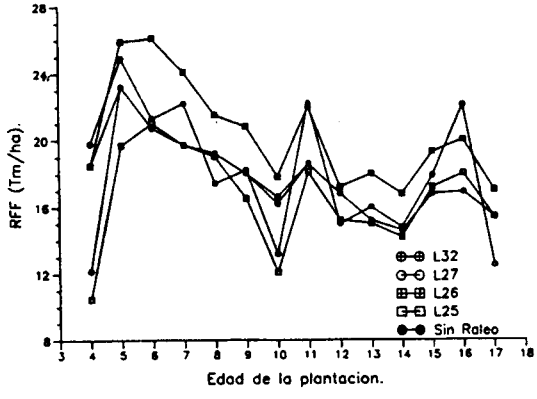


Fig. 1b. Comportamiento de la producción en los lotes 25, 26, 27 y 32 (Finca 49) raleados en un 14%, a los 8 años de edad. El lote 31 se mantuvo con su densidad original como referencia.

Cuadro 1. Cambios en la densidad de la población asociados con el raleo sistemático y la muerte de palmas debido al anillo rojo. Fincas 49, 50 y 57. División Coto, Corredores 1993.

Finca	Lote	Año de siembra	Densidad real, plantas/ha 1981	1983	1986	1993
57	50	1971	142	122	–	117
	71		142	142	–	132
50	9	1976	142	122	–	103
	10		142	142	–	117
49	25	1979	142	–	122	104
	26		142	–	122	119
	27		142	–	122	117
	28		142	–	122	114
	31		142	–	142	114
	32		142	–	122	104

Cuadro 2. Efecto del raleo sobre la producción (años después del raleo) en una plantación establecida en 1977 a la densidad de 142 palmas/ha. El raleo se efectuó en enero de 1985, cuando la plantación tenía 8 años. CA77.01 Coto, Corredores, 1985-1990.

Intensidad de raleo (Densidad después del raleo)	RFF/palma (Kg) Años después del raleo							RFF/ha (tm) Años después del raleo						
	1	2	3	4	5	6	(Acum)	1	2	3	4	5	6	(Acum)
0% (142 palmas/ha)	190,7	176,0	160,0	167,2	218,7	175,7	(1088,3)	25,7	29,8	21,6	22,6	29,6	23,7	(146,7)
33% (95 palmas/ha)	209,4	191,5	212,7	243,9	285,2	243,7	(1386,4)	19,9	18,5	20,5	23,5	27,5	23,5	(133,4)

(Densidad después del raleo)	N° de racimos palma Años después del raleo							Peso promedio del racimo Años después del raleo						
	1	2	3	4	5	6	(Acum)	1	2	3	4	5	6	Prom
0% (142 palmas/ha)	11,4	10,9	8,3	7,7	10,6	9,0	(57,9)	16,4	16,9	19,9	22,4	20,9	20,1	19,43
33% (95 palmas/ha)	11,7	10,9	9,9	10,4	12,8	11,4	(67,1)	17,9	17,9	22,2	24,3	22,5	21,7	21,08

RFF/palma (Kg)= Producción anual por palma en Kg RFF/ha (tm)= Producción por hectarea (t/ha)

Cuadro 3. Efecto del raleo sobre el crecimiento vegetativo de una plantación establecida en 1977 a una densidad de 142 palmas/ha. El raleo se efectuó en enero 1985, cuando la plantación tenía 8 años. CA77.01 Coto, Corredores 1985-1990.

Intensidad de raleo (Densidad después del raleo)	(TEF) No. de hojas palma/año Años después del raleo							(PxS) Área sección transversal del pecíolo Años después del raleo						
	1	2	3	4	5	6	(Acum)	1	2	3	4	5	6	(Prom.)
33% (95 palmas/ha)	-	24,6	25,4	26,5	27,0	26,3	129,8	20,4	-	-	17,9	23,2	22,1	20,9
0% (142 palmas/ha)	-	24,9	24,8	25,3	25,0	23,9	123,9	20,4	-	-	16,9	21,2	20,5	19,7

Intensidad de raleo (Densidad después del raleo)	Longitud del raquis (m) Años después del raleo							Area Foliar (m^2) Años después del raleo						
	1	2	3	4	5	6	Prom	1	2	3	4	5	6	(Prom,)
33% (95 palmas/ha)	6,3	6,3	5,9	5,9	5,9	5,8	6,0	10,7	10,9	10,8	11,5	11,8	11,8	11,25
0% (142 palmas/ha)	6,6	6,6	6,5	6,3	6,3	6,3	6,4	11,1	11,2	11,3	11,6	12,1	11,6	11,5

Intensidad de raleo (Densidad después del raleo)	Altura del tronco (m) Años después del raleo						
	1	2	3	4	5	6	Incremento
33 (95 palmas/ha)	4,9	5,4	6,1	6,8	7,6	8,5	3,6
0 (142 palmas/ha)	4,8	5,5	6,2	7,1	7,8	8,5	3,7

E.S= Error estándar, DMS= Diferencia mínima significativa.

Cuadro 4. Efecto del raleo sobre la producción en una plantación establecida en 1981 a la densidad de 142 palmas/ha. El raleo se efectuó en dos Èpocas 1989 y 1991, y se utilizaron dos intensidad de raleo (14 y 33%). CA88.08 Coto, Corredores 1988-1993.

Intensidad del raleo (Densidad después del raleo) [Epoca de Raleo]	RFF/palma (Kg)						RFF/ha (tm)						N°. de racimos palma						Peso promedio de racimos					
	0	1	2	3	4	Acum	0	1	2	3	4	Acum	0	1	2	3	4	Acum	0	1	2	3	4	Promedio
0 (142 palmas/ha [-]	148,7	135,4	151,2	150,4	165,3	751,2	21,1	19,2	21,5	21,3	23,5	106,6	11,4	9,3	9,1	7,5	8,5	45,8	13,0	14,5	16,6	20,8	19,7	16,92
14 (122 palmas/ha [91]	144,5	142,7	151,3	136,2	171,9	746,6	20,5	20,3	21,5	16,6	21,0	100,0	11,8	11,1	10,2	7,0	8,3	48,4	12,9	14,9	16,0	19,9	21,0	16,90
33 (95 palmas/ha) [91]	153,8	154,4	155,5	148,7	218,4	830,8	21,8	21,9	22,1	14,1	20,7	100,6	12,7	12,6	10,9	8,0	10,6	54,8	12,2	14,2	15,1	19,3	21,2	16,40
14 (122 palmas/ha) [89]	159,9	160,9	189,3	184,6	200,8	895,5	22,7	19,6	23,1	22,5	24,5	112,4	12,3	12,4	11,9	8,5	10,0	55,1	13,0	15,1	17,2	22,1	20,8	17,60
33 (95 palmas/ha) [89]	149,5	152,7	216,7	202,8	233,3	955,5	21,2	14,5	20,6	19,3	22,2	97,8	11,5	11,7	13,6	9,6	11,7	58,1	13,0	15,9	18,4	23,3	21,4	18,40
E,S	13,9	8,2	7,5	10,8	8,1	9,7	-	-	-	-	-	-	1,06	0,41	0,49	0,45	0,43	-	0,18	0,42	0,65	0,62	0,26	-
DMS	45,3	26,4	24,6	35,3	26,5	31,6	-	-	-	-	-	-	3,5	0,59	0,69	0,64	0,64	-	0,60	0,77	0,92	0,87	0,36	-

E,S= Error estándar, DMS= Diferencia mínima significativa
RFF/palma (Kg)= Producción anual por palma en Kg RFF/ha (tm)= Producción por hectárea (t/ha)

última variable no difirió significativamente del grupo no raleado y la diferencia fue perceptible solo a partir del tercer año. No fue posible distinguir estadísticamente los tratamientos cuando fueron comparados por las variables área foliar, número total de hojas verdes y altura del tronco (Cuadro 3).

Experimento CA88.08

A partir del segundo año el rendimiento de racimos de fruta fresca por palma (FFB) aumentó al disminuir la densidad. Esta recuperación fue más evidente conforme se intensificó el raleo y cuando la eliminación sistemática de palmas se efectuó más tempranamente (Cuadro 4). Sin embargo, la producción por unidad de área fue generalmente mayor en las parcelas testigo o que fueron ligeramente raleadas.

Los indicadores de crecimiento del cultivo con mayor respuesta a la disminución de la competencia entre plantas fueron: la tasa de emisión foliar, la longitud del raquis, y en menor grado las dimensiones del área de la sección transversal del pecíolo (PxS). Otros parámetros de crecimiento como el área foliar y la altura del tronco no mostraron variación alguna que pudiera asociarse con los cambios de densidad o épocas de raleo utilizadas en este ensayo (Cuadro 5). Las medidas de crecimiento reflejan también que la recuperación del estrés por competencia fue más rápida y efectiva conforme disminuyó el número de palmas/ha y cuanto más tempranamente se realizó esta práctica.

DISCUSION

El incremento en la altura del tronco se relaciona con el número de entrenudos producidos (que está determinado por la tasa de emisión foliar) y con la longitud de los mismos. La extensión de los entrenudos está relacionada estrechamente con el grado de etiolación.

La tasa de emisión foliar fue máxima y la longitud de los entrenudos mínima en las parcelas raleadas; por el contrario, en las parcelas densas se observó una reducida tasa de emisión foliar y entrenudos sumamente largos. Como consecuencia, el crecimiento vertical de las palmas resultó ser similar, aunque existió una leve tendencia a que los tratamientos con mayor grado de etiolación exhibieran un mayor incremento en la altura del tronco. Estos resultados son consistentes con lo descrito por Tan y Ng (1977); Nazeeb *et al.* (1989) quienes al octavo año de evaluación no observaron incrementos en la altura de la planta asociados con el aumento de la densidad. Al contrario, Breure (1982) encontró diferencias significativas en el incremento de la longitud del tronco en el séptimo año después de la siembra entre poblaciones establecidas a diferentes densidades; tales diferencias de comportamiento fueron atribuídas al efecto de la competencia entre plantas.

La condición climática del Valle de Coto Brus promueve el crecimiento exuberante de la palma aceitera, pero este crecimiento ocurre en detrimento del índice de racimos (BI). Corley (1976b) y Breure *et al.* (1990) mencionan que ante una reducción en la eficiencia fotosintética, esta especie no altera el patrón de distribución de asimilados, y garantiza en forma prioritaria el suministro de la energía requerida para el mantenimiento y el crecimiento de las partes vegetativas. El déficit de asimilación de energía que causa la competencia es compensado con una disminución del aporte de energía al "crecimiento" reproductivo, que provoca una disminución en la producción de racimos.

Los resultados descritos en los Cuadros 3 y 5 sugieren que además de la merma en producción de racimos puede existir, en algún grado, restricción en la tasa de crecimiento vegetativo. La mayor producción de racimos por palma se registró en las parcelas raleadas, árboles que también mostraron una elevada tasa de emisión foliar y un alto peso seco foliar. En contraposición, en los tratamientos con mayor etiolación hubo palmas con bajos rendimientos, con una TEF muy reducida y un limitado peso seco foliar; lo que puede explicar la similitud en el valor del BI en las diferentes "categorías" de palmas.

El estrés por competencia entre palmas es, en apariencia, un fenómeno temporal, que bajo las condiciones climáticas y tipo de material de siembra descritos, inicia a los 8 años de la plantación y prácticamente desaparece a los 12 años de edad. La condición temporal del estrés por competencia ha sido descrita previamente por Nazeeb *et al.* (1989) y Breure (1988); este último sustenta este comportamiento en función de la separación vertical que con la edad logran las coronas foliares, lo cual reduce el efecto nocivo del excesivo traslape de las hojas y con ello una mejora de la eficiencia en la intercepción de la luz.

Cuadro 5. Efecto del raleo sobre el crecimiento vegetativo de una plantación establecida en 1981 a una densidad de 142 palmas/ha. El raleo se efectuó en 2 épocas 1989 y 1991, y se utilizaron 2 intensidades de raleo (14 y 33.0%). CA88.08, Corredores 1988-1993.

Intensidad del raleo (Densidad después del raleo) [Epoca de Raleo]	(TEF) Nº de hojas palmas/año)						(PxS) Area Sección transversal pecíolo						Longitud del Raquis (cm)					
	0	1	2	3	4	Acum	0	1	2	3	4	Acum.	0	1	2	3	4	Acum.
0% (142 palmas/ha [-]	21,2	23,0	23,4	23,9	21,8	(110,3)	16,9	18,6	19,5	20,1	19,8	(19,0)	613	619	654	655	642	(367)
14% (122 palmas/ha [91]	21,4	23,0	23,1	24,0	23,2	(112,9)	16,2	17,9	18,5	18,8	19,7	(18,2)	611	630	646	648	628	(633)
33% (95 palmas/ha) [91]	21,6	22,9	23,7	23,4	23,7	(115,5)	16,0	17,6	18,7	19,2	19,9	(18,3)	598	625	630	648	610	(622)
14% (122 palmas/ha) [89]	22,1	24,2	24,2	24,8	23,2	(116,3)	16,3	18,7	19,6	20,0	20,7	(19,1)	614	640	641	638	628	(632)
33% (95 palmas/ha) [89]	21,7	23,7	24,5	26,7	23,7	(117,1)	16,8	18,6	18,5	19,9	20,3	(18,8)	604	623	606	602	603	(608)
E,S	0,53	0,67	0,34	0,5	0,84		0,46	0,48	0,78	0,72	0,69	0,62	7,5	8,19	7,8	10,5	6,2	8,04
DMS 5%	1,24	1,55	0,79	1,2	1,95		1,06	1,14	1,80	1,67	1,59	1,42	17,3	18,9	18,0	24,3	14,3	15,1

Intensidad del raleo (Densidad después del raleo)	Area Foliar (m^2)						Altura del tronco (cm)					
[Epoca de Raleo]	0	1	2	3	4	Prom	0	1	2	3	4	(Inc.) Acum.
0% (142 palmas/ha [-]	9,7	10,6	10,1	10,3	11,1	(10,4)	296	372	455	541	656,0	(360)
14% (122 palmas/ha [91]	9,7	9,9	10,1	9,7	10,8	(10,0)	292	371	452	537	656,0	(364)
33% (95 palmas/ha) [91]	9,3	10,2	10,4	10,1	10,7	(10,1)	294	365	439	520	635,3	(341)
14% (122 palmas/ha) [89]	9,6	10,1	10,4	10,3	11,1	(10,3)	286	360	440	537	631,0	(345)
33% (95 palmas/ha) [89]	9,5	10,6	10,2	10,3	10,8	(10,3)	299	372	453	533	637,3	(338)
ES	0,23	0,27	0,29	0,45	0,39	0,33	12,01	10,7	9,97	10,1	8,5	8,04
DMS	0,54	0,62	0,63	1,06	0,91	0,75	27,70	24,7	23,00	23,2	19,8	18,90

E.S= Error estándar, DMS= Diferencia mínima significativa.

Cuadro 6. Potencial de producción de rendimiento por unidad de área, simulando la densidad óptima a partir de los valores de Area Foliar observados en cada edad; considerando un valor de IAF 4. 4. División Coto.

Edad	Kg/palma (1) Año	Kg/palma (2) Año	Area Foliar	Densidad óptima	Producción/ha estimado con densidad óptima	con raleo 33%	con raleo 14%	con 142 palma/ha	con 135 palmas/ha
2	45,0	45,0	4,0	312,5	14,01	6,4	6,4	6,4	6,1
3	65,2	65,2	4,8	231,5	15,09	9,3	9,3	9,3	8,8
4	130,0	130,0	6,5	192,3	25,00	18,4	18,4	18,4	17,5
5	145,0	145,0	7,1	176,1	25,50	20,6	20,6	20,6	19,6
6	150,7	150,7	7,8	160,3	24,16	21,4	21,4	21,4	20,4
7	170,4	170,4	8,5	147,1	25,06	24,2	24,2	24,2	23,0
8	200,0	209,4	9,2	135,9	28,50	28,4	28,4	28,4	27,0
9	176,0	191,5	10,7	116,8	22,40	18,2	22,7	25,0	25,8
10	160,0	212,7	10,8	115,7	24,61	20,2	22,7	22,7	23,8
11	167,0	243,9	10,9	114,7	27,90	23,2	25,6	23,7	24,2
12	200,0	285,2	11,0	113,6	32,50	27,1	29,6	28,4	26,5
13	175,0	243,7	11,5	108,7	26,50	23,2	25,5	24,8	24,2
14	169,0	245,0	11,5	108,7	26,60	23,3	25,2	24,0	24,2
				Acumulado	317,8	263,9	280,0	277,3	271,1

(1) = Palmas evaluadas a 142 palmas/ha
(2) = Palmas libres de compentencia

La condición temporal del estrés por competencia por luz puede estar relacionada con una disminución de la eficiencia en la asimilación y conversión energética del cultivo en esta etapa crítica de crecimiento, que podría funcionar como un mecanismo autorregulador del estrés. La tasa de emisión foliar decrece con la edad, en particular después del octavo año. Este punto de inflexión de la TEF coincide con el período en que las hojas de la palma aceitera alcanzan sus máximas dimensiones, tanto en longitud como en área foliar; lo que deja a la planta transitoriamente con una desproporcionada biomasa foliar, debido al elevado número de hojas de grandes dimensiones. Con la disminución progresiva en la tasa de emisión, se espera que ocurra una mejoría en el patrón de distribución de la luz en la parte inferior de la corona foliar, con el consecuente incremento de la actividad fotosintética. La reducción de la biomasa foliar relacionada con el menor número de nuevas hojas emitidas y el aumento en la velocidad de senescencia de las hojas inferiores de la planta, que caracteriza este período de crecimiento de la plantación, reduce también la demanda de asimilados que eventualmente se fijaron en estas hojas. Este ahorro energético se complementa con la reducción de la demanda de energía necesaria para el mantenimiento y respiración foliar. Algunos autores (Menéndez, 1988; Nazeed *et al.*, 1989; Redshaw y Siggs, 1993; Donough y Kwan, 1991) señalan que la "densidad óptima actual" puede incrementar ligeramente los rendimientos de la plantación una vez que la corona de hojas alcanza dimensiones estables (cuando se ha logrado la madurez). Esto se relaciona con una mejoría en el patrón de la intercepción y conversión de la radiación fotosintéticamente activa, en esta última etapa de crecimiento del cultivo. Estas observaciones son concordantes con los resultados experimentales obtenidos en este trabajo.

Las dimensiones del área foliar fueron similares en las parcelas afectadas por el estrés por competencia y en aquellas que por el raleo, crecen normalmente. A pesar de la similitud de los

valores de área foliar registrados, las diferencias en el comportamiento fisiológico entre ambas poblaciones son considerables, en especial en la TEF, PxS y la producción de racimos por palma. A las palmas raleadas al quedar expuestas a una mayor iluminación, les resulta ventajoso poseer un área foliar grande; contrario a lo que ocurre en las parcelas densamente pobladas dada su vecindad, que más bien disminuye la radiación disponible en los niveles inferiores del dosel. En otras palabras, parece que es posible incrementar la eficiencia de la fotosíntesis aparente del cultivo implementando prácticas que mejoren la distribución de la luz en el dosel.

En plantaciones con altas densidades de siembra, el rendimiento por unidad de área se basa en una menor producción por individuo que se compensa por el mayor número de palmas por unidad de área. Por el contrario, a bajas densidades, una producción individual eficiente es apenas suficiente, en el mejor de los casos, para compensar los bajos rendimientos causados por la baja densidad de población. De lo anterior se concluye que los rendimientos óptimos por unidad de área se obtienen bajo un amplio rango de densidades, tal y como lo señalaron previamente Corley (1973) y Redshaw y Siggs (1993).

La densidad de siembra y el número de hojas por planta (estándares de poda) dependen de las normas de manejo, propias de cada explotación comercial. El área foliar aumenta con la edad en forma progresiva hasta los 10 ó 12 años después de la siembra, momento en que se logran las máximas dimensiones, las cuales se mantienen por un largo período.

Partiendo de una densidad de 142 palmas/ha y de acuerdo con el incremento gradual del área foliar, durante las primeras etapas de crecimiento de la plantación el IAF se encontraría en un nivel insuficiente como para interceptar en forma eficiente la radiación solar, pero sería indeseablemente alto durante la fase adulta, provocando estrés por competencia. Este comportamiento provoca que los rendimientos sean óptimos sólo en un corto período de la vida útil de la plantación, lo cual ocurre entre el quinto y sexto año de edad, lapso en que se logra el índice de área foliar ideal de este cultivo en las condiciones de irradianza de la localidad de Coto.

Corley (1976b) concluyó que la densidad de siembra en que se obtiene la máxima producción de racimos por unidad de área es inferior a la densidad que favorece la mayor producción de materia seca en este cultivo. En Malasia bajo condiciones ideales de radiación solar, determinó que el rendimiento óptimo estuvo asociado con un índice de área foliar que osciló entre 6 y 7,5; pero cita que bajo condiciones de menor radiación (e.g Camerún), la máxima producción de racimos coincidió con valores de IAF inferiores a 4. De acuerdo con resultados de ensayos de densidad sistemáticos o diseños abanico (según la metodología descrita por Ghó, 1977; 1982) y otros resultados en los experimentos de raleo (Sterling, 1993), se encontró que para optimizar los rendimientos acumulados de una plantación en el Valle de Coto el IAF debe permanecer cercano a 4,4 durante el período más largo posible.

Teóricamente para manejar una plantación de palma aceitera bajo el concepto de "densidad óptima actual" en los primeros años de la plantación debe existir un elevado número de palmas por hectárea, densidad que debe disminuir, mediante raleo progresivo, lo cual significa adaptar dinámicamente la densidad de la población al tamaño de la palmas, al ocurrir el incremento normal del área foliar de la planta conforme esta madura en edad (Figura 2).

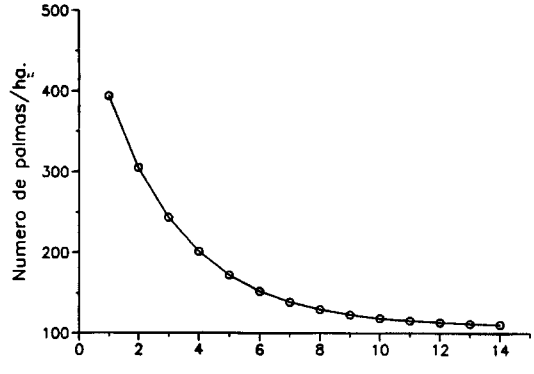


Fig. 2. Cambios en la densidad de siembra relacionados con la variación del area foliar conforme aumenta la edad de la plantación.

La producción esperada fue simulada a partir de los valores de producción experimentales obtenidos de 2 categorías de palmas, etioladas y libres del estrés por competencia. De acuerdo con este ejercicio la producción acumulada por unidad de área fue máxima cuando se parte de una alta densidad inicial y se reduce paulatinamente, siguiendo el concepto de densidad óptima actual. En segundo lugar se ubicó la producción de la

siembra de 142 palmas/ha con raleo de 14% a los 8 años, aunque con resultados muy similares a las densidades de 142 y 135 palmas/ha. El raleo del 33% registró la menor producción acumulada por hectárea. Un estudio económico realizado en 1993 (Sterling, 1993), utilizando los supuestos descritos en el Cuadro 6, sugiere que el empleo de densidades de 214 palmas/ha, en combinación con la práctica de raleos escalonados, permitiría obtener los mejores retornos económicos. Sin embargo, es una sugerencia y este trabajo no aporta datos en ese sentido. La puesta en práctica de este tipo de densidades en una plantación es compleja y debería ser ensayada previamente a escala comercial en forma limitada, pues no se conocen experiencias previas de su utilización.

El uso de espaciamientos superiores a los 9 m, sugerido por algunos investigadores como medio de prevención del estrés por competencia en la etapa adulta de la plantación, parece inapropiado, pues durante los primeros 7 años de cultivo las palmas no compiten entre sí, aún cuando se utilicen 142 palmas/ha, de manera que al no existir alguna disminución en la producción por palma, se estaría limitando el rendimiento potencial por unidad de área, debido a la baja densidad de la población. Además, se sabe que aún con el empleo de una densidad de 135 palmas/ha (IAF= 5,4) en la etapa adulta persisten el traslape foliar y con ello los problemas de competencia entre plantas.

La eliminación del 14% de las plantas al octavo año resulta una alternativa económicamente viable para el restablecimiento de la productividad de plantaciones a 142 palmas/ha, siempre y cuando no exista el riesgo de que la población disminuya por debajo del umbral de 109 palmas/ha por causa de enfermedades u otras razones; condición que si llegara a darse, ubicaría el IAF por debajo de un valor adecuado, que no permite alcanzar el potencial de rendimiento esperado.

La caída de la producción al inicio de la fase adulta de la palma aceitera se relaciona con la disminución de la eficiencia de asimilación y conversión energética del cultivo, provocada por el "exceso transitorio" de biomasa foliar, aspecto que se puede solucionar mejorando el aprovechamiento de la radiación solar en la plantación. Se sugiere, para contrarrestar este efecto, el uso de materiales genéticos de crecimiento vegetativo moderado, como Deli x Calabar, que se caracterizan por un alto rendimiento de racimos, pero de longitud y área foliar moderados que, a la densidad de siembra universalmente acostumbrada de 142 palmas/ha, no sufriría un traslape foliar excesivo. Una segunda alternativa surge del empleo de líneas genéticas, por ejemplo Deli x Ekona, que por la arquitectura particular del dosel permiten una adecuada distribución de la radiación solar, aún bajo la presencia de traslape foliar.

RESUMEN

En la región sur occidental de Costa Rica las plantaciones de palma aceitera de origen Deli x AVROS sufren estrés por falta de radiación solar a partir de los 8 años cuando se siembra a una densidad de 142 palmas/ha. Esto produce un reducción de la producción de racimos y una alteración en el desarrollo de la palma. Los resultados de dos experimentos y el raleo sistemático en varios lotes comerciales de cosecha se utilizaron para analizar el efecto del estrés por competencia entre palmas sobre el rendimiento de la plantación y así determinar la factibilidad del raleo como una práctica agronómica y económicamente viable. El raleo sistemático de 33% de los individuos a los 8 años de edad promovió un aumento superior al 30% en el rendimiento individual con respecto a las palmas no raleadas a partir del segundo año del raleo. Cuando se eliminó 14% de la población, la recuperación fue efectiva sólo parcialmente y el rendimiento por palma individual se incrementó en 20% respecto a los tratamientos sin raleo. No obstante la producción acumulada por unidad de área se vió favorecida por la permanencia de poblaciones altas. El raleo del 14% de la plantación a los 8 años mostró los mayores rendimientos acumulados por hectárea, la densidad original se ubicó en una posición intermedia y el raleo del 33% no alcanzó equiparar la productividad de las otras poblaciones más densas.

Los parámetros de crecimiento vegetativo que más estrecha relación mostraron con el estrés por competencia fueron la reducción de la tasa de emisión foliar, y el área de la sección transversal del punto de la unión raquis-pecíolo (PxS), el cual se considera un buen estimador del peso seco foliar así como la longitud de la hoja, que se incrementa por el estrés que causa la competencia. La altura del tronco y el área foliar no permitieron diferenciar con claridad parcelas etioladas de aquellas raleadas.

LITERATURA CITADA

ALWI, A. 1993. Optimizing oil palm yield through studies on variability. In 1993 PIPOC PORIM International Palm Oil Congress, Update and Vision, Kuala Lumpur.

BACHY, A. 1965. Influence de l'éclaircie naturelle sur la production du palmier à huile. Oleagineaux 10: 575-577.

BREURE, C.J. 1977. Preliminay results from an oil palm density x fertilizer experiment on young volcanic soils in West New Britain. *In* International Developments in Oil Palm. (Ed. by Earp & Newall), p. 192-207.

BREURE, C.J. 1982. Factors affecting yield and growth of oil palm teneras in West Britain, pp. 109-131. *In* The Oil Palm in Agriculture in the Eighties. Ed by Pusparajah E & Chew PS Kuala Lumpur Inc. Soc. of Planters, pp. i-xxvii, vol. 1. 1-440.

BREURE, C.J. 1988a. The effect of different planting densities on yield trends in oil palm. Expl. Agric 24:37-52.

BREURE, C.J. 1988b. The effect of palm age and planting density on the partitioning of assimilates in oil palm *(Elaeis guineensis)*. Expl. Agric. 53-66.

BREURE, C.J.; MENENDEZ, T.; POWELL, M.S. 1990. The effect of planting density on the yield components of oil palm. Expl. Agric. 26:117-124.

CORLEY, R.H.V. 1973. Effect of planting density on growth and yield of the oil palm. Experimental Agriculture 9:169-180.

CORLEY, R.H.V. 1976a. Photosynthesis and productivity. *In* Oil Palm Research., 283-293 (eds R.H.V. Corley., J.J. Hardon & B.J. Wood). Amsterdam. Elsevier.

CORLEY, R.H.V. 1976b. Planting density in oil palm research, 273-283, (eds R.H.V. Corley, J.J. Hardon & B.J. Wood). Amsterdam. Elsevier.

CORLEY, R.H.V.; HEW, C.K.; TAM, T.K; LO, K.K. 1973. Optimal spacing for oil palm. *In* Advances in Oil Palm Cultivation, 52-69 (Eds. R. L. Wastie & D.A Earp). Kuala Lumpur: Society of Planters.

CORLEY, R.H.V.; BREURE. C.J. 1981. Measurements in oil palm experiments. Internal report, Uniliver Plantations Group, London. Mineo 35 p.

DONOUGH, C.R.; KWAN B. 1991. Oil Palm planting density: Results from trial in Sabah and possible options, The Planter 67(787):483-504.

GHO, K.H. 1977. A systematic design for oil palm spacing trials. *In* International Developments in Oil Palm (eds R.L. Wastie & D.A Earp). Kuala Lumpur: Society of Planters. p. 168-182.

GHO, K.H. 1982. Analyses of oil palm spacing experiments. In The oil palms in the Agriculture of the Eighties, Volume II (eds E. Pushparajah & P.S Chew). Kuala Lumpur: Incorporated Society of Planters. p. 393-413.

HARTLEY , C.W.S. 1988. The Oil Palm. Longman Scientific & Technical. New York. 761 p.

MENENDEZ, T. 1988. The results of oil palm thining experiments in West New Britain. *In* Proceedings of the 1987 International Oil Palm/Palm Oil Conferences. Agriculture (eds A. Halim, P.S Chew, B.J. Wood & E. Pushparajah). Kuala Lumpur: PORIM. p. 410-418.

MOHD NAZEEB.; LOONG, S.G.; GHO, K.H; WOOD. B.J. 1989. Trials on planting oil palms at high initial density with later thinning. *In* Proceedings of 1989 PORIM International Palm Oil Development Conference-Agriculture. (eds S. Jalani, Z. Zawawi, K. Paranjothy, D. Arifin, N. Rajanaidu, S.C. Cheah, Mohd Bashri, I.E. Henson & Mohd Tayeb). Kuala Lumpur: PORIM. p. 199-214.

RAMACHANDRAN, P.; NARAYANA.; KNETCH, J.C.X. 1973. A planting distance experiment on dura palms. Advances in Oil Palm Cultivation. 72-87 (eds R.L. Wastie & D.A Earp). Kuala Lumpur: Society of Planters.

SLY, J.M.A.; CHAPAS, D.C. 1963. The effect of various spacings on the first sixteen years of growth and production of the Nigerian oil palm under plantation condition. Journal of the West African Institute for Oil Palm Research 4:31-45.

STERLING, F. 1993. Informe anual de labores, Departamento de Mejoramiento Genético. PIPA, Palma Tica, Grupo NUMAR. San José, Costa Rica. p. 29-57.

TAN, Y.P; NG, S.K. 1977. Spacing for oil palm in coastal clays in Peninsular Malaysia. *In* International Development in Oil Palm. Ed. by Farps Newell. Kuala Lumpur, Malassia, Incorporated Society of Planters. p. 183-191.