

Erradicaciones sistemáticas de palma de aceite adulta Deli x Ekona como práctica de manejo para condiciones de alto sombreadamiento*

Systematic Eradications in Adult Oil Palm Deli x Ekona Used as Management Practice in High Shading Conditions

CITACIÓN: Camperos, J. E., Ruiz-Romero, R., Rey-Picón, R., & Romero, H. M. (2019). Erradicaciones sistemáticas de palma de aceite adulta Deli X Ekona como práctica de manejo para condiciones de alto sombreadamiento. *Palmas*, 40(1), 21-33.

PALABRAS CLAVE: índice de área foliar (IAF), racimos de fruta fresca (RFF), raleo.

KEYWORDS: Leaf area index (LAI), fresh fruit bunches (FFB), thinning.

RECIBIDO: noviembre de 2018.

APROBADO: diciembre de 2018.

* Artículo de investigación científica y tecnológica.

JHONATAN E. CAMPEROS REYES

Asistente de Investigación. Programa de Biología y Mejoramiento, Cenipalma

RODRIGO RUIZ ROMERO

Investigador Titular. Programa de Biología y Mejoramiento, Cenipalma

RAFAEL REY PICÓN

Gerente General, Pravia S. A.

HERNÁN MAURICIO ROMERO ANGULO
Director de Investigación, Cenipalma
Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.
hromero@cenipalma.org

Resumen

Las palmas de 10 años de edad del cultivar Deli x Ekona, sembradas a 143 palmas/ha presentaron una deformación y reducción progresiva en el tamaño de los racimos, debido al ángulo agudo que presentaron sus hojas (menor a 45°, con respecto a la vertical) en la mayoría de los niveles. Estas deformaciones pueden impedir la llegada de polinizadores al momento de la antesis, lo que afecta la conformación del racimo (*fruit set*). Para corregir esta situación, se realizaron erradicaciones sistemáticas (o raleo) del 14 y 23 % del total de palmas por hectárea. Se tomaron medidas vegetativas, registros de producción e índice de área foliar. Como resultado del raleo, se encontró un menor crecimiento del estípite por año en las palmas con raleo del 14 y 23 %, con valores de 0,55 y 0,54 m·año⁻¹, mientras que las palmas del testigo presentaron un

crecimiento de 0,64 m·año⁻¹. Esta respuesta afecta la vida útil del cultivo, ya que se consigue prolongar por dos (14 % de raleo) y tres años (23 % de raleo) la permanencia de este, sin la dificultad que se presenta en la cosecha por la excesiva altura de las palmas cuando no son raleadas. Además, se obtuvo en los tratamientos que fueron raleados un aumento en el número y peso medio de los racimos a los tres y cuatro años después de realizada la labor. Respecto a la producción de racimos de fruta fresca (RFF), no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, aunque el testigo tuvo un mayor número de racimos debido al mayor número de palmas por hectárea. Sin embargo, hacia el cuarto año, esta diferencia fue atenuada para el tratamiento con raleo del 14 %, que presentó una diferencia de 1,1 % con respecto al testigo, caracterizándose este último por una reducción en el número de racimos por palma y peso medio del racimo.

Abstract

Ten-year-old palms of Deli x Ekona planted at 143 palms ha⁻¹ presented a deformation and progressive reduction in the size of bunches, due to the acute angle that their leaves presented (<45°, with respect to the vertical) in most of the levels. These deformations could prevent the arrival of pollinators at the time of the anthesis, affecting the formation of bunches (fruit set). To correct this situation, systematic eradications or thinning of 14% and 23% of the total palms per hectare were carried out. Vegetative measurements, yield records and leaf area index were taken. As a result of thinning, there was a lower growth of the stem per year in the thinned palms of 14% and 23%, with values of 0.55 and 0.54 m year⁻¹, while control palms showed growth of 0.64 m year⁻¹. This response affects the commercial life of the crop, since it is possible to prolong by two (14% of thinning) and three years (23% of thinning) the permanence of this, without the difficulty that appears in the harvest due to the excessive height of the palms when they are not thinned. In addition, thinning increased the number and average weight of bunches three and four years after the procedure. Regarding the production of fresh fruit bunches (FFB), no statistical differences were observed among the treatments, although the control had a higher number of bunches due to the greater number of palms per hectare. However, towards the fourth year, this difference was attenuated for the treatment with thinning of 14%, which presented a difference of 1.1% with respect to the control, the latter being characterized by a reduction in the number and mean weight of bunches per palm.

Introducción

El rápido crecimiento vegetativo de las palmas, asociado con características de porte alto del material sembrado, puede implicar desde una edad temprana el traslape de las hojas de plantas contiguas y cambios en el ángulo de inclinación de las hojas, lo que conlleva a una reducción del área foliar fotosintéticamente activa (Corley, 1976a), debido a que la cantidad de luz que reciben las hojas inferiores del dosel disminuye. De igual manera, se reduce la tasa de asimilación neta y la tasa de crecimiento del cultivo (Corley, 1976b), como se observó en las plantaciones con lotes entre los 10 y 12 años, cuyas palmas experimentaron

un descenso en la capacidad de asimilación, así como una caída de los rendimientos (Sterling, 1996).

Durante la fase inicial por competencia, a pesar de la disminución en la eficiencia fotosintética, la palma de aceite mantiene inalterada la cantidad de materia seca dedicada al crecimiento y mantenimiento vegetativo (Corley, 1976b). Sin embargo, se da una caída en la producción de racimos, asociada con un aumento en la tasa de abortos florales, situación que se acentúa con la disminución de la proporción de inflorescencias femeninas con respecto a las masculinas (Corley, 1997).

La competencia originada por la superposición entre las hojas de las plantas produce, además de los

síntomas ya descritos, otros que se encuentran asociados al estrés por competencia entre plantas. Algunos de estos son el aumento de la longitud foliar (Breure, 1977), el incremento en las tasas de crecimiento vertical del tronco (Breure, 1977; Menendez, 1988) y una mayor área e índice de área foliar (Corley, 1976a, 1976b). Respecto a esta última variable, valores entre 5 y 6 son considerados óptimos, ya que en estos se obtiene la mayor producción, y valores por encima terminan afectándola negativamente (Tinker & Corley, 2003), debido principalmente a la competencia que se genera por la luz.

Según Tinker & Corley (2003), la práctica del raleo se debe presentar 10-12 años después de la siembra, siempre y cuando el área foliar y la competencia entre palmas sea un problema visible. Como resultado de esta labor, se presenta un aumento en la producción y en el número de racimos por hectárea (Breure, 1988; Breure, Menendez & Powell, 1990). Con base en los antecedentes ya discutidos, y como respuesta al sombreado provocado por la competencia por luz entre palmas, se adelantó esta investigación para determinar la influencia del raleo en diferentes parámetros vegetativos y productivos.

Materiales y métodos

Ubicación

El ensayo se estableció en la plantación Pravia S. A., ubicada a 120 km de la ciudad de Barrancabermeja, Vereda Papayal, Río Negro (Santander). La plantación se encuentra a una altura media de 75 msnm, una temperatura media de 27,7 °C, una máxima de 35,2 °C y una mínima de 20,0 °C; la humedad relativa media anual es de 84 % y el brillo solar total anual de 2.060 horas luz. El suelo del lote del ensayo pertenece al orden Inceptisol, dispone de una textura franco arenosa con limitación moderada, debido a la baja disponibilidad de oxígeno, y presenta bajos contenidos de fósforo, materia orgánica y saturación de potasio.

Tratamientos de raleo aplicados

A partir de las observaciones en la reducción del tamaño y en la forma irregular de los racimos (Figura 1) en palmas de material Deli x Ekona, se hizo un raleo sistemático de estas siguiendo la metodología

Figura 1. Aspecto de los racimos antes del inicio de los tratamientos. Racimos aplanados y con alto número de flores abortadas, debido a la presión que ejercen las hojas sobre las inflorescencias, lo que impide que los polinizadores lleguen a la inflorescencia cuando se encuentra en antesis.



propuesta por Corley (1997), en la cual, a partir de una densidad de siembra inicial de 143 palmas/ha, se elimina sistemáticamente entre una y dos palmas vecinas a la palma que queda en pie. Así, para este ensayo se eliminó al décimo año de su siembra el 14 % (tratamiento 1), y el 23 % de las palmas en una hectárea (tratamiento 2) (Figura 2). De igual manera, se estableció el tratamiento control, en el cual no hubo raleo de palmas (tratamiento 3).

Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue de bloques completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Para el tratamiento control y para el tratamiento del 14 % de raleo se tuvo una unidad experimental de 12 palmas cada uno. Entre tanto, el tratamiento del 23 % de

raleo estuvo conformado por 11 palmas (Figura 3). La razón del bloqueo se debió a gradientes de humedad. Se utilizó el paquete estadístico SAS para realizar los análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias.

Variables analizadas

Distribución de las hojas según su ángulo de inclinación

Al segundo año después del raleo se determinó el número de hojas con ángulos inferiores a 45°, consideradas hojas verticales, y de más de 45°, llamadas hojas horizontales. Se calculó en cada espiral de la palma el número de hojas según su ángulo de inclinación teniendo en cuenta la filotaxia (Potter, Wood, & Nicholl, 1996).

Figura 2. Modelos de raleo: (A) representa la conformación de hexágonos individuales de palmas, incluyendo la palma central; (B) la conformación final del tratamiento, con una erradicación del 14 % de las palmas, las cuales están representadas por el raleo que se hace a la palma central; y en (C) se comparte una palma entre hexágonos, y se erradica la palma central, con una erradicación del 23 % de las palmas en una hectárea.

Fuente: Corley (1997).

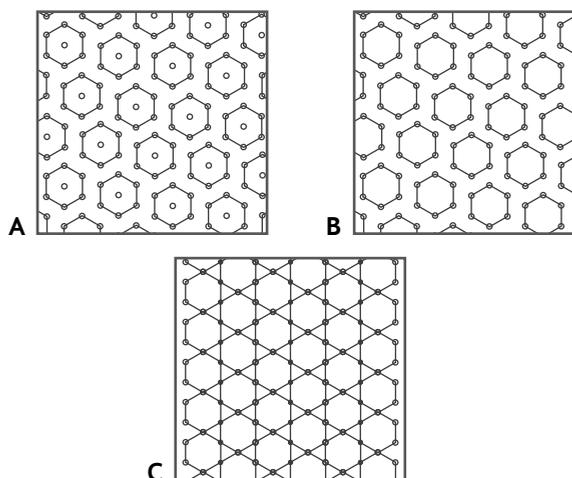
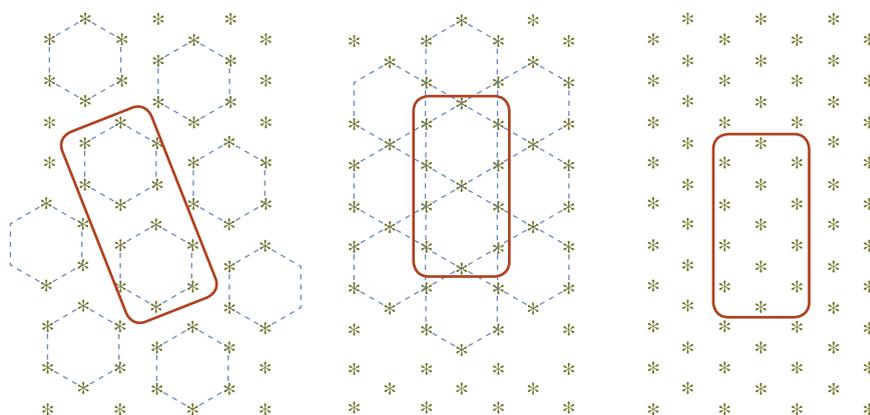


Figura 3. Número de palmas muestreadas según el porcentaje de raleo: tratamiento de 14 % (izquierda); tratamiento de 23 % (centro); y tratamiento testigo [sin raleo] (derecha).



Índice de área foliar (IAF)

El IAF se estimó de manera directa, a través de la medición del área foliar, del número de hojas por palma y del área de suelo que le correspondió a cada palma, teniendo en cuenta el área final una vez realizado el raleo.

Registros de producción de racimos de fruta fresca

Los registros de producción de RFF se hicieron teniendo en cuenta el número y el peso de los racimos obtenidos en cada ciclo de cosecha. El análisis de los datos de producción se realizó para el tercer y cuarto año después de practicado el raleo.

Medidas de crecimiento vegetativo

Las medidas vegetativas (área foliar, peso seco foliar, emisión foliar y altura del estípote) se realizaron según lo establecido por Rey, Ayala-Díaz, Cuervo & Ruíz-Romero (2006). Estas mediciones se hicieron al momento del raleo y al quinto año de establecidos los tratamientos.

Análisis de racimo

Para el análisis de racimo se utilizó la metodología establecida por Yáñez, García, Fernández & Rueda (2006). Un total de 12 racimos por tratamiento y por época de evaluación fueron analizados. Las evaluaciones se realizaron en dos épocas: al inicio del experimento y cuatro años después del raleo.

Resultados y discusión

Medidas vegetativas en respuesta al número de palmas raleadas

Las mediciones de parámetros vegetativos ayudan a explicar las variaciones que se pueden presentar en la interceptación de luz y en la productividad bajo condiciones de competencia entre palmas. Un total de seis mediciones fueron realizadas durante el periodo de evaluación. No obstante, se utilizaron las medidas vegetativas iniciales y finales (2009 y 2015, respectivamente) para evaluar el impacto del raleo

en las variables de crecimiento vegetativo. El análisis estadístico al inicio del experimento no mostró diferencias en ninguna de las variables evaluadas, lo que expresó un comportamiento similar de las palmas, previo al establecimiento de los diferentes tratamientos (Tabla 1). Sin embargo, las diferencias estadísticas en la longitud del raquis y en el incremento de altura de las palmas fueron encontradas al final de los cinco años de aplicados los tratamientos. Entre tanto, variables como el área foliar y peso seco de la hoja no presentaron diferencias estadísticas. Resultados similares fueron obtenidos por Sterling (1996), quien reportó que en palma de aceite el área foliar no es afectada por los tratamientos de raleo.

Para la longitud del raquis, la diferencia estadística estuvo relacionada con el incremento en 10 % de su longitud para las palmas que no fueron raleadas respecto al tratamiento que tuvo el 23 % de raleo (Tabla 2), lo que significa que esta variable es sensible a cambios en la cantidad de luz al interior del dosel. Lo anterior es similar a lo encontrado en el Palmar de Manavire (Bastidas, Roque, & Calvo, 2000), quienes aunque no observaron diferencias estadísticas, constataron una reducción de la longitud de la hoja en las palmas del tratamiento de 15 % de raleo frente al testigo que no fue raleado. Así mismo, Sterling (1996) observó una reducción significativa en la longitud del raquis respecto al testigo, cuando algunas palmas de ocho años fueron raleadas en 33 %. Respuestas parecidas en experimentos con densidades de siembra (Henson & Mohb, 2003; Alvarado, Chinchilla, & Rodríguez, 2007), en los cuales el factor en común fue la disponibilidad de luz, mostraron que la primera variable de crecimiento que se afecta es la longitud del raquis, la cual llega a ser un limitante del crecimiento y del desarrollo de la palma de aceite.

Para la variable incremento de la altura, la cual se estimó a partir de la diferencia entre la altura de las palmas antes y cinco años después del raleo (Tabla 3), se observó que el tratamiento que no se raleó presentó los mayores valores, siendo estadísticamente diferente al tratamiento de 23 % de raleo (Tabla 4). No obstante, trabajos realizados por Sterling (1996) y Bastidas *et al.* (2000) mostraron que la tendencia en el crecimiento fue similar entre palmas raleadas y no raleadas, sin desconocer el ligero incremento de la altura en las palmas raleadas.

Prolongación de la permanencia del cultivo en el lote teniendo en cuenta la altura de las palmas según el método de raleo

No existen trabajos detallados que involucren las variaciones en el crecimiento desde el momento en que ocurre el raleo hasta el final del periodo de permanencia del cultivo en el lote, ya que la mayoría se centran en los primeros años. Para este trabajo, se tuvo en cuenta la altura al momento del raleo y la altura al quinto año. Con estos datos se determinó el incremento anual y se estimó la edad máxima de permanencia del cultivo, tomando como punto de partida la información ya registrada al décimo año de siembra (Figura 4), en la cual se presentó una altura promedio de 4,96 m (en palmas sin tratamiento) y una altura máxima permisible de 15 m, que corresponde a la longitud de tres antenas telescópicas usadas hacia el final del ciclo productivo para la labor de cosecha.

El incremento anual de la altura fue calculado para cada uno de los tratamientos según lo presenta-

do en la Tabla 3 y se supuso que era constante hasta alcanzar los 15 metros. En la proyección de la edad máxima de permanencia del cultivo se observa que las palmas del tratamiento sin raleo llegan a una vida de permanencia de 26 años (15,2 m), mientras que las palmas de los tratamientos de 14 y 23 % de raleo se prolonga a los 28 y 29 años (14,8 y 15,2 m) respectivamente. En la actualidad, la edad para la renovación de los cultivos viejos se ha extendido, lo que conlleva a una dificultad de la cosecha de los racimos y en muchos casos se falla con el criterio de cosecha, debido a que no es fácil reconocer el estado de madurez de los racimos. Con estos resultados se contribuye no solo a prolongar la permanencia del cultivo por más tiempo, sino que también ayuda a ser más fácil la práctica de la cosecha.

Para los cálculos sobre los costos del cultivo se utilizó el parámetro de la proyección de la vida útil del cultivo estimada anteriormente para cada tratamiento y el testigo, teniendo como referencia la altura máxima de 15 metros.

Tabla 1. Media y error estándar de las variables vegetativas tomadas al inicio y al final del experimento.

Medidas vegetativas iniciales (al momento del raleo)			
Tratamiento	Área foliar (m ²) ⁱ	Peso seco foliar (kg) ⁱ	Longitud de raquis (cm) ⁱ
14 % raleo	12,07 ± 0,27	5,18 ± 0,12	668,41 ± 7,73
23 % raleo	12,08 ± 0,29	5,00 ± 0,13	656,93 ± 7,12
Sin raleo	11,93 ± 0,26	4,93 ± 0,13	671,81 ± 7,28
Medidas vegetativas finales (cinco años después del raleo)			
Tratamiento	Área foliar (m ²) ⁱ	Peso seco foliar (kg) ⁱ	Longitud de raquis (cm) ⁱ
14 % raleo	10,39 ± 0,27	4,80 ± 0,12	649,83 ± 7,03
23 % raleo	10,50 ± 0,29	4,92 ± 0,11	636,46 ± 7,03
Sin raleo	10,95 ± 0,27	4,61 ± 0,11	668,65 ± 7,52

Nota.ⁱ Valor de la hoja 17, según filotaxia de la palma. Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Prueba de comparación de medias para la variable longitud de raquis.

Mínimos cuadrados medios para efecto tratamiento-variable dependiente: longitud de raquis			
	14 %	23 %	Sin raleo
14 %	-	0,3979	0,1449
23 %	0,3979	-	0,0061
Sin raleo	0,1449	0,0061	-

Nota: tabla cruzada entre los tratamientos, $p \leq 0,05$ = diferencias significativas entre las palmas sometidas a diferentes porcentajes de raleo. Cuadrado medio del error = 2.371,02.

Tabla 3. Incremento de altura promedio y error estándar de las palmas tratadas con diferentes porcentajes de raleo.

Tratamiento	Incremento de la altura (m)
14 % raleo	0,55 ± 0,026
23 % raleo	0,54 ± 0,026
Sin raleo	0,64 ± 0,03

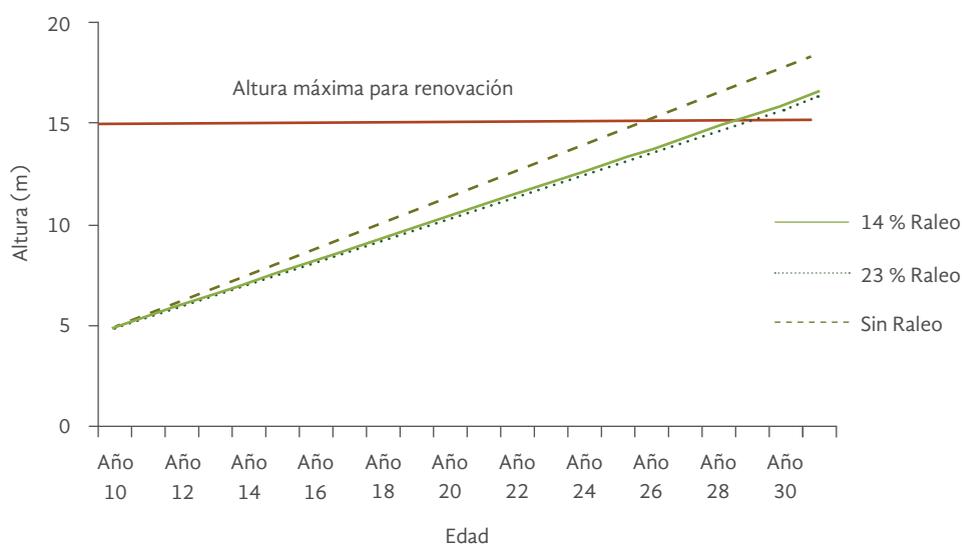
Tabla 4. Prueba de comparación de medias para la variable incremento de altura.

Mínimos cuadrados medios para efecto Tratamiento Variable dependiente: incremento de altura			
	14 %	23 %	Sin raleo
14 %	-	0,9390	0,0978
23 %	0,9390	-	0,0432
Sin raleo	0,0978	0,0432	-

Nota: tabla cruzada entre los tratamientos, $p \leq 0,05$ = diferencias significativas entre las palmas sometidas a diferentes porcentajes de raleo. Cuadrado medio del error = 0,011.

Figura 4. Vida útil del cultivo teniendo en cuenta el cambio del incremento de altura que se dio a partir del año 10 donde se inició el raleo (4,96 m).

Nota: la línea roja indica la altura máxima establecida como parámetro de renovación (15 m).



Efecto del raleo en el IAF y en la interceptación de luz por el dosel

Evaluaciones de la interceptación de luz y del IAF fueron medidos en el dosel una vez los raleos sistemáticos se realizaron. Una mayor interceptación de luz se presentó en las palmas que no fueron raleadas (Tabla 5), con valores superiores a los citados para palmas de 10 años. Henson (1995) encontró que para palmas de la misma edad se da una intercep-

tación de luz del 70 %, valor que estuvo próximo para las palmas raleadas. Es probable que la mayor interceptación presentada en el tratamiento sin raleo se deba no solo a la mayor envergadura de sus hojas, que terminan traslapándose con las hojas de las palmas vecinas, sino también al mayor número de hojas con ángulos agudos, las cuales posiblemente terminan influyendo en el estrangulamiento de las inflorescencias y posterior apariencia aplanada de los racimos.

Tabla 5. Distribución de las hojas en el dosel y porcentaje de luz interceptada según el porcentaje.

Porcentaje de raleo	Número de hojas		Luz interceptada por el dosel (%)
	Inclinación de > 45°	Inclinación de < 45°	
Sin raleo	14	20	83,5
14 %	14	16	72,6
23 %	15	15	77,6

Tabla 6. Índice de área foliar calculado de manera directa al cuarto año después del raleo.

Porcentaje de raleo	Palmas/ha	Hojas/palma	Área foliar total (m ²)	Área palma ⁻¹ (m ²)*	IAF
Sin raleo	143	36	394,2	69,93	5,6
14 %	123	37	382,2	81,30	4,7
23 %	110	36	399,9	90,9	4,4

* Este valor se obtiene de la relación entre una hectárea y el número de palmas por hectárea.

La proporción de la radiación solar interceptada por las hojas es una función del índice de área foliar (Tinker & Corley, 2003), la cual depende del área foliar total por palma y de la superficie de suelo que le corresponde a cada palma (Tinker & Corley, 2003; Bréda, 2003).

Varios autores (Tinker & Corley, 2003; Corley, 1973; Breure, 1977) consideran que los valores de IAF óptimos para palma de aceite son de entre 5 y 6. Sin embargo, existen otros reportes, que consideran que los valores óptimos son entre 2,5 y 3,8 (Larbi *et al.*, 2013; Awal & Wan, 2008). Para el caso de estudio, el valor de IAF para las palmas con raleo del 14 % y 23 % fue de 4,7 y 4,4, respectivamente. Entre tanto, las palmas que no se ralearon presentaron el máximo valor (5,6), caracterizándose por su mayor número de hojas con ángulos agudos, una deformación de los racimos, una mayor longitud del raquis y un menor número de racimos por palma que, aunque no fue estadísticamente diferente con los otros tratamientos, presentó menos racimos que los otros en los años de evaluación (tercer y cuarto año después de aplicado el raleo).

Trabajos realizados en Papúa Nueva Guinea y en Malasia (Corley & Tinker, 2003) mostraron que altos valores de IAF representan una intercepción de luz casi completa por el dosel, donde la producción de racimos se afectó negativamente. Vale la pena mencionar que en las condiciones de estudio, se presentó una inter-

cepción de luz de 84 %, lo que probablemente estaría representando una competencia entre las palmas por la luz.

Producción y sus componentes de producción

La producción de racimos de fruta fresca (RFF) y sus diferentes componentes (número de racimos por palma, número de racimos por hectárea, peso medio de racimo) fueron usados para examinar la respuesta de las palmas al efecto del raleo al tercer y cuarto año (Tabla 7). Ninguna diferencia estadística se presentó en los dos años de evaluación para los componentes de producción. Sin embargo, se observó una tendencia a un mayor número de racimos por palma para los tratamientos de raleo. Entre tanto, para la variable peso medio del racimo, se presentó en las palmas testigo (sin raleo) una reducción al cuarto año, lo que representó 1 kg menos respecto al año anterior, en tanto que para las palmas que se ralearon el peso se mantuvo. No se descarta que para los años siguientes las reducciones se mantengan, y que, por lo tanto, menores diferencias en la producción de RFF sean encontradas entre los tratamientos que se ralean frente al testigo, como fue establecido por Sterling (1996) y Bastidas *et al.* (2000), quienes hallaron mayores producciones dos y cuatro años después de realizado el raleo.

A pesar de las respuestas positivas que se encontraron en los componentes de producción para los tratamientos donde se raleó, estas no fueron suficientes para una mayor producción de racimos de fruta fresca (RFF) por hectárea, ya que el número de palmas por unidad de área en el tratamiento sin ralear superó al de los tratamientos raleados, lo que significó que el producto entre lo producido por palma y las palmas por hectárea terminaron superando y favoreciendo el no ralear. Sin embargo, cabe resaltar que para el cuarto año de evaluación (2014) la diferencia en RFF

entre el testigo y los tratamientos que se ralearon fue inferior al del año anterior, con reducciones de 1,1 y 4,5 % para los tratamientos de 14 y 23 %. Menéndez (1988) encontró incrementos en la producción acumulada de 7 % seis años después de ocurrido el raleo del 33 % de las palmas. Según lo anterior y con los resultados obtenidos a la fecha, se puede concluir que un periodo más largo de evaluación sea requerido, ya que probablemente el tiempo evaluado no fue suficiente para encontrar respuestas asociadas al efecto del raleo.

Tabla 7. Media y error estándar de los registros de producción de las palmas pertenecientes a cada tratamiento de raleo, agrupados en los años tres, cuatro y combinados (3 y 4 años) después de iniciados los tratamientos.

Registro de producción año 3 (2012-2013)				
Tratamiento	N.º de racimos palma/año	N.º de racimos ha/año	Peso medio del racimos (kg)	RFF (t ha/año)
14 % raleo	9,40 ± 0,86	1.155,7 ± 96,4	19,1 ± 0,99	22,0 ± 1,19
23 % raleo	10,22 ± 0,86	1.104,5 ± 96,4	19,0 ± 0,99	20,8 ± 1,19
Sin raleo	8,42 ± 0,86	1.203,6 ± 96,4	18,9 ± 0,99	22,6 ± 1,19
Dif. entre 14 % raleo y sin raleo	11,6 %	- 4,0 %	1,1 %	-2,7 %
Dif. entre 23 % raleo y sin raleo	21,5 %	-8,2 %	0,5 %	-8,1 %
Registro de producción año 4 (2013-2014)				
Tratamiento	N.º de racimos palma/año	N.º de racimos ha/año	Peso medio del racimos (kg)	RFF (t ha/año)
14 % raleo	8,6 ± 0,59	1058,3 ± 71,7	19,4 ± 0,65	20,5 ± 1,33
23 % raleo	9,6 ± 0,59	1035,8 ± 71,7	19,1 ± 0,65	19,8 ± 1,33
Sin raleo	8,1 ± 0,59	1158,9 ± 71,7	17,9 ± 0,65	20,7 ± 1,33
Dif. entre 14 % raleo y sin raleo	6,2 %	-8,7 %	8,6 %	-1,1 %
Dif. entre 23 % raleo y sin raleo	18,3 %	-10,6 %	7,0 %	-4,5 %
Registro de producción promedio obtenido de los años 3 y 4				
Tratamiento	N.º de racimos palma/año	N.º de racimos ha/año	Peso medio del racimos (kg)	RFF (t ha/año)
14 % raleo	9,0 ± 0,6	1.107,0 ± 68,9	19,3 ± 0,8	21,2 ± 0,9
23 % raleo	9,9 ± 0,6	1.070,2 ± 68,9	19,1 ± 0,8	20,3 ± 0,9
Sin raleo	8,3 ± 0,6	1.181,3 ± 68,9	18,4 ± 0,8	21,7 ± 0,9
Dif. entre 14 % raleo y sin raleo	9,0 %	-6,3 %	4,8 %	-1,9 %
Dif. entre 23 % raleo y sin raleo	20,0 %	-9,4 %	3,8 %	-6,3 %

Dif = diferencia.

Composición física del racimo y potencial de aceite

No existen análisis de racimo y medición del potencial de aceite en estudios de raleo hasta ahora. Se realizaron dos evaluaciones para análisis de racimos: una al momento del raleo y otra, tres años después (Tabla 8). En ninguno de los casos se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables aceite a racimo ni para ninguna de las variables que la conforman. No obstante, Tinker & Corley (2003) consideran que bajo condiciones similares de estudio, pueden ocurrir reducciones en el potencial de aceite. Siendo así, se debe considerar para futuras investigaciones periodos más prolongados de evaluación y observar si estas variaciones se presentan.

Análisis económico según el porcentaje de raleo

Para el análisis económico se tuvo en cuenta los costos para cada tratamiento. Se consideraron los costos (en pesos colombianos) desde el inicio del cultivo hasta el décimo año, época en la que se hizo el raleo tanto del 14 como del 23 %. Se estableció un precio de erradicación de las palmas en \$ 13.500 y se contem-

plaron los cambios en las labores de poda y plateo. El valor de compra de la tonelada de RFF en las plantas extractoras se estimó en \$ 270.000 para todo el ejercicio, valor obtenido del promedio del precio real de los últimos 10 años en el contexto nacional. También se incluyeron las modificaciones en la producción en promedio para los años 3 y 4 de los tratamientos al 14 y 23 % de raleo (Tabla 7), con disminuciones de 1,9 y 6,3 % respectivamente.

Con base en lo anterior, se calcularon los egresos para la vida útil del cultivo según el método de raleo. No se supuso que hubiera un descenso en la producción a partir del año 20 (Figura 5A). Con la información analizada, se observó un incremento de los egresos hacia el año 10 (Figura 5B), como consecuencia de la erradicación de las palmas según el tipo de raleo. Posteriormente, los egresos disminuyeron debido a la reducción de la mano de obra por poda, plateo y producción, quedando incluida en esta última la reducción en la mano de obra para la cosecha y transporte de los RFF hasta la planta extractora.

En la Tabla 9 se observa un aumento en los egresos de 9,2 y 7,3 % en los tratamientos de 23 y 14 % de raleo, respectivamente, los cuales se presentan como resultado de las actividades de erradicación. No obstante, ocurre un aumento en los ingresos del 7,4 y

Tabla 8. Media y error estándar del análisis de racimo y sus diferentes componentes al inicio y tres años después del raleo.

Análisis de racimo inicial					
Tratamiento	Aceite mesocarpio seco (%)	Aceite mesocarpio fresco (%)	Mesocarpio a fruto (%)	Fruto a racimo (%)	Aceite a racimo (%)
14 % raleo	77,03 ± 1,16	51,20 ± 2,26	81,18 ± 1,92	56,30 ± 1,99	23,60 ± 1,41
23 % raleo	76,70 ± 1,05	48,92 ± 2,04	77,07 ± 1,74	61,11 ± 1,80	23,07 ± 1,27
Sin raleo	76,85 ± 1,05	52,84 ± 2,04	77,69 ± 1,74	56,88 ± 1,80	23,21 ± 1,27
Análisis de racimo final					
Tratamiento	Aceite mesocarpio seco (%)	Aceite mesocarpio fresco (%)	Mesocarpio a fruto (%)	Fruto a racimo (%)	Aceite a racimo (%)
14 % raleo	75,89 ± 0,76	45,49 ± 1,42	78,20 ± 1,26	67,74 ± 1,27	24,41 ± 1,04
23 % raleo	76,82 ± 0,73	47,90 ± 1,35	77,46 ± 1,20	70,08 ± 1,21	26,03 ± 1,00
Sin raleo	75,95 ± 0,73	49,98 ± 1,42	76,43 ± 1,20	71,05 ± 1,21	26,29 ± 1,00

7,5 % en los dos tratamientos, asociado a la reducción de actividades. Al final de la vida útil del cultivo se registraron ganancias superiores a las del testigo en los dos tratamientos de raleo, con valores de 4,9 % cuando hay una erradicación del 23 % de las palmas, y de

7,5 % cuando se erradica el 14 % de las palmas en una hectárea. Lo anterior significa que aunque los tratamientos generen menos RFF estos son producidos a bajo costo, dejando mayores ingresos y ganancias en toda la vida útil del cultivo.

Figura 5. Rendimiento de RFF durante la vida productiva del cultivo (A) y egresos generados (B) en los diferentes tratamientos.

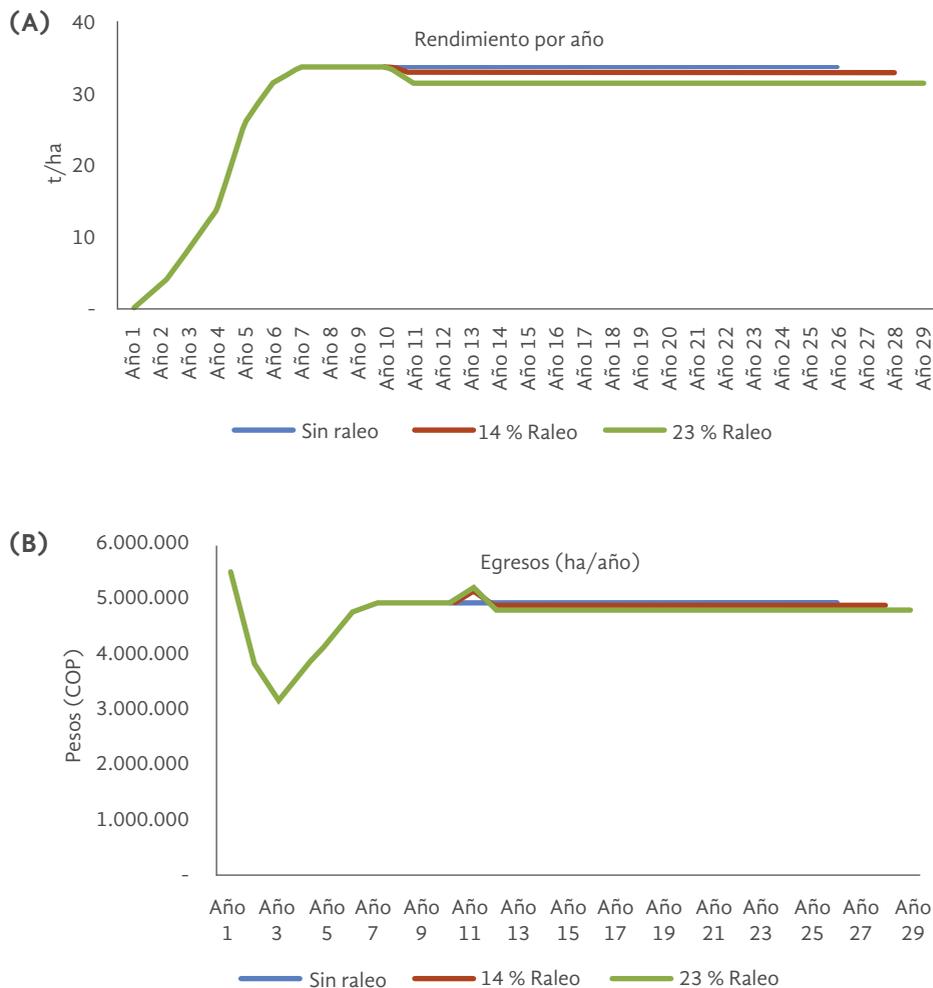


Tabla 9. Evaluación y proyección de producción en RFF, egresos, ingresos y ganancias que se tendrían en la vida útil del cultivo bajo los tratamientos evaluados en el proyecto (cifras en pesos colombianos).

Tratamiento	Vida útil (años)	RFF (t/ha)	Egresos	Ingresos	Ganancias
Sin raleo	26	761,0	\$ 123.784.476	\$ 205.470.945	\$ 81.686.469
14% raleo	28	817	\$ 132.789.410	\$ 220.628.713	\$ 87.839.302
23% raleo	29	822	\$ 135.974.272	\$ 221.954.332	\$ 85.980.060
Diferencia		Sin raleo y 14 % raleo	7,3 %	7,4 %	7,5 %
		Sin raleo y 23 % raleo	9,2 %	7,5 %	4,9 %

Conclusiones

Raleos sistemáticos pueden ser la solución a problemas por competencia de luz cuando el crecimiento de las palmas se hace predominante y termina afectando la cosecha y la producción de racimos de fruta fresca (RFF).

Se considera la labor de erradicación sistemática de palmas o raleo como una alternativa de manejo en lotes que presentan problemas de sombreado. En este sentido, lo ideal es prever esta situación que afecta el cultivo, y para ello es fundamental conocer los cultivares desde el punto de vista de su crecimiento y morfología. Sin embargo, si no se llega a contar con este tipo de información, se puede hacer uso de indicadores fisiológicos tempranos como el IAF para apoyar en la decisión de erradicar oportunamente, y

así evitar que las palmas lleguen a un punto de estrés donde la producción se afecte. Además, al realizar la labor de raleo, la producción de racimos de fruta fresca (RFF) no se afecta y se puede incrementar la vida útil del cultivo, generando mayores ganancias y un mayor costo beneficio.

Desde el punto de vista de investigación, los trabajos de raleo deben involucrar periodos prolongados de recopilación y análisis de datos, ya que periodos menores de cuatro años pueden no ser suficientes para observar por completo el impacto de esta práctica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Fondo de Fomento Palmero, administrado por Fedepalma, por aportar los recursos para el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Awal, M. A., & Ishak, W. W. (2008). Measurement of oil palm LAI by manual and LAI-2000 method. *Asian Journal of Scientific Research*, 1(1), 49-56.
- Alvarado, A., Chinchilla, C., & Rodriguez, J. (2007). Comparative performance of two oil palm varieties (Deli x AVROS and Deli x Ghana) planted at different densities in two locations. *ASD Oil Palm Pap*, 30, 28-34.
- Bastidas, O., Roque, A., Calvo, P. (2000). El raleo en comportamiento vegetativo y productivo de algunos materiales de la palma de aceite plantados en los Llanos Orientales de Colombia. *Palmas*, 21(1), 47-52
- Bréda, N. (2003). Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*, 54(392), 2403-2417.
- Breure, C. J. (1977). Preliminary results from an oil Palma density x fertilizer experiment on young volcanic soils in West Britain. In *International Developments in Oil Palm* (pp. 192-207).
- Breure, C.J. (1988). The effect of different planting densities on yield trends in oil palm. *Experimental Agriculture*, 24(1), 37-52.
- Breure, C. J., Menéndez, T., & Powell, M. S. (1990). The effect of planting density on the yield components of oil palm (*Elaeis guineensis*). *Experimental Agriculture*, 26(1), 117-124.

- Corley, R. H. V. (1973). Effects of plant density on growth and yield of oil palm. *Experimental Agriculture*, 9(2), 169-180.
- Corley, R. H. V. (1976a). Photosynthesis and productivity. In R. H. V. Corley, J. J. Hardon & B. J. Wood (eds.), *Oil Palm Research* (pp. 283-293). Amsterdam: Elsevier.
- Corley R.H.V. (1976b). Planting density in oil palm research In R. H. V. Corley, J. J. Hardon & B. J. Wood (eds.), *Oil Palm Research* (pp. 273-283). Amsterdam: Elsevier.
- Corley R.H.V. (1997) Oil palm planting density and thinning of mature plantings. *Planter, Malaysia*, 53(617), 349-359.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2008). *The Oil Palm*. Oxford: John Wiley & Sons.
- Henson, I. E. (1995). Photosynthesis, dry matter production and yield of oil palm under light-limiting conditions. In *Porim International Palm Oil Congress: Update and Vision (Agriculture)*. 22 de septiembre-25 de septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Henson, I. E., & Dolmat, M. T. (2003). Physiological analysis of an oil palm density trial on a peat soil. *Journal of Oil Palm Research*, 15(2), 1-27.
- Larbi, E., Okyere, S., Danso, F., Danso, I., Afari, P., Nuertey, B. N., & Asamoah, T. E. O. (2013). Effect of planting densities on growth, development, and yield of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Ghana. *International Journal of Current Research*, 5(10), 2.997-3.000.
- Menendez, T. (1988). The results of oil palm Thining experiments in West New Britain. In A. Halim, P. S Chew, B. J. Wood, & Y. E. Pushparajah (eds), *Proceedings of the 1987 International Oil Palm/Oil Palm Conferences. Agriculture* (pp. 410-418). Kuala Lumpur: Porim.
- Potter, E., Wood, J., & Nicholl. C. (1996). *Manual del Usuario del SunScan SS1*. Recuperado de <http://www.delta-t.co.uk/support-article.html?article=faq2005092821823>.
- Rey, L., Ayala-Díaz, I., Cuervo, P., & Ruiz-Romero, R. (2006). Selección de palmas de aceite élite en plantaciones comerciales. *Boletín Técnico*, 19. Bogotá: Cenipalma.
- Sterling, F. (1996) La competencia entre plantas y el raleo de la plantación de palma aceitera. *Agronomía Costarricense*, 20(1), 25-37.
- Yáñez, E., García, J., Fernández, C., & Rueda, C. (2006). *Guía para el análisis de racimos de palma de aceite*. Kronos: Bogotá.