

Estrategias para la producción comercial de semillas y clones de palmas de aceite compactas

Strategies for the Commercial Production of Clones and Sexual Seed of Dwarf Oil Palm

Ricardo Escobar
Amancio Alvarado¹

Resumen

La palma de aceite es un cultivo comercial extensivo que demanda grandes áreas de tierra para su explotación. Por otra parte, un crecimiento vigoroso (elongación rápida del tronco) constituye una limitación económica importante, porque las palmas muy altas son difíciles de cosechar y reducen la vida económica de una plantación comercial. Palmas de aceite compactas con un crecimiento lento del tronco y hojas cortas constituyen una buena alternativa para la intensificación del cultivo, al elevar su productividad por el incremento de la densidad de siembra, logrando también prolongar la explotación comercial de la plantación. Este concepto es particularmente importante en países con poca disponibilidad de tierras para el cultivo de la palma de aceite. La palma compacta original (PCO) fue descubierta en parcelas de observación plantadas en Coto, Costa Rica, las cuales fueron sembradas con semillas de polinización abierta provenientes de un híbrido OxG con características excepcionales de lento crecimiento y hojas cortas, el cual fue identificado en 1966 en Quepos, Costa Rica. La PCO poseía tronco y hojas excepcionalmente cortas, pero lamentablemente sus racimos tenían características subestándar. Para tratar de mejorar la composición del racimo de la PCO se decidió adoptar el método de retrocruzamiento, habiéndose realizado tres ciclos de retrocruzamiento hacia líneas parentales *E. guineensis* desde 1978. Paralelamente y después de cada ciclo de retrocruzamiento, palmas F₁ con características de interés fueron seleccionadas e intercrucadas para producir recombinantes F₂ superiores, con el objetivo de producir semillas comerciales. El retrocruzamiento sucesivo causó en cierta manera que la características de lento crecimiento y hojas cortas de la PCO se perdieran gradualmente por efecto de la introgresión de genes de *E. guineensis*, particularmente cuando se retrocruzó con líneas parentales AVROS. No obstante, los resultados del segundo y tercer ciclo de retrocruzamiento produjeron recombinantes compactos con troncos y hojas cortas con buenas características de racimo y rendimiento de racimos frescos comparables a las variedades tradicionales, fijándose de esta manera el carácter compacto. Palmas compactas con características especiales tales como alto contenido de aceite en el racimo, alta producción de racimos frescos y con tronco y hojas cortas, fueron identificadas como ortets para ser reproducidas por cultivo de tejidos *in vitro* (clones). Por otra parte, familias compactas provenientes del segundo ciclo (RC₂) fueron seleccionadas para la producción de semillas. El resultado final de todos estos esfuerzos de investigación, es la posibilidad de

Palabras Clave

Clones,
Semillas,
Palma de aceite,
Cruzamientos.

1 . ASD de Costa Rica, S.A. (Agricultural Services & Development), Apartado Postal 30-1000, San José, Costa Rica.

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es de los autores.

incrementar los rendimientos de la palma de aceite a nuevos límites, pues se pueden utilizar densidades de siembra entre 160 y 180 palmas por hectárea. La escogencia de la densidad de siembra más apropiada dependerá de las condiciones de cada sitio, particularmente en lo referente al tipo de suelo y al clima.

Summary

The oil palm is an extensive breeding and it demands large areas of land for its economical exploitation. On the other hand, a vigorous growth of commercial plantations is also an important economic limitation, since tall palms are difficult to harvest and restrict their useful life. The new varieties of the dwarf type that show a slow trunk growth and have short leaves, constitute an excellent alternative to intensify the oil palm commercial exploitation, particularly in countries with restrictions regarding land suitable for its breeding. The wild dwarf palm has its origins in the identification of an *E. guineensis* x *E. oleifera* (O x G) wild inter-specific hybrid, with outstanding characteristics. This palm was selected in 1966 in the Quepos region in Costa Rica. As of that date, three backcrossing cycles have been realized towards *Elaeis guineensis*, in order to fix the desirable commercial characteristics of *E. guineensis* in the slow growth and short leaves O x G hybrid. The more outstanding palms of each F_1 generation were selected and crossed again to obtain the best F_2 recombinants. Because of the successive backcrossings towards *Elaeis guineensis*, many recombinants have lost part of the stem slow growth and leaves length features, notwithstanding, it has been possible to fix these characteristics in certain offsprings and individual palms, and to select them simultaneously by bunch quality, oil contents and high productivity. The offsprings selected from the self-fertilization of the second backcrossing cycle (BC_2) were selected for the production of "dwarf seeds". On the other hand, individual dwarf palms with special characteristics of high contents of oil in the bunch, slow growth of the stem and short leaves, have been identified as ortets for their clonal reproduction. The final result of all these research efforts is the possibility to increase the oil palm yields to new levels. The time has come to increase the planting density in a viable way to 160-180 palms per ha., intensifying therefore the breeding. The selection of the most appropriate planting density will depend on the conditions of each locality, mostly regarding the type of soil and climate.

Introducción

La selección de palmas con un crecimiento lento del tronco ha estado siempre en la mente de los fitomejoradores de la palma de aceite, buscando prolongar la vida económica de las plantaciones comerciales. El encontrar palmas pequeñas y productivas con buen valor comercial no es una tarea fácil y existen pocos ejemplos en la literatura. Jagoe (1952) descubrió la palma 'Dumpy', la cual tenía un tronco grueso con lento crecimiento, hallazgo que constituye el primer esfuerzo de introgresión de genes de tronco corto en otras poblaciones de palma de aceite. A través del retrocruzamiento de híbridos *E. oleifera* x *E. guineensis* (OxG), Obasola *et al.* (1976), ilustraron la posibilidad de mantener las características de crecimiento lento del tronco del ancestro oleífera en los recombinantes híbridos. Recientemente, Adon *et al.* (2001) demostraron que los orígenes Dumpy (Serdang) y Pobe definitivamente transmiten su crecimiento lento del tronco a sus descendencias en combinación con otros orígenes. En forma similar, Rajanaidu *et al.* (1999), identificaron las líneas PS1 de la población 12 proveniente de prospecciones en Africa. El mismo autor (Rajanaidu *et al.*, 2000), indica que los genes 'Dumpy' promueven

crecimiento lento en combinación con líneas parentales AVROS.

En Costa Rica, considerable esfuerzo fue puesto para la fijación de genes 'compactos', los cuales fueron originados de una palma especial que fue identificada en una progenie de retrocruzamiento de un híbrido OxG de polinización abierta con *guineensis*. Los genes compactos no solo transmiten características de crecimiento lento del tronco sino que también características de hojas cortas.

El objetivo principal del programa de la palma compacta ha sido el de consolidar variedades de semillas y clones capaces de producir comercialmente a densidades de siembra más altas que la tradicional de 143 palmas por hectárea. En este trabajo se describen los eventos más importantes del programa de mejoramiento genético de la palma compacta en Costa Rica utilizando el método de retrocruzamiento.

Materiales y Métodos

Variedades compactas de semilla

La producción de racimos frescos por hectárea (kg) fue evaluada durante cinco años a partir del

Tabla
1

Resumen de eventos durante más de 30 años de investigación para fijar el gene compacto

Población	Detalles	Año	Genes Oleífera (%)	Palmas	Ensayos
O x G	Identificación del híbrido especial O x G de polinización abierta	1966	50	1	
PCO	Identificación de la palma compacta original	1970	25	1	
RC ₁	Primer ciclo de retrocruzamiento hacia La Me, Ekona, Ulu Remis, AVROS, Yangambi y Deli Dura	1978 1982	12.5	567	1
	Selección de dos palmas elite RC ₁	1983	12.5	2	
RC ₁ F ₁	Las dos palmas elite RC ₁ intercruzadas y autopolinizadas	1985	12.5	120	2
	Cinco palmas elite RC ₁ F ₁ dura y siete teneras seleccionadas	1990	12.50	12	
BC ₁ F ₂	Las palmas elite dura y tenera RC ₁ F ₁ intercruzadas y cruzadas con Pisíferas hermanas	1994	12.5	530	2
BC ₁ F ₁ x Eg	Las palmas elite RC ₁ F ₁ cruzadas con progenitores guineensis Calabar, Lame y AVROS	1994	6.25	414	3
BC ₂	Segunda población de retrocruzamiento originada de las dos palmas elite RC ₁ cruzadas con progenitores guineensis Deli x AVROS, Bamenda, Ekona y AVROS	1985	6.25	2,330	4
	Quince palmas elite RC ₂ Tenera y diez Dura seleccionadas		6.25	15	
BC ₂ F ₁	Las palmas elite RC ₂ duras y teneras autopolinizadas y cruzadas con pisíferas RC ₂ hermanas	1995	6.25	2,329	4
BC ₃	Tercera población de retrocruzamiento originada de las palmas elite RC ₂ dura y tenera cruzadas con progenitores AVROS, Ekona, Nigeria, Calabar, Lame y Yangambi	1995	3.125	1,088	2

Nota: O = oleífera; G = guineensis; Eg = *Elaeis guineensis*; RC = retrocruzamiento; F = generación filial.

i) Parcelas de observación, para RC₁: 14-40 palmas, para RC₂: 20-25 palmas; para RC₂F₁: dos ensayos, 20-40 palmas; para RC₃, un ensayo, 20-48 palmas.

ii) Honey Comb Design, Fasoulas (1976) y Sterling, et al (1991), para RC₁F₁ x Eg, 12-30 palmas por cruzamiento.

iii) Diseño de Bloques al Azar para RC₁F₁, con 2 reps y 15 palmas por rep; para RC₂, con 4 reps, 20 palmas por rep; para RC₂F₁, un ensayo con 3 reps y 12 palmas por rep, un segundo ensayo con 4 reps y 12 palmas por rep; y para RC₃, un ensayo con 3 reps y 12 palmas por rep.

iv) En Honduras en 1995 un ensayo semicomercial de 25 ha, en Bloques al Azar, a una densidad de 160 palmas por ha, con 7 reps y 12 palmas por parcela (84 palmas por cruzamiento).

tercer año después de la siembra en todos los ensayos descritos en la Tabla 1. La altura del tronco desde el suelo hasta la base de la hoja 41 (cm) y el largo de la hoja (pecíolo + raquis, cm), fueron medidos a los 55 meses después de la siembra.

Cuatro a seis racimos fueron analizados en el laboratorio para caracterizar cada palma durante los primeros 4 a 6 años de edad, según el método de análisis de racimo descrito por Blaak *et al.*, 1963 y revisado por Rao *et al.*, 1983.

En Honduras se estableció en 1995 un ensayo semicomercial para evaluar 44 variedades DxP

RC₃ compactas sembradas a una densidad de 160 palmas por hectárea y se usaron dos testigos DxP guineensis. El ensayo tiene siete repeticiones con 12 palmas por parcela (84 palmas por variedad). La producción de racimos frescos fue evaluada durante tres años a partir del tercer año después de la siembra.

Clones de palmas compactas

Fueron evaluados siete clones BC₂ compactos comparados con una variedad testigo AVROS DxP originada de semillas. Se usó una densidad de 170 palmas por hectárea y un diseño experimental de bloques al azar con cuatro

repeticiones y 12 palmas por parcela. La producción de racimos frescos fue evaluada durante tres años a partir del tercer año después de la siembra. La altura del tronco desde el suelo hasta la base de la hoja 41 (cm) y el largo de la hoja (pecíolo + raquis, cm), fueron medidos a los 51 meses después de la siembra. Los análisis de racimo fueron realizados durante los 43 a 60 meses después de la siembra.

La repetibilidad de ciertas características de los ortets seleccionados y sus respectivos ramets en el campo, fueron estimadas con correlaciones lineales (r^2) usando los datos del ensayo de clones CB9702.

Resultados y Discusión

Fijación del carácter compacto

Desde el descubrimiento del híbrido sobresaliente *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* (O x G) en 1996 y la identificación de la palma compacta original (PCO) en los años setenta (Sterling *et al.*, 1987), se adoptaron diferentes estrategias de mejoramiento genético para fijar genes compactos en diferentes poblaciones recombinantes, lo cual finalmente llevaría a la producción comercial de semillas y clones de este tipo. En la Tabla 1 se resumen los eventos más relevantes de más de treinta años de investigación del programa de las compactas e incluye detalles de cómo fueron conducidos los ciclos sucesivos de retrocruza-

miento. Este resumen sirve de referencia para la discusión de los resultados de cada fase.

Sterling *et al.*, 1987, indicó que la PCO tenía tronco y hojas cortas, pero desafortunadamente la calidad de sus racimos era inferior, consecuentemente hubo necesidad de introgresar genes de compacta en otras poblaciones genéticas avanzadas de guineensis buscando mejorar la calidad del racimo y mantener el carácter compacto de hojas y tronco corto. La adopción del método de retrocruzamiento tuvo por objetivo encontrar combinaciones que tengan el carácter compacto (hojas y tronco corto) con rendimiento de racimos frescos y calidad de racimos mejorados. El desafío fue el de fijar los genes de la palma compacta con el fin de obtener una variedad uniforme, ya que el retrocruzamiento da lugar a una serie de fenotipos diferentes, los cuales muestran características extremas e intermedias. Consecuentemente, encontrar las combinaciones correctas fue la clave del programa.

Otro aspecto importante fue el de la selección de las poblaciones guineensis como donantes de genes para mejorar el contenido de aceite en los racimos y el rendimiento de racimos frescos de las líneas compactas. Desde el inicio del programa se juzgó que los genes de compacta vinieron del ancestro oleifera, por lo tanto, se estimó que podría ocurrir una dilución de estos

Tabla 2 Resultados promedio de tres ciclos de retrocruzamiento de germoplasma de compacta hacia parentales guineensis (datos de los segregantes Tenera únicamente)

Tipo	Palmas	RF	NR	PR	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
RC₁	567	114.1	18	6.3	43	497	62.0	78.1	43.5	21.1	3.4
AVROS DxP	48	147.5	22	6.7	79	570	63.7	80.5	44.8	23.0	4.8
RC₁F₁	120	104.2	18	5.8	59	403	66.2	79.5	43.8	23.1	3.4
AVROS DxP	75	178.9	18	9.9	71	549	70.6	80.3	41.4	23.5	6.0
RC₁F₁ x Eg	414	161.8	25	6.4	96	549	69.2	77.0	47.3	25.2	5.8
AVROS DxP	56	229.4	28	8.2	156	642	69.6	86.7	48.6	29.3	9.6
RC₁F₂	530	129.0	21	6.1	79	416	67.5	78.3	42.6	22.5	4.2
RC₂	2,330	152.9	13	11.7	53	497	67.6	82.0	47.3	26.2	5.7
AVROS DxP	561	175.1	15	11.7	79	570	70.0	81.5	44.9	25.6	6.4
RC₂F₁	2,329	134.6	25	5.3	51	487	65.8	84.2	53.8	29.8	5.7
AVROS DxP	140	158.6	18	8.8	86	637	69.6	85.7	46.0	27.4	6.2
RC₃	1,088	167.0	24	7.0	92	583	68.6	81.0	49.9	27.7	6.6
AVROS DxP	32	180.2	18	10.0	113	682	66.4	85.4	45.7	25.9	6.7

Nota: Eg = *Elaeis guineensis*; RC = retrocruzamiento; F = generación filial.; RF = kg/racimos frescos/palma/año; NR = número de racimos/palma/año; PR = peso promedio de racimo/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.



Tabla
3Palmas Elite RC₁ comparadas con sus respectivos promedios de progenies y el testigo DxP Deli x AVROS

Palma	Progenitor Femenino	Progenitor Masculino	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
20T	QB49:238T	HC129:974T	78.4	55	449	78.0	79.4	43.6	27.0	3.0
Promedio de la progenie			102.0	54	512	64.0	79.6	47.2	24.0	3.5
122T	QB49:238T	BRT10:L7T	65.3	30	456	74.0	76.6	50.6	28.7	2.7
Promedio de la progenie			88.0	51	475	70.6	76.1	49.1	26.4	3.3
Población RC ₁			114.1	43	497	62.0	78.1	43.5	21.1	3.4
Testigo AVROS D x P			147.5	79	570	63.7	80.5	44.8	23.0	4.8

RC = retrocruzamiento; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

genes por el efecto de las retrocruzas sucesivas hacia guineensis, la cual probablemente haría perder el carácter compacto. Sin embargo, la probabilidad de encontrar segregantes con todas las características deseables era igualmente factible a pesar de la dilución de los genes oleífera en las diferentes fases de retrocruzamiento (Tabla 1). Por cierto, la producción de semillas de compacta fue iniciada usando la población del segundo ciclo de retrocruzamiento (RC₂F₁), a pesar de que la misma tiene apenas 6.25% de genes oleífera, comparada con la PCO que tiene 25% de genes oleífera (Tabla 1).

Los valores relativamente bajos de rendimiento de racimos frescos que se discuten en este trabajo, no reflejan el potencial productivo comercial de las variedades compactas, son más bien producto de las diferencias de las condiciones experimentales, tales como baja radiación solar y la competencia entre plantas. Estos aspectos se mencionarán más adelante, por ahora se debe focalizar en el potencial productivo de las nuevas variedades compacta comparadas con una variedad comercial clásica guineensis como es la Deli x AVROS bajo condiciones experimentales similares.

En la Tabla 2 se presenta el resumen de todo el programa de las compactas, y se muestra cómo las diferentes poblaciones compacta fueron gradualmente mejoradas hasta llegar a un nivel comparable al del testigo AVROS DxP, en términos de producción de racimos frescos y aceite. Detalles sobre como este progreso fue logrado serán mencionados en la subsecuente discusión de cada una de las fases del programa de retrocruzamiento.

Primer ciclo de retrocruzamiento

Los resultados del primer ciclo de retrocruzamiento (RC₁) mostraron que la calidad inferior de la palma compacta original (PCO) podía ser mejorada substancialmente (Sterling *et al.* 1987), pero todavía estaba por debajo en comparación con el testigo comercial DxP Deli x AVROS. Sin embargo, las características de tronco y hojas cortas de la OCP fueron mantenidas (Tabla 2), a pesar que los genes oleífera se diluyeron de 25% a 12.5% (Tabla 1). La diferencia promedio de la altura del tronco entre las palmas compactas RC₁ y el testigo fue de 36 cm y del largo de las hojas de 73 cm (P<0.05). Sin embargo, la palmas compactas tuvieron un rendimiento de racimos frescos (RF) menor y el contenido de aceite en el racimo (A/R %) también fue bajo, lo que resultó en un baja producción de toneladas de aceite por hectárea (A/ha) (P<0.05).

Dos palmas compactas fueron seleccionadas en el primer ciclo de retrocruzamiento RC₁, una de ellas con 50% de sus genes AVROS y la otra con 50% genes La Mé. Estas palmas mostraban una producción de racimos frescos menor que el testigo DxP AVROS, pero sus troncos y hojas eran considerablemente mas cortos. El ancestro La Mé de la palma 122T le confirió un tronco aún más corto (Tabla 3).

Se intentó producir semillas comerciales por la primera vez usando palmas compactas segregantes originadas de las dos palmas elite identificadas en la población del primer ciclo de retrocruzamiento RC₁ (Tabla 3), las cuales fueron a su vez intercruzadas y autofecundadas para producir la primera generación filial RC₁F₁. De

esta población RC_1F_1 fueron seleccionadas cinco palmas compactas dura y siete teneras (Tabla 4). Finalmente estas palmas seleccionadas fueron cruzadas con guineensis parentales ($RC_1F_1 \times Eg$) para constituir la primera prueba de progenie de compactas, cuyos resultados se presentan en la Tabla 5.

Todas las palmas seleccionadas de la población RC_1F_1 , las cuales fueron usadas para la primera prueba de progenie de compacta, mostraron hojas y troncos cortos, pero relativamente baja producción de racimos frescos (RF) y aceite por hectárea (A/ha) (Tabla 4). Se esperaba que estas palmas en combinación con líneas avanzadas guineensis produzcan progenies recombinantes con mejor productividad de racimos frescos y aceite, pero conservando el carácter compacto (troncos + hojas cortas). Los resultados de esta primera prueba de progenies no fueron satisfactorios como se esperaba, porque los parámetros de producción de las progenies compactas estuvieron por debajo del testigo DxP AVROS ($P < 0.05$). Sin embargo, y quizás lo más importante de estas pruebas experimentales, fue que el carácter de compacta fue mantenido (Tabla 5).

Otra enseñanza fue el efecto del diseño experimental sobre los resultados de esta primera prueba de progenie. Desdichadamente el uso del diseño de anillos hexagonales, popularizado por Fasoulas, A. (1976), que permite plantar una palma de cada cruzamiento en anillos hexagonales a lo largo del campo experimental. Esta disposición espacial de las palmas incidió para que el testigo DxP AVROS, que tiene un crecimiento mucho más vigoroso que las compactas, sombreara a las palmas vecinas en los anillos hexagonales y mostrara un rendimiento de racimos frescos y aceite muy superior que cuando se la planta en campos homogéneos. El diseño de anillos hexagonales no es recomendable para este tipo de pruebas de campo, a no ser que se plante las palmas sin competencia por luz. A pesar de los resultados poco satisfactorios de la prueba de progenies del primer ciclo de retrocruzamiento, la estabilidad del carácter de compacta en todas las combinaciones fue un estímulo importante para continuar con el programa (Tabla 5).

Se intentó producir semilla de compacta por la segunda vez usando los recombinantes de la

Tabla 4 Recombinantes elite de compactas RC_1F_1 comparados con sus respectivos promedios de toda la progenie y el testigo DxP Deli x AVROS

Palma	Progenitor Femenino	Progenitor Masculino	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
15D	C288:20T	C333:122T	75.1	48	375	69.6	57.3	47.4	18.9	2.0
34D	C288:20T	C333:122T	81.7	61	435	65.7	56.3	50.7	18.8	2.2
43D	C288:20T	C333:122T	61.5	31	359	64.9	64.8	52.2	21.9	1.9
52D	C288:20T	C333:122T	97.8	46	449	76.1	54.0	40.9	16.8	2.3
36D	C288:20T	Autofecundada	79.0	43	308	69.1	54.1	45.7	17.1	1.9
Promedio de palmas Duras			79.0	46	385	69.1	57.3	47.4	18.7	2.1
13T	C288:20T	Autofecundada	110.8	54	411	64.4	86.0	43.3	24.0	3.8
40T	C288:20T	Autofecundada	83.7	48	411	49.1	80.9	45.4	18.0	2.2
64T	C288:20T	Autofecundada	81.5	62	438	72.2	87.9	44.3	28.1	3.3
67T	C288:20T	Autofecundada	66.3	68	408	60.6	84.7	45.8	23.5	2.2
12T	C288:20T	C333:122T	64.2	54	422	76.6	79.1	49.8	30.2	2.8
16T	C288:20T	C333:122T	48.9	48	429	75.6	81.9	46.3	28.6	2.0
22T	C288:20T	C333:122T	83.0	42	390	67.0	77.8	49.6	25.9	3.1
Promedio de palmas Teneras			76.9	54	416	66.5	82.6	46.3	25.5	2.8
Promedio	C288:20T	C333:122T	88.3	60	442	65.5	79.4	44.7	23.2	2.9
Promedio	C288:20T	Autofecundada	69.2	69	427	59.3	85.6	40.9	20.8	2.1
Promedio población RC_1F_1			104.2	59	403	66.2	79.5	43.8	23.1	3.4
Testigo AVROS D x P			178.9	71	549	70.6	80.3	41.4	23.5	6.0

RC = retrocruzamiento; F = generación filial; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

Tabla 5 Primer intento de producir semillas usando recombinantes de compacta RC₁F₁ cruzados con varias poblaciones guineensis (Datos de los segregantes Tenera únicamente)

Variedad	Cruces	Palmas	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
RC ₁ F ₁ x Calabar (D x T)	4	103	162.6	97	546	71.1	77.0	46.8	25.6	6.0
RC ₁ F ₁ x Calabar (T x T)	5	50	146.0	94	544	69.2	79.9	48.4	26.8	5.6
RC ₁ F ₁ x La Mé (T x T)	2	24	174.0	97	565	69.4	74.8	46.1	23.9	5.9
RC ₁ F ₁ x La Mé (D x T)	4	90	162.0	98	557	66.5	76.5	49.0	24.9	5.8
Deli x RC ₁ F ₁ (D x T)	4	57	155.2	93	532	69.9	77.3	46.4	25.1	5.6
RC ₁ F ₁ x AVROS (D x T)	1	32	181.0	98	581	71.1	77.5	46.4	25.5	6.6
Promedio			158.4	95	549	68.9	77.5	47.6	25.4	5.7
RC ₁ F ₁ x Eg Total	15	428	161.8	96	549	69.2	77.0	47.3	25.2	5.8
Deli x AVROS (D x P)	1	56	229.4	156	642	69.6	86.7	48.6	29.3	9.6

Nota: Diseño experimental de Anillos Hexagonales; RC = retrocruzamiento; F = generación filial; Eg = *Elaeis guineensis*; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas

segunda generación filial RC₁F₂, la cual fue originada de intercruzar las cinco palmas compactas duras y las siete teneras descritas en la Tabla 4. Estas palmas también fueron cruzadas con pisíferas compactas RC₁F₁ de la primera generación filial. Las características de estos cruzamientos se presentan en la Tabla 6 y a pesar de que no se los comparó con un testigo guineensis D_xP, nuevamente los resultados no fueron promisorios.

Segundo ciclo de retrocruzamiento

Un segundo ciclo de retrocruzamiento (RC₂) fue generado con las dos palmas seleccionadas RC₁ del primer ciclo descritas en la Tabla 3, las cuales fueron cruzadas con guineensis parentales Deli x AVROS, Bamenda, Ekona, Nigeria y guineensis parentales AVROS puros. La razón por la cual se avanzó a un segundo ciclo de retrocruzamiento fue el hecho de que el carácter de compacta se mantuvo consistentemente en las diferentes combinaciones genéticas del primer ciclo, a pesar de la dilución de los genes oleífera. Esto significa que la introgresión de genes guineensis por retrocruzamiento constituyó una buena opción

para seguir mejorando la baja productividad de racimos frescos y aceite observados en el primer ciclo (Tablas 5 y 6).

Con el objetivo de introgresar genes de compacta en una variedad comercial guineensis uniforme y estable, se consideró una buena opción usar parentales guineensis Deli x AVROS con 50% de genes Deli, Ekona y AVROS puros, manteniendo siempre el objetivo de aumentar la frecuencia de genes guineensis deseables en las variedades de compacta del primer ciclo. La excepción fue el uso de líneas parentales Bamenda, como fuente de nuevos genes guineensis, en virtud de ser un material genético no tan extensamente manipulado como las variedades comerciales y que podría generar nuevas combinaciones interesantes (Tabla 7).

La productividad de racimos frescos (RF) y la calidad del racimo fueron substancialmente mejoradas en el segundo ciclo de retrocruzamiento. Las progenies compactas de este ciclo con apenas 6.25% de genes se acercaron al nivel del testigo D_xP Deli x AVROS. Las combinaciones con Bamenda fueron particularmente superiores (Tabla 7).

Tabla 6 Segundo intento de producir semillas usando la población compacta RC₁F₂ (Datos de los segregantes Tenera únicamente)

Tipo de Cruce	Palmas	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
T x P	60	127.9	74	435	67.0	79.5	42.6	22.6	4.1
T x T	71	115.9	73	395	66.1	78.3	43.2	22.3	3.7
T x D	74	83.3	82	414	69.3	78.0	42.4	22.9	2.7

RC = retrocruzamiento; F = generación filial; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

La altura del tronco y el largo de la hoja de las compactas RC₂ del segundo ciclo de retrocruzamiento se mantuvieron menores que el testigo D x P AVROS en todas las combinaciones genéticas (Tabla 7). Estos resultados llevaron a constituir la primera generación filial RC₂F₁, la cual fue originada de autofecundaciones de palmas duras y teneras elite RC₂ y de cruza-

mientos de estas palmas con pisíferas hermanas RC₂, con el objetivo de intentar producir semillas por la tercera vez (Tabla 8).

La calidad de los racimos fue mejorada en las compactas Tenera RC₂ que recibieron genes Ekona, particularmente el mesocarpio (M/F) y el aceite en el fruto (A/F), resultaron superiores

Tabla 7 Segundo ciclo de retrocruzamiento (RC₂) usando palmas elite RC₁ cruzadas con varias líneas paternas guineensis (Datos de los segregantes Ténera únicamente)

Progenitor Femenino	Progenitor Masculino	Cruces	Palmas	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
Deli x AVROS T	RC ₁ T	7	852	135.2	52	497	68.7	81.4	45.6	25.4	4.9
RC ₁ T	AVROS P	1	169	141.4	60	463	71.3	73.9	46.2	24.3	4.9
Bamenda T	RC ₁ T	2	57	139.5	54	491	65.5	80.9	49.3	26.1	5.2
Ekona T	RC ₁ T	4	841	134.9	53	508	66.6	83.7	49.6	27.6	5.3
Testigo Deli x AVROS D x P		1	561	175.1	79	570	70.0	81.5	44.9	25.6	6.4

RC = retrocruzamiento; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

Tabla 8 Recombinantes compactos elite RC₂ comparados con el testigo D x P Deli x AVROS

Tipo	Origen	Palmas	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
Duras	D. AVROS T x RC ₁ T	5	131.1	49	537	72.6	58.9	55.9	22.5	4.2
Duras	Ekona T x RC ₁ T	5	156.7	56	489	74.8	58.4	55.0	23.1	5.3
Teneras	D. AVROS T x RC ₁ T	8	131.1	54	506	70.4	81.4	51.3	28.2	5.3
Teneras	Ekona T x RC ₁ T	7	144.3	57	511	68.6	87.3	53.9	30.6	6.3
AVROS D x P		561	175.1	79	570	70.0	81.5	44.9	25.6	6.4

RC = retrocruzamiento; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

Tabla 9 Tercer intento de producir semillas usando la población compacta RC₂F₁. Resultados de las pruebas de progenie usando palmas Duras elite RC₂F₁

Palma	Cruces	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
187D	5	127.9	54	513	82.3	7.4	48.5	27.6	5.1
485 D	5	140.2	58	524	79.9	8.3	51.0	27.3	5.5
493D	5	110.0	47	492	84.4	6.4	54.4	31.3	5.1
494D	1	153.1	57	528	85.6	6.2	53.2	30.4	6.8
173D	2	133.6	54	507	85.1	6.6	54.0	30.2	5.9
220D	4	122.9	41	499	79.6	8.0	50.0	26.8	4.7
233D	3	121.7	53	504	79.9	8.4	49.5	26.9	4.7
298D	3	115.4	42	480	80.9	7.6	50.0	26.8	4.6
59D	2	117.2	44	504	81.0	7.3	52.2	28.3	4.8
Promedio		126.9	50	506	82.1	7.4	51.4	28.4	5.2
AVROS D x P		158.6	86	637	85.7	7.5	46.0	27.4	6.2

RC = retrocruzamiento; F = generación filial; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

al testigo DxP Deli x AVROS. A nivel de palmas compactas RC₂ individuales, se destacan las palmas 494D y 173D (Tabla 9).

Tal como se comentó anteriormente, el carácter de compacta se mantuvo en el segundo ciclo; el tronco fue en promedio 36 cm más corto y las hojas 131 cm más cortas que el testigo DxP AVROS (Tabla 9). Cabe indicar que las diferencias de la altura del tronco con el testigo de palmas compactas individuales, pueden ser mucho mayores con la edad, tal como se comenta más adelante. Igualmente, palmas compactas individuales pueden tener hojas considerablemente más cortas que el testigo.

Con base a los resultados satisfactorios encontrados en el segundo ciclo, en 2002 se inició finalmente la producción de semillas comercial

de compacta RC₂F₁, como una alternativa de sembrarlas a 180 palmas por hectárea en regiones donde la radiación solar es mayor a 400 langleys/día (cal/cm²/día) y a 160 palmas por hectárea en regiones con menor radiación solar que el nivel indicado.

Tercer ciclo de retrocruzamiento

Los resultados satisfactorios obtenidos con la población RC₂F₁ del segundo ciclo, condujeron a establecer un tercer ciclo de retrocruzamiento (RC₃) usando palmas compactas elite RC₂ cruzadas con varias líneas avanzadas de guineensis (Tabla 10). En términos de producción de racimos frescos (RF) y aceite por hectárea (A/ha), las palmas compactas RC₃ del tercer ciclo mostraron un nivel satisfactorio y similar al testigo DxP Deli x AVROS (P<0.05). El mesocarpio

Tabla 10 Pruebas de progenie del tercer ciclo de retrocruzamiento usando palmas compactas elite RC₂ cruzadas con varios orígenes guineensis (Datos de los segregantes Ténera únicamente)

Tipo de Cruce	Cruces	Palmas	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
RC ₂ T x AVROS T	6	157	160.7	103	587	69.0	84.0	49.7	28.8	6.8
RC ₂ T x Ekona T	3	94	171.6	93	610	67.8	84.3	51.5	29.5	7.2
RC ₂ T x Nigeria T	5	122	163.1	92	576	67.5	82.7	48.8	27.3	6.4
RC ₂ T x Calabar T	6	152	161.8	84	580	70.7	80.7	49.5	28.3	6.5
RC ₂ T x La Me T	3	96	172.2	81	578	69.2	73.5	45.3	23.1	5.7
RC ₂ T x Yangambi T	5	133	147.9	92	575	68.7	80.3	56.2	31.0	6.6
Promedio:			162.9	91	584	68.8	80.9	50.2	28.0	6.5
Deli x AVROS D x P	1	32	180.2	113	682	66.4	85.4	45.7	25.9	6.7

RC = retrocruzamiento; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.

Tabla 11 Diferencias promedio de la altura del tronco y largo de la hoja entre palmas compactas RC₁F₁ y el testigo DxP AVROS

Edad (años)	T (cm)	LH (cm)
3	0	113
4	5	120
5	16	99
6	61	92
7	92	111
8	129	114

RC₁F₁ = primer ciclo de retrocruzamiento, generación filial uno; T = altura del tronco; LH = largo de la hoja.

Tabla 12 Rendimiento promedio de compactas del tercer ciclo (RC₃) en Honduras comparadas con dos testigos DxP guineensis

Varietal RC ₃	RF	NR	R	RF Ac.
RC ₂ D x Calabar P	22.7	18	8.0	90.6
RC ₂ D x Ekona P	21.7	18	7.7	86.7
RC ₂ D x La Me P	21.9	18	7.6	87.5
RC ₂ D x Tanzania P	23.0	18	7.9	92.2
Promedio:	22.3	18	7.8	89.3
Deli x Ekona P	19.5	14	8.5	78.1
Deli x La Me P	21.2	16	8.5	84.7

RC = retrocruzamiento; D = Dura; P = Pisifera; RF = toneladas/racimos frescos/hectárea/año; NR = número de racimos/palma/año; R = peso promedio del racimo; RF = rendimiento de racimos frescos acumulado en un periodo de tres años después de la siembra en toneladas.

Fuente: Exceli Arias, San Alejo, Honduras.

en el fruto (M/F) y el aceite en el mesocarpio (A/M) fueron mejorados notablemente (Tabla 10).

A pesar que las palmas compactas del tercer ciclo tuvieron su carga de genes oleífera reducida a solamente 3.25%, ellas continuaron mostrando el carácter de compacta (tronco + hojas cortas) a los 55 meses después de la siembra, con troncos y hojas que en promedio fueron 22cm y 98 cm más cortas que el testigo respectivamente. La aparente pequeña diferencia promedio de 22 cm la altura del tronco, se torna más relevante a medida que la palma envejece, pudiendo llegar a ser alrededor de hasta 1.5 m a la edad de 8 años. Por otro lado, la diferencia en el largo de las hojas de las compactas comparadas con el testigo es más consistente con la edad y se sitúa dentro de un rango de 90 a 120 cm. Lógicamente palmas compactas individuales mostrarán diferencias en el largo de la hoja aun mayores a las mencionadas (Tabla 11).

En Honduras, los resultados de un ensayo semicomercial de 25 ha, establecido para evaluar 44 cruzamientos de compacta RC₃ del tercer ciclo y dos variedades comerciales como testigo, confirman que el potencial de producción de racimos frescos (RF) de las compactas RC₃ es alto, durante los tres primeros años de la fase productiva y a una densidad de 160 palmas por hectárea (Tabla 12). Las mejores combinaciones RC₃ resultaron con líneas parentales guineensis de origen Tanzania y Calabar, las cuales fueron superiores a las variedades comerciales guineensis D x P Deli x Ekona y Deli x La Mé. La diferencia de producción de RF de la variedad RC₃ Tanzania

comparada con el testigo guineensis D x P Deli x Ekona fue significativa (P < 0.05). Se espera que en este ensayo las variedades compactas RC₃ van a producir gradualmente más RF que los testigos comerciales D x P cuando la competencia por luz de los testigos se torne más severa con la edad, por tener hojas más largas que las compactas RC₃ a la densidad de 160 palmas por hectárea.

De una manera general, las variedades compactas RC₃ producen racimos más pequeños y más numerosos que las variedades testigo (Tabla 12). Esta característica es ventajosa, según la tendencia actual de la industria de preferir manejar racimos pequeños; también varios artículos recientes sobre mejoramiento genético indican que las variedades más productivas son aquellas que tienen racimos pequeños pero más numerosos.

Clones de palmas compactas

Una ventaja importante del método de retrocruzamiento, que en este caso fue usado para fijar genes de compacta, es la posibilidad de seleccionar palmas compactas individuales de alto rendimiento dentro de las varias poblaciones generadas con el propósito de clonaras. La principal ventaja de la clonación, teniendo en mente la producción masiva de copias exactas de palmas especiales como las compactas, es la de fijar características deseables en forma más eficiente que por los métodos tradicionales de mejoramiento por semillas. Por otra parte, la clonación permite reproducir palmas superiores sin prestar mucha importancia al origen de las

Tabla 13

Rendimiento potencial de clones de compacta RC₃ comparados con un testigo D x P AVROS control. Ensayo CB9702, siembra 1997

Clon	RF	T	LH	F/R	M/F	A/M	A/R	A/ha
423T	161.5	62	606	72.7	75.7	45.2	24.9	6.8
217T	179.8	65	573	69.4	83.5	54.7	31.7	9.7
135T	112.4	80	524	69.7	80.7	54.9	30.9	5.9
514T	210.2	83	574	65.6	85.0	46.5	25.9	9.3
465T	125.1	97	541	70.3	84.9	50.9	30.4	6.5
273T	136.5	74	606	68.7	86.3	56.9	33.7	7.8
367T	116.6	64	539	65.1	80.7	49.2	25.8	5.1
Promedio:	148.9	75	566	68.8	82.4	51.2	29.0	7.3
D x P AVROS	163.2	95	646	70.7	84.6	47.5	28.4	7.9

RC = retrocruzamiento; RF = kg/racimos frescos/palma/año; T = altura del tronco en cm; LH = largo de la hoja en cm; F/R = fruta en el racimo %; M/F = mesocarpio en el fruto %; A/M = aceite en el mesocarpio %; A/R = aceite en el racimo %; A/ha = aceite/ha/año en toneladas.



mismas, lo que aumenta enormemente las probabilidades de consolidar clones comerciales de alta productividad.

Aparte de considerar como prioridad el carácter de compacta (tronco + hojas cortas), para la selección de ortets superiores se consideró un estándar mínimo de 150 kg/palma/año de producción de RF y una buena composición del racimo, principalmente con un contenido mínimo de mesocarpio en el fruto de 85% y un mínimo de aceite en el fruto de 50%. Sin embargo, se incluyeron algunos clones subestándar para verificar la repetibilidad de las principales características que se desean reproducir en los clones.

No se discutirá en detalle la evaluación de clones de compacta en el presente trabajo, ya que este tema es cubierto ampliamente en otro artículo. A manera de ilustración general del potencial de los clones de compacta, se presentan los resultados del ensayo CB9702, el cual fue establecido para evaluar siete clones de compacta a una densidad de 170 palmas por hectárea (Tabla 13).

Dos clones de compacta resultaron sobresalientes: 217T y 514T, los cuales fueron más productivos que el testigo DxP AVROS, tanto en producción de racimos frescos (RF) y aceite por hectárea (A/ha). El clon 217T mostró un alto contenido de aceite en el mesocarpio (O/M) por encima del 50%, característica que hizo que este clon rindiera más aceite por hectárea que el clon 514T, 9.7 vs. 9.3 t respectivamente, a pesar de

tener menor producción de RF, 179.8 vs. 210.2 kg/palma/año. El clon 273 mostró un rendimiento similar al testigo ($P < 0.05$), nuevamente debido a su alto contenido de aceite en el mesocarpio de 56.9% más que a la producción de racimos frescos (Tabla 13) El resto de los clones compactos tuvieron un desempeño inferior al testigo DxP. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Soh (1986) y Soh *et al.* (2001), quienes señalan que a pesar de seleccionar ortets de poblaciones genéticas avanzadas, existe la necesidad de conducir pruebas de campo para constatar su valor comercial.

El hecho de no haber encontrado anomalías en el experimento CB9702 hace que la producción de clones para plantaciones comerciales sea una realidad viable. Más de 80,000 ramets de clones compactas van a ser producidos en 2003 y se espera que en 2004 la producción sea incrementada a 150,000 ramets. ASD de Costa Rica (Agricultural Services & Development) produce clones a partir de inflorescencias desde el inicio del programa en 1990 (Guzmán, 1995). Hasta el momento la técnica de clonaje por inflorescencias ha sido satisfactoria y segura.

La mayoría de los clones conservaron el carácter de compacta (tronco + hojas cortas), mostrando en promedio troncos 20 cm más cortos y hojas 80 cm más cortas que el testigo DxP AVROS a la edad de 51 meses después de la siembra. Tal como se mencionó antes, la diferencia en la altura del tronco es más evidente con la edad, cuando la competencia entre palmas va ciertamente a

Tabla 14

Correlaciones lineales de algunas características de ortets compactas y sus respectivos ramets (ortet + ramets = clon)

Palma	Altura del tronco (cm)		Largo de la hoja (cm)		Mesocarpio en el fruto (%)	
	ORTET	CLON	ORTET	CLON	ORTET	CLON
C9255:423T	127	62	630	606	79.1	75.7
C9235:217T	119	65	652	573	84.7	83.5
C9268:135T	176	80	579	524	80.9	80.7
C9235:514T	211	83	597	574	83.8	85.0
C9268:465T	228	97	588	541	86.8	84.9
C9269:273T	169	74	726	606	89.0	86.3
C9269:367T	147	64	575	539	82.8	80.7
Correlación (r²)	0.951		0.791		0.904	
Probabilidad	P < 0.05		P < 0.05		P < 0.05	

afectar más a los materiales DxP de semillas plantados a la densidad de 170 palmas/ha que a las palmas compactas.

La altura del tronco, largo de la hoja y el mesocarpio en el fruto (M/F) resultaron ser características repetibles en los clones (r^2 , $P < 0.05$) (Tabla 14). Por otra parte, para los parámetros de producción de racimos frescos (RF), aceite en el mesocarpio (A/M), aceite en el racimo (A/R) y aceite por hectárea (A/ha), la correlación entre ortets y clones no fue significativa. El clon más productivo (217T), tuvo una de las menores alturas del tronco (65 vs. 95 cm del testigo) y sus hojas también fueron cortas (573 vs. 646 cm del testigo). Este resultado confirma que el carácter de compacta fue efectivamente fijado, usando el método de retrocruzamiento. Sin embargo, no todos los clones mostraron el carácter de compacta, por ejemplo el clon 465T tuvo una altura similar al testigo (97 vs. 95 cm) y consistentemente tuvo el tronco más largo en el experimento CB9702 (Tabla 13), confirmando que este parámetro es altamente repetible en los clones.

Conclusiones

1. Después de treinta años de investigación continuada y tres ciclos de mejoramiento genético, fue posible fijar satisfactoriamente el carácter de compacta (tronco corto y hojas cortas) en diferentes líneas utilizando el método de retrocruzamiento.
2. A pesar de que se desconoce qué genes determinan el carácter de compacta, los resultados alcanzados en la reproducción del fenotipo de compacta, indican que probablemente sean pocos los genes involucrados.
3. Considerando que la palma compacta fue originada de un híbrido inter-específico, es probable que los genes de compacta se originaron del ancestro oleífera, lo que llevó a la selección de recombinantes especiales a pesar de que la frecuencia de genes oleífera fue paulatinamente reducida de 25% en la palma compacta original a solamente 3.125% en el tercer ciclo de retrocruzamiento.
4. Sin duda, las técnicas modernas de biotecnología, como el uso de marcadores moleculares, podrían haber aliviado el enorme esfuerzo puesto en el manejo de los ensayos de campo y los años gastados de investigación empleados por el uso de métodos clásicos de mejoramiento genético. Para la continuación del programa de mejoramiento genético de la palma compacta, se necesita implementar técnicas de mejoramiento genético por marcadores moleculares, para lograr una selección más precisa de progenitores y ortets y para la reducción de los costos de investigación.
5. Tanto las nuevas variedades compactas de semillas como los clones de compactas, constituyen una buena alternativa para incrementar la densidad de siembra, con el objetivo de aumentar la productividad por hectárea. Los nuevos materiales de compacta pueden ser sembrados en densidades de 160 a 200 palmas por hectárea, dependiendo de las condiciones agroclimáticas de cada zona de cultivo en particular.

Agradecimientos y Reconocimiento

Los autores desean reconocer las contribuciones del Dr. D. L. Richardson y el Ing. F. Sterling, por el diseño de la estrategia de mejoramiento genético y la selección de parentales, lo que hizo posible el desarrollo de las nuevas variedades y clones de compacta; a la Ing. Nidia Guzmán, quien hizo una realidad la producción de clones de compacta de inflorescencia; al Ing. Francisco Peralta, por sus estudios agronómicos para facilitar el uso de clones por los productores de palma de aceite, y al Dr. Carlos Chinchilla por sus consejos en la revisión del manuscrito. ☼

Bibliografía

- ADON, B.; COCHARD, B.; FILORY, A.; POTIER, F.; QUENCEZ, P.; DURAND-GASEELIN, T. Introgression of slow vertical growth in improved oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) populations. In: *Proc. 2001 International Palm Oil Congress. – Agriculture*, pp. 210-217, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur.
- BLAAK, G.; SPARNAAIJ, L.D.; 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.
- FASOULAS, A. 1976. Principles and methods of plant breeding. Department of Genetics and Plant Breeding. Aristotelian University of Thessaloniki – Greece. Publication no. 6, 55 pp.



- GUZMÁN, N. 1995. Present status of clonal propagation of oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. in Costa Rica by culture of immature inflorescences. ISOPOB Conference, Barranquilla, Colombia, 7-9 June, 1995.
- JAGOE, R.B. 1952 The "Dumpy" oil palm. Malay. Agric. J. 35: 12-21.
- SOH, A.C. 1986. Expected yield increase with selected oil palm clones from current DxP seedling materials and its implication on clonal propagation, breeding and ortet selection. *Oleagineux*, 41, p. 51-56.
- SOH A.C.; WONG, G.; TANG, C.C.; CHEW, P.S.; HOR, T.Y.; CHONG, S.P.; GOPAL, K. 2001. Recent advances towards commercial production of elite oil palm clones. In: *Proc. 2001 Int. Palm Oil Congr. - Agriculture*, pp. 33-44, Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur.
- STERLING, F.; RICHARDSON, D.L.; CHAVES, C. 1991. Honeycomb and randomized block designs for selection among oil palm progenies. In: International Oil Palm Conference. Progress, Prospects & Challenges Toward 21st Century. Palm Oil Research Institute of Malaysia. Kuala Lumpur. 48-57 pp.
- 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. 135-146 pp.
- OBASOLA, C.O.; OBESESAN, I.O.; OPUTE, F.I. 1976. Breeding of short stemmed oil palm in Nigeria. Int. Agric. Oil Pam Conference, Kuala Lumpur.
- RAJANAIDU, N.; JALANI, B.S.; KUSHAIRI, D.; RAFII, M.Y.; MOHD DIN, A.; MAIZURA I.; DAURUS, A. 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.
- RAJANAIDU, N.; KUSHAIRI, D.; RAFII, M.Y.; MOHD DIN, A.; MAIZURA, I.; ISA, Z.A.; JALANI, B.S. 2000. Oil palm genetic resources and their utilization - a review. International Symposium on Oil Palm Genetic Resources and utilization. Eds RAJANAIDU N. and ARIFFIN D. 8-10 June 2000. Kuala Lumpur. Malaysia.
- 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.; NGUI, M. 1983. A critical re-examination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. Palm Oil Res. Inst. Malaysia. *PORIM OCC. Paper 9*: 1-28.