

Semillas y Clones Compactos y su Potencial para la Siembra a Altas Densidades

Alvarado, A.¹, Escobar, R., Peralta, F. and Chinchilla, C

Resumen

Existe la posibilidad de utilizar los segregantes de varios retrocruces compactos para producir variedades de semilla y clones de palma aceitera que podrían plantarse a altas densidades. Varios resultados recientes de pruebas sembradas en 1998 confirmaron que el carácter compacto (tronco y hojas cortas) fue finalmente fijado en varias poblaciones segregantes. Sin embargo, la mayor reducción promedio anual en el incremento de la altura del tronco se encontró en la generación del segundo retrocruce (43 cm/año vs. 65 cm/año del testigo DXP '*guineensis*'). Además de esto, la reducción en el largo de la hoja fue también muy grande (574 cm vs. 730 cm del testigo '*guineensis*').

La comparación entre ciclos de retrocruces mostró una sucesiva concentración de los genes más deseables de '*guineensis*' a expensas de la dilución de los genes '*oleifera*', haciendo el carácter compacto menos evidente: aproximadamente la mitad del valor del carácter se perdió en el tercer retrocruce cuando se comparó con el testigo DXP '*guineensis*' (reducción en el incremento del tamaño del tronco de 22 cm/año obtenido el segundo ciclo vs. 11 cm/año de diferencia durante el tercer ciclo). La misma tendencia se obtuvo en el caso del largo de la hoja; las palmas compactas del segundo ciclo mostraron un promedio de reducción de 156 cm con respecto a 80 cm en palmas del tercer ciclo de retrocruces.

Estos resultados indican que probablemente solo se pueden realizar dos ciclos de retrocruces cuando se combinan los genes de '*oleifera*' con '*guineensis*' en la búsqueda de características especiales tales como un crecimiento lento del tronco y hojas más cortas. El desempeño inicial en el campo de parcelas semi-comerciales indica que el carácter compacto conlleva a la obtención de rendimientos iniciales muy altos.

Introducción

El concepto de carácter compacto en palma aceitera se refiere a palmas particulares que presentan un crecimiento muy lento del tronco y hojas cortas. Esta última característica es determinante para poder sembrar a altas densidades, manteniendo siempre el mismo grado de sobreposición de las hojas, y por ende, similar competencia por luz, que cuando se siembra a 143 plantas/ha.

La siembra a altas densidades ciertamente resultará en un incremento real de la productividad debido a un mayor número de palmas por unidad de área, aún manteniendo una producción similar a la estándar por palma, cuando se planta a 143 plantas/ha. Sin embargo, los mejoradores

¹ ASD Costa Rica, Mejoramiento Agronómico, a.alvarado@asd-cr.com

siempre buscan concentrar los genes que determinan el rendimiento, de manera que también es una realidad el incremento en la producción por palma; lo cual impulsaría la productividad por área aún más.

La idea de obtener troncos de reducido tamaño y hojas más cortas ha sido una prioridad de los programas de mejoramiento genético de la palma aceitera, con el fin de aumentar la densidad de siembra y prolongar la vida útil de una plantación comercial. Además de los materiales derivados de la palma de lento crecimiento 'Dumpy' descubierta por Jagoe (1952), existen palmas individuales de la población llamada PS1 originadas de palmas silvestres '*guineensis*' colectadas en Nigeria entre 1975 y 1976. Estas plantas tenían entre 11 y 20% más aceite en el racimo que las variedades convencionales. El potencial de rendimiento de la mejor PS1 se ubicaba entre 7.4 y 9.7 toneladas de aceite por hectáreas. Los cruces de la llamada '*population 12*' eran hasta 45% más pequeños, y tenían hojas más cortas (11%) que el testigo, lo cual creaba la posibilidad de sembrarlas a 170 palmas/ha (Rajanaidu et al., 1999). Sin embargo, Sharma (1999) describió las palmas PS1 y señaló que si bien producían un alto número de racimos, éstos y los frutos eran pequeños. Algunas autopolinizaciones mostraron un tamaño reducido del tronco: 1.30 - 1.36 m comparados con 1.75- 2.06 m en el control. No obstante, la producción de fruta fresca fue baja, lo cual probablemente se debió a la consanguinidad. Estos autores, sugirieron incorporar genes de otras poblaciones de mejoramiento avanzadas para mejorar las características de las palmas PS1.

Sterling et al. (1987) anotaron las características fenotípicas de un segregante excepcional resultado de la polinización abierta entre un híbrido OxG y '*guineensis*'. Esta planta fue conocida como la compacta original (OCP). Más recientemente, Escobar y Alvarado (2004) indicaron que la población derivada de tres ciclos sucesivos de retrocruces de la OCP mostró en forma consistente troncos y hojas cortas. Este trabajo resume los últimos resultados de una serie de pruebas sembradas en 1998, como parte del programa de mejoramiento genético de la palma compacta de ASD de Costa Rica, cuyo objetivo final es consolidar la producción comercial de semillas y clones compactos para su siembra a altas densidades.

Materiales y métodos

Puebas en Costa Rica

Una serie de pruebas se plantaron en Coto, Costa Rica en 1998 con el segundo ciclo de retrocruces (BC_2) como parte del programa de mejoramiento de la palma compacta de ASD de Costa Rica, el cual fue descrito en detalle por Escobar y Alvarado (2004). Este trabajo se focaliza en los resultados de la recombinación de palmas compactas seleccionadas BC_2 que fueron cruzadas para originar una población F_1 conocida como BC_2F_1 .

En total se sembraron cinco pruebas en junio de 1998, utilizando un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y 12 palmas por parcela. El objetivo fue evaluar 23 progenies DXP compactas F_1 originadas del segundo ciclo de retrocruces (BC_2F_1) y 17 progenies del tercer ciclo de retrocruces (BC_3). Dos variedades DXP '*guineensis*' DXP (Deli x AVROS y Deli x Ekona) se usaron como testigos (5 progenies y 240 palmas de cada variedad). El espaciamiento fue de 160 palmas por hectárea. El rendimiento y la información sobre el crecimiento vegetativo de todas

las pruebas se juntaron para el análisis estadístico. Los promedios se usaron para realizar las comparaciones entre la población compacta y los testigos DXP (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de progenies compactas evaluadas en cinco experimentos sembrados en 1998 en Coto, Costa Rica

Código	BC ₂ F ₁		BC ₃	
	Progenies	Palmas	Progenies	Palmas
98.1A	10	480	1	48
98.1B	10	480	1	48
98.1C	1	48	4	192
98.1D	1	48	8	384
98.1E	1	48	3	144
<i>Total</i>	<i>23</i>	<i>1,104</i>	<i>17</i>	<i>816</i>
Deli x AVROS	5	240		
Deli x Ekona	5	240		

BC = retrocruce

El rendimiento de fruta fresco en kg/palma/año se tomó durante los primeros cuatro años en todas las pruebas. Los incrementos en la altura del tallo fueron estimados a partir de dos mediciones sucesivas de la altura del tallo a la altura de la hoja número 41 en la filotaxia, cuando las plantas tenían 53 (3 años y 5 meses) y 68 meses (5 años y 8 meses) de edad en el campo. El largo de la hoja (peciolo + raquis) se midió a los 68 meses (5 años y 8 meses) de edad. Para caracterizar cada progenie, se tomaron en promedio 35 racimos durante los primeros 4-7 años, siguiendo la metodología descrita por Blaak et al. (1963) y revisada por Rao et al. (1983).

La precipitación promedio en Coto es de 4,070 mm, pero es mayor en años de La Niña. En esta localidad normalmente solo hay dos meses con lluvias por debajo de 100 mm, por lo cual el déficit hídrico es bajo o inexistente. Las temperaturas promedio mensuales se ubican dentro del ámbito adecuado para la palma aceitera (mínima 20-22 °C, máxima 31-34 °C), pero el brillo solar puede ser deficiente durante 4-6 meses (<15 Mj/m²).

Los suelos son de origen aluvial, profundos, francos y moderada a pobremente drenados (Aeric Endoaquepts y Fluvaquentic Eutrudepts). El porcentaje de saturación de bases es alto y dominado por el calcio heredado del material parental. A pesar de la existencia de cantidades medias de potasio en el suelo, su disponibilidad para las plantas es baja, debido a las grandes cantidades de calcio y magnesio disponibles. A pesar de los factores limitantes para la producción, como el drenaje pobre y algunas deficiencias y desequilibrios nutricionales, la alta humedad y la baja luminosidad favorecen un crecimiento vigoroso de las plantas.

Prueba en Ecuador

Se plantó una prueba semi-comercial en enero del 2003 cerca de Quinindé en la provincia de Esmeraldas en el Pacífico del Ecuador, en donde se evaluaron cinco cruces compactos BC2 y uno BC₂ F₁ a la densidad de 160 palmas por hectárea y 170 palmas por parcela con dos repeticiones (140 palmas por variedad). Tres variedades '*guineensis*' convencionales DxP (Deli x AVROS, Deli x La Mé y Deli x Ghana) se usaron como testigos, plantadas a una densidad de 143 palmas/ha (156 palmas de cada variedad). El rendimiento de fruta fresca (FFB) fue determinado en cosechas cada dos semanas durante los primeros dos años de producción. La longitud de la hoja (peciolo y raquis) se determinó en 36 plantas por parcela cuando las plantas tenían 42 meses de edad en el campo.

La precipitación promedio en la región es de 3,200 mm, pero su distribución en el año es bastante pobre y existen 4-6 meses con lluvias por debajo de 100 mm. El déficit hídrico promedio anual se estima en 200 mm, pero puede subir a 250 mm en algunos años. En años del Niño, la precipitación puede subir a 5,600 mm y no se presenta déficit.

La temperatura promedio mínima mensual puede caer por debajo de 19 °C en la noche durante la estación seca (agosto-noviembre). Durante este periodo, es común que se mantenga una densa cubierta de nubes, lo cual reduce la radiación solar (<1,000 horas/año). Todo esto afecta en forma negativa los rendimientos.

Los suelos en la región de Quinindé son de origen volcánico, generalmente profundos, de texturas medias, bien estructurados y bien drenados (Typic Haplustands). Sin embargo, la fertilidad es moderada a pobre, a pesar del alto contenido de material orgánica. La fijación de fósforo por parte de la alofana en estos suelos es alta. La fijación de potasio también puede ser relativamente alta. Encima de las limitaciones ya apuntadas, el barrenador de las raíces, *Sagalassa valida* es muy común en el área causando serios daños al sistema radical.

Resultados y discusión

El principal objetivo del programa de mejoramiento de la palma compacta es el desarrollo de variedades que puedan plantarse a altas densidades y que mantengan al menos la misma productividad de fruta y aceite por palma que las variedades convencionales. Sin embargo, los altos contenidos de aceite que normalmente se observan en las palmas compactas, son sin duda una oportunidad para incrementar el rendimiento de aceite por hectárea. La discusión en este trabajo se enfoca principalmente en dos parámetros vegetativos: el incremento en altura del tronco con la edad de la palma y el largo de la hoja (peciolo y raquis). Esta última variable es fundamental para lograr un incremento en la densidad de siembra, ya que en teoría, si se reduce el largo de la hoja en un metro, entonces se podría incrementar la densidad de siembra desde 143 a 170 palmas/ha. Siguiendo este mismo razonamiento, una reducción en el largo de la hoja de dos metros, permitiría sembrar hasta 200 plantas por hectárea. Ciertamente, existen otras consideraciones que deben tomarse en cuenta a la hora de definir la densidad de siembra, tales como el área foliar, el índice de área foliar, el desarrollo y estructura del dosel, la capacidad del follaje para interceptar luz y la capacidad fotosintética. Estos aspectos no se discuten en este trabajo.

Ciclos de retrocruces

Escobar y Alvarado (2004), encontraron un mejoramiento gradual en el rendimiento y las características del racimo en las poblaciones compactas obtenidas a partir de retrocruces. Todo esto sucedió aparentemente a expensas de una dilución de los genes de la palma denominada compacta original (OCP). En el tercer ciclo de retrocruces (BC_3) se obtuvieron los mejores recombinantes en términos de fruta fresca (FFB) y rendimiento de aceite. No obstante, el crecimiento del tronco fue mayor y las hojas fueron de mayor longitud que las de palmas BC_2 .

La recombinación de las palmas BC_2 seleccionadas dio origen a la población BC_2F_1 , la cual mostró las características del carácter compacto en forma acentuada cuando se comparó con la generación BC_3 . En esta última población, cerca de la mitad del rasgo compacto se perdió.

La diferencia en el incremento en el largo del tronco entre la generación BC_2F_1 y el testigo DXP fue 22 cm por año, y casi dobló la diferencia observada en la población BC_3 . Ambos resultados fueron significativos ($P < 0.05$). Por otro lado, la diferencia en el largo de la hoja entre palmas BC_2F_1 y el control fue de 156 cm; la cual fue significativa ($P < 0.05$) y fue casi dos veces la diferencia entre la población BC_3 y el testigo DXP (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación entre el segundo y tercer retrocruce en poblaciones de palmas compactas

Población	Proge- nias	Palmas	FFB	BN	BW	O/ha	Ti	Ti dif.	LL	LL dif.
BC_2F_1	23	1,104	117.3	17.9	6.6	5.4	43	(22)	574	(156)
BC_3	17	816	134.6	18.3	7.6	6.6	54	(11)	650	(80)
Testigo DXP	10	480	129.3	14.3	9.1	5.7	65		730	
DMS ($P < 0.05$)			23.4	3	0.3	1.5	6		32	

BC = ciclo de retrocruce; FFB = racimos de fruta fresca en kg/palma/año; BN = número de racimos/palma/año; BW = peso del racimo en kg; O/ha = aceite en t/ha/año; Ti = incremento en altura del tronco en cm/año; Ti dif. = diferencia en el incremento de altura del tronco con respecto al testigo DXP en cm; LL = largo de la hoja en cm; LL dif. = diferencia en largo de la hoja con respecto al testigo DXP en cm.

Aunque los rendimientos de fruta fresca por palma por año entre las poblaciones BC_2F_1 y BC_3 no fueron estadísticamente diferentes a los del testigo DXP, sí se observó una tendencia en la población BC_3 a producir más fruta que la BC_2F_1 y el testigo; pero los racimos fueron de menor tamaño que en el control: 7.6 kg vs. 9.1 kg en el peso promedio (Cuadro 2).

Los resultados podrían llevar a la conclusión de que la producción de semilla debería centrarse en la reproducción de las progenies BC_3 , a pesar de que se pierde casi la mitad del carácter compacto. Sin embargo, la diferencia entre las palmas BC_3 , derivadas del cruzamiento de palmas BC_2 seleccionadas con '*guineensis*' superiores de diferentes orígenes, indicó que el carácter compacto se puede recuperar en forma sustancial (Cuadro 3). Una opción puede ser el uso de Deli *duras* seleccionadas cruzadas con las mejores *pisíferas* del BC_2F_1 , ya que este cruce superó el rendimiento del testigo DXP (6.3 vs. 5.7 t de aceite/ha/año), y también mostró las hojas más

cortas de todas las progenies BC₃: 93 cm de diferencia con el testigo (Cuadro 3). Esta diferencia de 12.7% con el testigo indica que el cruce Deli x Compacto puede ser plantado a 170 palmas/ha, tal como sugiere Rajanaidu et al. (1999).

Cuadro 3. Rendimiento y crecimiento vegetativo en las progenies compactas y el tercer retrocruce (BC₃)

BC ₃ Tipo de cruce	Progenies	Palmas	FFB	BN	BW	O/ha	Ti	Ti dif.	LL	LL dif.
Compacta x AVROS	3	144	134.9	18.4	7.4	6.6	56	(9)	657	(73)
Deli x Compacta	8	384	122.7	14.5	8.6	6.3	59	(6)	637	(93)
Compacta x Ekona	4	192	158.8	24.0	6.6	7.5	47	(19)	664	(67)
Compacta x La Me	2	96	127.6	20.8	6.2	6.1	46	(19)	658	(72)
Población BC ₃	17	816	134.6	18.3	7.6	6.6	54	(11)	650	(80)
Testigo DxP	10	480	129.3	14.3	9.1	5.7	65		730	
DMS (P<0.05)			23.4	3	0.3	1.5	6		32	

BC = ciclo de retrocruce; FFB = racimos de fruta fresca en kg/palma/año; BN = número de racimos/palma/año; BW = peso del racimo en kg; O/ha = aceite en t/ha/año; Ti = incremento en altura del tronco en cm/año; Ti dif. = diferencia en el incremento de altura del tronco con respecto al testigo DxP en cm; LL = largo de la hoja en cm; LL dif. = diferencia en largo de la hoja con respecto al testigo DxP en cm.

La posibilidad de usar palmas ‘élite compactas’ BC₂F₁ con hojas muy cortas puede ser la clave para incrementar la densidad de siembra aún más. Este parece ser el caso de las progenies derivadas de las *pisíferas* 150P, 212P y 73P, las cuales no mostraron diferencias significativas en rendimiento de aceite con el testigo, pero sí en el largo de la hoja (diferencias entre 141 y 168 cm) y en el tamaño del tronco (Cuadro 4).

Selección de *ortets* compactos

La clonación de palmas ténera élites compactas BC₂F₁ es sin duda la forma más eficiente para reproducir el carácter compacto que garantiza el aumento en la densidad de siembra. Las características fenotípicas de las *téneras* compactas élite más recientemente seleccionadas aparecen en el Cuadro 5. Todas estas palmas tienen una producción de fruta sobresaliente (FFB/palma/año), debido a una mayor cantidad de racimos, aunque más pequeños que el testigo DxP. La relación aceite en el racimo (O/B) es más alta en estas palmas compactas, particularmente en la palma 645T con una relación de 38.4%.

Cuadro 4. Prueba de progenies del segundo ciclo de retrocruces (BC₂) - selección de *pisiferas* compactas

Padre	Proge- nias	Palmas	FFB	BN	BW	O/ha	Ti	Ti dif.	LL	LL dif.
C9235:404P	3	144	109.4	17.2	6.4	4.4	34	(31)	536	(194)
C9269:119P	5	240	107.9	18.5	5.8	5.1	38	(27)	557	(173)
PTC9001:150P*	4	192	127.9	20.4	6.3	6.1	44	(21)	574	(156)
C9232:232P	5	240	116.6	16.4	7.1	5.2	49	(16)	593	(137)
C9236:75P	4	192	127.1	17.8	7.2	6.1	48	(17)	603	(127)
C9269:212P	1	48	134.8	20.3	6.7	6.1	36	(29)	589	(141)
C9269:73P	1	48	137.1	20.5	6.7	6.6	45	(20)	563	(168)
Población BC ₂ F ₁	23	1,104	117.3	17.9	6.6	5.4	43	(22)	574	(156)
Testigo DxP	10	480	129.3	14.3	9.1	5.7	65		730	
DMS (P<0.05)			23.4	3	0.3	1.5	6		32	

* *pisifera* clonal; BC = ciclo de retrocruce; FFB = racimos de fruta fresca en kg/palma/año; BN = número de racimos/palma/año; BW = peso del racimo en kg; O/ha = aceite en t/ha/año; Ti = incremento en altura del tronco en cm/año; Ti dif. = diferencia en el incremento de altura del tronco con respecto al testigo DxP en cm; LL = largo de la hoja en cm; LL dif. = diferencia en largo de la hoja con respecto al testigo DxP en cm.

Todos los *ortets* en el cuadro 5 tienen hojas muy cortas cuando se comparan con el testigo DxP: las diferencias en el largo de la hoja varían entre 173 y 242 cm. Escobar y Alvarado (2004) indicaron que el largo de la hoja en el *ortet* tenía una alta correlación ($r^2=0.791$, $P<0.05$) con este rasgo en el clon respectivo, de manera que la probabilidad de reproducir la característica de hojas cortas de los *ortets* listados en el cuadro 5 es muy alta. Por ejemplo, un clon derivado de la palma 698T, la cual tiene hojas que son 242 cm más cortas que el testigo DxP, podría ser sembrado a 200 plantas por hectárea.

Las primeras siembras comerciales de clones compactos de ASD se iniciaron en el año 2003 en Costa Rica, Nicaragua y Venezuela. A partir de aquí, se han sembrado aproximadamente 996 hectáreas en siete países en América tropical, la mayoría en Costa Rica (66.1%).

Debido a que las palmas aún son muy jóvenes, no existen datos de rendimiento obtenidos durante un tiempo suficientemente largo. No obstante, la información del largo de la hoja en un clon particular sembrado en Costa Rica muestra que el carácter compacto es evidente durante las etapas tempranas de estas siembras (Cuadro 6).

Cuadro 5. Segregantes superiores *ténera* del segundo ciclo de retrocruces escogidos para obtener clones

Cruce	Palma	FFB	BN	BW	O/B	Ti	Ti dif.	LL	LL dif.
C95-15922	645T	198.3	28.3	7.0	38.4	50	(15)	557	(173)
C96-2270	632T	188.8	27.2	6.9	34.7	31	(34)	549	(181)
C95-15921	324T	173.9	30.4	5.7	34.1	35	(31)	552	(178)
C96-2270	698T	196.4	26.1	7.5	28.3	30	(36)	488	(242)
Población BC ₂ F ₁		117.3	17.9	6.6	28.7	43	(22)	574	(156)
Testigo DxP		129.3	14.3	9.1	27.5	65		730	
DMS (P<0.05)		23.4	3	0.3	1.5	6		32	

BC = ciclo de retrocruce; FFB = racimos de fruta fresca en kg/palma/año; BN = número de racimos/palma/año; BW = peso del racimo en kg; O/B = aceite en el racimo en %; Ti = incremento en altura del tronco en cm/año; Ti dif. = diferencia en el incremento de altura del tronco con respecto al testigo DxP en cm; LL = largo de la hoja en cm; LL dif. = diferencia en largo de la hoja con respecto al testigo DxP en cm.

La diferencia en el largo de la hoja entre el clon Sergio y la variedad DxP fue de alrededor de 133 cm a los 24 meses de edad en el campo, y tal diferencia se incrementó a 171 cm a la edad de 38 meses. Tomando esto en cuenta, se estima que la diferencia en largo de la hoja será de aproximadamente 1.8 - 2.0 metros para cuando las palmas alcancen su madurez vegetativa a los 6-8 años de la siembra en el campo. Considerando esta diferencia, y asumiendo un mismo tipo de traslape entre hojas que en el caso de una variedad DxP sembrada comercialmente, este clon podría teóricamente ser sembrado a 273 palmas por hectárea.

Cuadro 6. Diferencia en el largo de la hoja entre un clon BC₁ y una variedad DxP. Siembras comerciales del año 2003 en Costa Rica

	Largo de la hoja (cm) /edad después de la siembra			
	24 meses	LL dif.	38 meses	LL dif.
Clon Sergio	259	-133	377	-171
Variedad DxP	392		548	

LL dif. = diferencia con la variedad DxP.

Desempeño inicial de las palmas compactas derivadas de semilla

La siembra de la palma aceitera a altas densidades permitiría aumentar los rendimientos de aceite por unidad de área, aún cuando la productividad por palma sea similar a la obtenida utilizando la densidad estándar de 143 palmas/ha. Los primeros resultados de una siembra de palmas compactas de semilla en Ecuador muestran la ventaja de la siembra a alta densidad (Cuadro 7). La comparación de la producción promedio de racimos (FFB) por hectárea durante los dos

primeros años en esta prueba con respecto a la obtenida en otras condiciones, no es el objetivo de este trabajo. Lo relevante, sin embargo, es el efecto del aumento en la densidad de siembra.

Cuadro 7. Rendimiento y crecimiento vegetativo en cruces BC₂ y BC₂F₁ en Las Maravillas, Ecuador. Siembra del 2003

Cruce	Tipo	Densidad (palmas/ha)	FFB (t/ha/año)	FFB dif.	FFB (kg/palma/año)	BN	BW	LL	LL dif.
Compacta x Compacta	BC ₂ F ₁	160	9.7	-17%	60.6	17	3.7	432	-85
Compacta x Ghana	BC ₂	160	14.4	23%	90.0	18	5.1	429	-88
Compacta x AVROS	BC ₂	160	12.6	7%	78.4	15	5.4	442	-75
Compacta x Ekona	BC ₂	160	11.7	-1%	72.8	20	3.6	481	-36
Deli x Compacta 1	BC ₂	160	13.9	18%	86.6	22	3.9	446	-71
Deli x Compacta 2	BC ₂	160	12.6	7%	78.4	19	4.1	498	-19
Control	DxP	143	11.8		82.2	17	4.7	517	

BC = ciclo de retrocruce; FFB = racimos de fruta fresca en kg/palma/año; FFB dif = diferencia en producción de racimos frescos con respecto al testigo DxP en kg/palma/año; BN = número de racimos/palma/año; BW = peso del racimo en kg; LL = largo de la hoja en cm; LL dif. = diferencia en largo de la hoja con respecto al testigo DxP en cm.

A una densidad de 160 palmas/ha, se espera un aumento en producción de al menos 12% con respecto a la densidad estándar de 143 palmas/ha. No todas las palmas compactas sembradas en esta prueba alcanzaron esta cifra. De hecho, la palma compacta pura BC₂F₁ produjo menos (-17%) cuando se comparó con el testigo DxP, no obstante, este tipo de cruce no se espera sea comercial, al menos en el presente, tal y como se discutió anteriormente. El resto de las palmas BC₂ fueron mejores que el testigo, con la excepción del cruce particular de Compacta x Ekona, cuyo rendimiento fue ligeramente inferior al del control (-1%). Dos cruces fueron particularmente sobresalientes, Compacta x Ghana y Deli x Compacta 1, los cuales produjeron 23% y 18% más que el control. Estas variedades excedieron el aumento de productividad esperado en 12% con el simple aumento en densidad. Además, las variedades Compacta x AVROS y Deli x Compacta 2 mostraron únicamente un aumento de 7% en rendimiento con respecto al testigo.

Las diferencias entre cruces pueden estar relacionadas con la habilidad combinatoria específica de las palmas progenitoras y son una indicación de que no todos los cruces de palmas compactas tienen un potencial comercial, si el aumento en rendimiento con la densidad no alcanza un mínimo esperado.

Finalmente, es interesante notar que el largo de la hoja promedio en los mejores cruces de Compacta x Ghana y Deli x Compacta 1 fue 71- 88 cm más corto que en el control DxP, y que la producción de fruta por palma fue similar al testigo; por lo cual la superioridad del rendimiento por área con la siembra a más alta densidad.

Conclusiones

1. El carácter compacto (hojas y tronco cortos) tal como fue inicialmente entendido en la palma compacta original seleccionada en 1970, fue menos evidente después del segundo ciclo de retrocruces hacia palmas '*guineensis*' de diferentes orígenes.
2. La selección de palmas compactas para la producción comercial de semillas deberá concentrarse en las poblaciones F_1 , F_2 , F_3 , ... resultantes de la recombinación de palmas palmas élites del segundo ciclo de retrocruces (BC_2), debido a la tasa de crecimiento lento del tronco y a sus hojas más cortas.
3. Una alternativa para producir semillas de variedades compactas para la siembra a altas densidades, vendrá de madres selectas BC_2F_1 cruzadas con *pisíferas guineensis* probadas; lo cual corresponde a palmas provenientes de un tercer ciclo de retrocruces (BC_3). También se pueden utilizar madres Deli cruzadas con polen de compactas. Estas variedades compactas podrán plantarse a 160-170 palmas por hectárea.
4. La clonación por cultivo de tejidos de palmas *ténera* compactas élite ofrece una oportunidad para reproducir en masa este material genético, con la posibilidad de incrementar aún más la densidad de siembra (200 o más palmas/ha).

Referencias

- BLAAK, G., SPARNAAIJ, L.D. AND MENEDEZ, T. (1963) Breeding and inheritance in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) II. Methods of bunch quality analysis. J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res. 4: 146-155.
- ESCOBAR, R. and ALVARADO, A. (2004). Strategies in Production of Oil Palm Compact Seeds and Clones. ASD Oil Palm Papers, No. 27, 1-12.
- JAGOE, R.B. (1952) The "Dumpy" oil palm. Malay. Agric. J. 35: 12-21
- RAJANAIDU N., JALANI B. S., KUSHAIRI D., RAFII M.Y., MOHD DIN A., MAIZURA I., and ARIFFIN DARUS (1999). Breeding strategies for the oil palm materials PS1 and PS2 and future PS series. Proceedings of 1999 Seminar on PS1 and PS2 planting materials, Kuala Lumpur. Pp 76-90.
- RAO, V., SOH A.C., CORLEY, R.H.V., LEE C.H., RAJANAIDU, N., TAN Y.P., CHIN C.W., LIM K.C., TAN S.T., LEE T.P. and NGUI, M. (1983). A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. Palm Oil Res. Inst. Malaysia. PORIM OCC. Paper 9: 1-28.
- SHARMA M. (1999). Utilization of Nigerian PS1 and PS2 selection in oil palm breeding programmes at UP Bhd. In Proc. Seminar on PS1 and PS2 oil palm planting materials. Eds. N Rajanaidu, BS Jalani, p 18-29. Palm Oil Research Institute of Malaysia.
- STERLING, F., RICHARDSON, D.L., CHAVES, C. 1987. Some phenotypic characteristics of the descendants of QB049, an exceptional hybrid of oil palm. Proceedings Oil Palm/Palm Oil Conference, Progress and Prospects, Palm Oil Research Institute of Malaysia, pp 135-146. Compact Seeds and Clones and their Potential for High Density Planting

La Industria de la Palma Aceitera en Costa Rica

Escobar, R¹. y Peralta, F.

Resumen

La industria de la palma aceitera en Costa Rica, aunque relativamente pequeña, es una de las más viejas en América. Las primeras plantaciones comerciales fueron establecidas en 1944 y actualmente existen cerca de 47,807 ha plantadas, principalmente (96%) en el Pacífico central y sur. Existen cuatro plantas extractoras, con una capacidad total aproximada de 169 toneladas métricas por hora.

Gran parte de la industria está en manos del sector privado (46%), mientras que diversas cooperativas poseen 28% del área. El resto (26%) lo componen pequeños productores que venden la fruta al sector privado o a una de las cooperativas que posee su propia planta extractora. De esta industria se benefician en forma directa aproximadamente 3,968 familias, con un tamaño promedio de cinco miembros, para un total de 19,840 personas.

Durante los últimos cinco años (2001-2005), la producción promedio de aceite crudo (CPO) fue 147,643 toneladas métricas (t) por año. En el 2006, se estimó una producción de 188,994 t. La producción del 2005 (181,416 t, representó una productividad de 4.4 t de CPO/ha en 40,982 hectáreas sembradas. Costa Rica exporta la mayor parte del CPO (72% en 2005) a México. Internamente, el aceite es usado para producir manteca y oleína usada en margarinas.

Introducción

La historia inicial de la palma aceitera en Centroamérica anduvo de la mano con la historia de la compañía United Fruit Company. Esta empresa, cuya principal actividad en los últimos años del siglo 19 era la producción y exportación de banano, siempre mantuvo un interés en la diversificación. Las primeras plantaciones de palma aceitera fueron hechas en 1943, en la región de Parrita (Pacífico central) como una alternativa para ocupar las tierras que habían sido abandonadas para el cultivo del banano (Villavicencio, 1999). La expansión continuó en forma anual hasta el año 1952, cuando ya existían aproximadamente 4,000 ha en la región de Quepos en Costa Rica, y 1,800 ha en San Alejo en Honduras. Las siembras se descontinuaron hasta el año 1962, excepto por 665 ha sembradas en Quepos durante el periodo 1958-59. Hasta el año 1966, la mayoría de estas primeras siembras se hicieron con semilla de polinización abierta (Richardson, 1995).

Durante todos estos años, se ha acumulado gran experiencia en el manejo agronómico del cultivo y en el desarrollo de nuevos materiales de siembra. Las exportaciones del aceite de palma también se han convertido en una fuente importante de divisas para el país. En este trabajo se

¹ ASD Costa Rica, r.escobar@asd-cr.com

hace un resumen de las principales características de la actividad en Costa Rica, la cual se compara con otras agroindustrias.

Áreas plantadas y estructura de la industria

En Centroamérica la industria se encuentra ahora consolidada en Honduras (84,463 ha), Costa Rica (47,807 ha) y Guatemala (45,576 ha); en Panamá la industria es aún incipiente con únicamente 6,786 ha sembradas. La mayor parte (34%: 227,997 ha) de las plantaciones en Centro y Norte América son jóvenes (3-7 años) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución por edades de las plantaciones de palma aceitera en Méjico, República Dominicana y Centroamérica (000's de hectáreas)

Pais	Años después de la siembra/000's de hectáreas					Total
	0-2	3-7	8-15	16-22	23+	
Costa Rica	6,824	9,383	17,581	9,961	4,057	47,807
Guatemala	8,655	21,559	10,928	4,353	81	45,576
Honduras	10,904	25,838	24,179	10,304	13,238	84,463
México	4,380	12,000	4,768	2,696	260	24,104
Nicaragua	3,725	4,990	568	1,650	-	10,933
Panamá	538	1,952	1,266	409	2,621	6,786
Rep. Dominicana	163	1,600	918	4,818	830	8,329
Total	35,189 15%	77,322 34%	60,208 26%	34,191 15%	21,087 9%	227,997

El sector privado en Costa Rica posee 46% de las plantaciones con 21,887 ha sembradas, seguida de cooperativas y productores pequeños independientes con 13,497 ha (28%) y 12,423 ha (26%) respectivamente. Los pequeños productores agrupados en cooperativas normalmente manejan entre cuatro y cuarenta hectáreas, mientras que los independientes pueden tener hasta 300 ha. Aproximadamente 3,968 familias se benefician directamente de la agroindustria, para un total de 19,840 personas con un tamaño promedio por familia de cinco miembros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estructura de la industria de la palma aceitera en Costa Rica, 2006

Sector	Hectáreas	Familias
Privado	21,887 46%	2,405
Cooperativas	13,497 28%	979
Independientes	12,423 26%	583
Total	47,807	3,968

Características climáticas y de suelo en las zonas palmeras

La palma aceitera en Costa Rica se cultiva principalmente en suelos de origen aluvial a lo largo de la zona costera del Océano Pacífico. Considerando la geología y fisiografía, se pueden considerar dos áreas mayores: el Pacífico central (región de Quepos) y el Pacífico sur, la cual se puede subdividir en dos unidades: suelos aluviales calcáreos (Palmar-Coto) y suelos aluviales de origen volcánico (Canoas).

La mayoría de las plantaciones en la región de Quepos se localizan sobre terrazas recientes aluviales de los ríos Parrita, Paquita, Naranja y Savegre. Los suelos (Inceptisols) son en su mayoría medianamente profundos, de pobres a moderadamente drenados y con texturas medias a gruesas. La reacción del suelo es ligeramente ácida, el porcentaje de saturación de bases es muy alta y la capacidad de intercambio catiónico es alta. Las limitaciones principales para obtener los máximos rendimientos son el drenaje pobre y los desequilibrios entre elementos en el suelo.

La precipitación promedio en Quepos es de aproximadamente 3,700 mm, con valores menores durante años de El Niño. En años normales, existen tres meses con lluvias por debajo de 100 mm por mes, los cuales se pueden extender a cerca de cinco meses de verano en años de El Niño. El déficit hídrico anual se estima en 300 mm, pero puede ser muy severo en años de El Niño, particularmente en sitios con suelos muy superficiales. Las temperaturas se ubican dentro del ámbito considerado apropiado para la palma aceitera (mínima 21-23°C y máxima 30-34°C), lo mismo que la radiación solar (>13 Mj/m² en la mayoría de los meses).

La mayoría de las siembras en el Pacífico sur del país se ubican sobre abanicos aluviales de los ríos Térraba, Sierpe y Coto-Colorado. Estos suelos (Inceptisols) son profundos, de pobre a moderadamente bien drenados y con texturas de medias a gruesas. La capacidad de intercambio catiónico es alta a través del perfil, y la reacción (pH) varía desde ligeramente ácida en la superficie, y alcanza la neutralidad con la profundidad. El porcentaje de saturación de bases es muy alto y está dominado por el calcio heredado del material parental. Los principales factores limitantes para una producción óptima son el drenaje pobre, la baja fertilidad y los desequilibrios entre elementos en el suelo.

Varias plantaciones se han desarrollado también sobre suelos superficiales originados de cenizas volcánicas depositadas sobre otros materiales más consolidados. Estos suelos van de moderada a bien drenados y tiene un contenidos de bases extraíbles muy bajo debido a sus estructura gruesa y la alta presión al lavado por las altas precipitaciones. La capacidad de retención de fósforo es muy alta. En ausencia de una fertilización adecuada se pueden desarrollar muchos síntomas visuales de deficiencia, pero se pueden obtener rendimientos de 20 o más toneladas por hectárea por año con un manejo apropiado.

La precipitación promedio en la zona del Pacífico sur del país es de alrededor de 4,000 mm, pero con valores bastante superiores durante años de La Niña. El periodo más seco comprende entre dos y tres meses con lluvias por debajo de 100 mm, por lo cual no existe déficit hídrico o bien éste es muy bajo. Las temperaturas medias mensuales se ubican dentro de un ámbito adecuado para el cultivo (mínimo 20-22°C y máximo 31-34°C), pero la radiación solar es un poco baja durante 4-5 meses (<13 Mj/m²).

La palma aceitera también se cultiva en pequeña escala en la región de Batán en la zona Atlántica del país. Estas plantaciones se iniciaron en el año 2000 y se ubican principalmente sobre terrazas recientes del río Matina. (Inceptisols) y sobre terrazas viejas aluviales y colinas cercanas (Inceptisols y Ultisols). Los principales problemas en estos sitios son el drenaje pobre (tierras bajas) y la baja fertilidad (terrazas viejas y colinas).

La precipitación anual promedio en Batán es de 3, 000 mm, la cual está bien distribuida a través del año. La temperatura también está dentro del ámbito apropiado para el cultivo (mínimo 19-21°C y máximo 29-32°C), así como la radiación solar (> 13 Mj/m² en la mayoría de los meses).

Importancia económica

Existen cuatro extractoras en el país, con una capacidad total para procesar cerca de 160 toneladas métricas de fruta fresca por hora; tres de estas extractoras son manejadas por el sector privado y una por una cooperativa de pequeños productores.

La producción promedio anual de aceite crudo (CPO) durante los años 2001-2005 fue de 147,643 toneladas métricas y para el año 2006 se estimó en 188,994 t. En el 2005, la producción de CPO fue de 181,416 t, lo cual implicó una productividad de 4.4 t de CPO/ha obtenida de 40,982 ha de plantaciones en producción.

En el periodo entre 1982 y 1996, la siembra promedio de nuevas plantaciones en el país fue de 1,421 ha por año, lo cual incluyó la renovación de algunas plantaciones viejas y la siembra de áreas nuevas. Sin embargo, durante el periodo 1997-2000 se observó un aumento muy importante en las nuevas siembras (16,538 ha), lo cual significó la siembra de un promedio de 4,134 ha por año (casi cuatro veces el promedio histórico). Esto ha tenido como consecuencia que una proporción importante de las siembras en el país son jóvenes (<5 años), por lo cual la productividad por hectárea de CPO en el periodo 2001-2003 fue menor a 4 t (Cuadro 3).

Cuadro 3. Producción anual y exportaciones de aceite crudo de palma (CPO) en Costa Rica

	2001	2002	2003	2004	2005	2006*
Producción (CPO, t)	107,331	120,100	156,409	172,959	181,416	188,994
Exportación (CPO, t)	61,819 58%	76,304 64%	110,375 71%	124,412 72%	130,492 72%	
Total de hectáreas	40,225	40,295	40,982	42,900	45,615	47,806
Hectáreas en producción	36,223	39,267	40,225	40,295	40,982	42,900
Productividad (t CPO/ha)	3.0	3.1	3.9	4.3	4.4	4,4
Hectáreas <5 años	48%	36%	23%	17%	15%	18%

*Estimada con datos hasta septiembre

Costa Rica exporta la mayoría de su CPO a Méjico (72% en 2005). Internamente, la industria de los alimentos usa el aceite para producir manteca y oleína (margarinas). En término del valor de las exportaciones, la palma aceitera está después del banano, piña, café y cítricos, pero está por encima de la caña de azúcar. No obstante, la importancia de la palma aceitera ha aumentado gradualmente a partir del 2001, y alcanzó 69.1 millones US\$ en exportaciones en el 2005 (Cuadro 4). La ventaja de otros cultivos sobre la palma aceitera como el banano y la piña es el valor agregado de estos últimos, aunque ocupen menos tierras (Cuadro 4); sin embargo, el banano y la piña son muy sensitivos a las variaciones en el precio cuando se comparan con el aceite de palma.

Cuadro 4. Principales productos agrícolas de exportación de Costa Rica (000's de US\$)

Producto	Hectáreas	2001	2002	2003	2004	2005
Banano	41,147	502.1	469.1	548.3	532.9	475.4
Piña	26,821	142.3	159.0	207.6	256.3	325.3
Café	113,387	162.5	165.3	190.7	199.6	230.6
Naranjas	26,000	46.5	57.0	55.7	69.9	73.6
Aceite de palma	47,807	22.9	34.6	54.8	63.4	69.1
Azúcar	49,210	30.0	27.0	21.9	37.9	29.7

El potencial para la expansión de la industria en el país se estima en 89,400 ha: 56,200 ha en el Pacífico y 33,200 ha en el Caribe. La mayoría de estas tierras actualmente son pastizales o bien son utilizadas en cultivos poco rentables.

Referencias

Richardson, D.L. (1995) The History of Oil Palm Breeding in the United Fruit Company, ASD Oil Palm Papers N° 11, 1-22.

PROCOMER (2005). Costa Rica: Exports Statistics. 57 p.

Villavicencio, A. (1999) The oil palm in Costa Rica: Its development and the challenge of the global market. In 2nd, Latin American International Congress, San Jose, Costa Rica 135p, pp 9-11