Materiales futuros de siembra para la industria de la palma de aceite

Future planting materials to the oil palm industry

N. Rajanaidu 1

RESUMEN

El actual material de siembra de palma de aceite está principalmente dominado por los cruzamientos Deli X AVROS, Deli X Yangambi, Deli X Ekona, Deli X La Me y Deli X URT (Chemara). Nuevos tipos de materiales de siembra están siendo desarrollados, empleando el extenso germoplasma de palma de aceite adquirido por el Malasyan Oil Palm Board (MOPB) durante los últimos veinticinco años. Estos materiales han sido seleccionados teniendo en cuenta la producción de aceite, contenido de palmiste, altura, índice de cosecha, la composición de los ácidos grasos, el caroteno y la vitamina E. Las palmas élite de estas colecciones han sido utilizadas para desarrollar nuevos materiales de siembra para enanismo (PS1), aceite altamente insaturado (PS2), alto contenido de palmiste (PS3). En el futuro se desarrollarán materiales de siembra con alto contenido de caroteno (PS4) y vitamina E (PS5).

SUMMARY

The current oil palm planting material is largely dominated by Deli x AVROS, Deli x Yangambi, Deli x Ekona, Deli x La Me and Deli x URT (Chemara). New types of planting materials are being developed using the extensive oil palm germplasm acquired by Malaysian Palm Oil Board (MPOB) over the past twenty five years. These materials have been screened for oil yield, kernel content, height, harvest index, fatty acid composition, carotene, and Vitamin E. The elite palms from these collections have been used to develop new planting materials for dwarfness (PS1), high unsaturated oil (PS2), high kernel content (PS3). In future, planting materials with high carotene (PS4) and vitamin E (PS5) will be developed.

Palabras claves: Palma de aceite. Mejoramiento genético. Materiales de siembra. Semillas.

1 Malasyan Palm Oil Board (MPOB) P.O. Box 10620, 50720 Kuala Lumpur, Malaysia.

INTRODUCCIÓN

Hace ciento cincuenta años, se introdujo la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el Sureste Asiático mediante la siembra de cuatro palmas en los Jardines Botánicos de Bogor, Java, Indonesia. Estas cuatro palmas 'Bogor' formaron el inventario básico conocido como la población 'Deli *dura*' en el mejoramiento de la palma de aceite. Posteriormente, un número limitado de accesiones *ténera/pisífera* fueron introducidas en el Sureste Asiático desde África (Hardon y Thomas 1968). Aproximadamente el 90% de la producción de material de siembra de palma de aceite se basa en las Deli *dura*.

La necesidad de tener una base genética adecuada para lograr una selección efectiva en un programa de mejoramiento es bien conocida. Por lo general se reconoce que la estrechez en los "pool" genéticos efectivos ha sido el principal obstáculo para el rápido avance de la selección. Fue precisamente la preocupación por esta situación la que llevó al impulso inicial en la propección de nuevos materiales genéticos de palma de aceite (Hardon 1974). La producción actual del material de siembra se basa en las Deli *dura* (como madres) y AVROS, Yangambi, URT (Chemara), Ekona WT y La Mé (CIRAD) *pisífera* como padres. Existe el deseo de ampliar la base genética de los actuales materiales de siembra. Sin embargo, el desarrollo de nuevos tipos de materiales de siembra de palma de aceite depende de la disponibilidad de la variabilidad genética dentro de las poblaciones existentes de palma de aceite para las distintas características de interés.

Este artículo describe el desarrollo de las diferentes clases de materiales de siembra utilizando tanto la ingeniería genética como el mejoramiento genético convencional.

DESARROLLO DE PALMAS ENANAS

Resultados de los ensayos de la progenie Deli *dura* x *ténera* nigeriana

Los actuales materiales de siembra DxP incrementan su altura a una tasa de 40-75 cm

por año, por lo tanto la cosecha se dificulta después de 20 años. Dentro de las poblaciones de palma de aceite existe un número de genotipos disponibles para producir palmas enanas. La dumpy E206 tiene unos genes que producen un incremento en altura extremadamente bajo y esta característica ha sido introducida a las *pisífera* para producir materiales de siembra DxP más bajos (Soh et al. 1981). El material de siembra comercial producido mediante el cruzamiento de dumpy AVROS *pisífera* con Deli *dura* es aproximadamente 20% más bajo, aunque en rendimiento es comparable a la Deli *dura* superior x AVROS *pisífera*. Actualmente se está cruzando la *Elaeis oleífera* (H.B.K.) Cortes con *E. guineensis* Jacq. para producir unos híbridos interespecíficos extremadamente bajos (Hardon y Tan, 1969). Sin embargo, el rendimiento de aceite de estos híbridos es desalentador debido a la mala formación de frutos. También es posible producir híbridos bajos y compactos mediante un programa de retrocruzamientos de *E. guineensis* y *E. oleífera*. Estas palmas están siendo propagadas vegetativamente en ASD Costa Rica (Sterling et al. 1988). Recientes colecciones del PORIM en Nigeria suministraron una fuente importante de palmas enanas para el mejoramiento a partir de la población 12 (Tabla 1).

La elite de *téneras* nigerianas enanas pasó por la prueba de progenie con la industria Deli *dura* en la forma de cruzamientos DxT o TxD. Las

Tabla 1. Palmas *ténera* nigerianas del PORIM con alto rendimiento

Ensayo No.	Familia	Palma No.	Aceite/año palma/ (kg.)	Aceite/ ha/año (t)	Altura cm/año
0.149	28.17	12724	83,8	12,1	23,1
0.149	19.11	12279	75,9	11,2	21,5
0.149	13.05	12094	76,2	11,2	24,0
0.150	16.21	4352	70,3	10,4	24,9
0.150	19.13	3759	71,5	10,5	22,5
0.151	14.03	128	59,0	8,7	25,7
0.149	12.01	2577	62,4	9,2	19,0
0.149	12.01	2704	62,7	9,2	17,5
0.149	12.01	11525	64,3	9,5	14,0
Actual material de siembra				5,00	45 – 75

teneras nigerianas y las *Deli dura* involucradas en el programa de cruzamientos DxT también fueron auto-fecundadas. Con base en los resultados de las pruebas de progenie, las respectivas autofecundaciones pueden ser empleadas para la producción de semillas por parte de los fitomejoradores comerciales, utilizando los principios de la selección recurrente recíproca (SRR).

Las Tablas 2 y 3 muestran las pruebas de las *Deli duras* de FELDA con las *teneras* nigerianas. Las combinaciones de alto rendimiento son las E23 y E27 derivadas de las Ulu Remis *Deli duras* con las palmas nigerianas 3207 (19.06) y 1791 (18.08), respectivamente. La relación aceite racimo es cercana al 28% (Tabla 2). El cruzamiento sobresaliente (F12) en la Tabla 3 es entre Elmina *Deli dura* y la palma nigeriana 1928 (14.05), con

un promedio de rendimiento de 245 kg y una relación aceite/racimo del 32,9%. Generalmente, los cruzamientos del PORIM basados en las nigerianas son del 15 al 20% más bajas que los cruzamientos *Deli dura* x AVROS.

Introgresión de los genes nigerianos del PORIM para enanismo en las *Deli dura*

Para ampliar la base genética de las actuales *Deli dura*, se hicieron cruzamientos entre las *dura* nigerianas y las *Deli dura* de United Plantations (UP). Los intercruzamientos entre las *Deli dura* y las *dura* nigerianas muestran que el rendimiento de RFF es comparable o más alto que el del testigo DxP, debido al vigor híbrido. Generalmente, las palmas híbridas son más bajas (Tabla 4).

Tabla 2. Prueba de Progenie: *Deli duras* de la industria x nigeriana T (Promedio del rendimiento de 5-6 años). Sg. Tekam, Pahang: Sembrada 89/90.

Prog.	Pedigri	♀	♂	RFF (kg/palma /año) (promedia)	RFF (kg/palma /año) 1997	A/R (%)	P/R (%)	Incremento en altura (cm/año)
DT 5	FK 41 x 150/1269 (10-15)	URD	NPM	158,8	211,8	28,0	5,0	46
E 23	FK 41 x 150/3207 (19-06)	URD	NPM	170,0	218,5	27,5	4,1	42
E 25	FK 40 x 150/3207 (19-06)	URD	NPM	172,3	230,3	25,7	5,0	44
E 27	GA 27 x 150/1791 (18-08)	URD	NPM	153,9	224,8	27,7	3,9	46
E 29	FR 48 x 150/2793 (9-03)	URD	NPM	169,0	230,4	28,2	5,1	45
Testigo DxP				-	180,0	25,0	4,0	75

Tabla 3: Prueba de Progenie: *Deli dura* de FELDA x *teneras* nigerianas (3-4 años de rendimiento). Kota Gelanggi, Pahang: Sembradas en 1991.

Prog.	Pedigri	♀	♂	RFF (kg/palma /año)	A/R (%)	P/R (%)	Incremento en altura (cm/año)
E 41	CEC 181 x 149/1928 (14-05)	IRHO	NPM	196,0	27,7	6,1	56
E 34	CCL 86 x 149/1928 (14-05)	Banting	NPM	175,6	32,5	2,5	63
F 8	ARO 138 x 151/128 (14-03)	IRHO	NPM	225,8	24,5	5,0	60
F 12	CM 10 x 149/1928 (14-05)	Elmina	NPM	245,0	31,9	4,3	70
F 21	ARK 127 x 150/1931 (19-15)	IRHO	NPM	237,9	26,7	2,7	66
E 33	CDN 53 x 150/6763 (16-21)	IRHO	NPM	199,4	22,7	4,4	62
E 34	CCL 86 x 149/1928 (14-05)	Banting	NPM	186,2	-	-	93
E 39	ARC 138 x 149/1928 (14-05)	IRHO	NPM	181,2	-	-	65
E 40	CDN 53 x 149/12094 (13-05)	IRHO	NPM	192,1	25,3	4,0	71
Testigo (DxP)				180,0	25,0	4,0	75

Tabla 4. Desempeño de los inter cruzamientos entre Deli *dura* de UP y duras nigerianas (1997).

Prog. No.	Pedigrí	Rendimiento						
		No. racimos (por año)	Peso medio del racimo (kg)	RFF (kg/palma/año)	A/R (%)	P/R (%)	LY	Altura (cm/año)
1	Deli 587/12 x 146/151 (32.16)	25,4	10,4	263	15,5	5,3	55,6	131
2	Deli 65/52 x 146/151 (32.16)	27,0	8,7	234	17,8	8,2	54,5	105
3	Deli 587/12 x 971/151 (20.02)	29,6	9,0	266	19,0	6,2	56,8	127
4	Deli 587/12 x 1662/151 (36.07)	27,7	8,5	236	19,0	6,7	56,2	124
5	Deli 34/51 x 1662/151 (36.07)	24,1	8,8	213	21,5	6,6	52,9	136
6	Deli 54/51 x 146/151 (32.16)	21,4	10,8	232	19,9	7,4	52,2	120
	Deli <i>dura</i> x Avros	25,8	9,4	243	24,5	6,6	54,0	139

Programa de Mejoramiento de Palmas Enanas utilizando la Población 12 Nigeriana del PORIM

Inicialmente el PORIM le suministró a la industria de fitomejoradores de palma de aceite 32 *teneras* nigerianas enanas de alto rendimiento para ser ensayadas con las Deli *dura*. Resultados anteriores han demostrado que ciertos cruzamientos son de mayor rendimiento y más bajos que los Deli *dura* x AVROS como testigo.

Durante la selección del material de germoplasma nigeriano, la población única 12 sobresalió por su alto rendimiento, enanismo y ser compacta. Estas palmas se pueden sembrar con mayores densidades de siembra. Varias familias dentro de la población 12 fueron sometidas a prueba de progenie como DxT para crear un nuevo inventario base. Los resultados de estos cruzamientos aparecen en la Tabla 5. Algunos de los cruzamientos DxT (población 12) son de alto rendimiento (progenie PK 910) al compararlos con el testigo DxP. La progenie PK

910 es el cruzamiento entre 0.150/5974 (12.04T) x 149/14484 (12.01D). Sin embargo, la relación aceite/racimo (%) es más baja que en el testigo. También se hicieron los cruzamientos TxT dentro de la población 12 para desarrollar *pisíferas* enanas. En la actualidad estos materiales están siendo probados con mayores densidades de siembra.

MEJORAMIENTO PARA OBTENER ACEITE ALTAMENTE INSATURADO (ALTO ÍNDICE DE YODO)

El aceite de palma, semi-sólido a temperatura ambiente (28°C) puede fraccionarse entre 70% de oleína líquida y 30% de estearina sólida. La oleína se vende como aceite para cocinar. La estearina es más difícil mercadear y además tiene un precio más bajo que el aceite de palma crudo.

El objetivo del mejoramiento genético de la palma de aceite es reducir el nivel de estearina y aumentar el de oleína mediante el aumento del

Tabla 5. Resumen del rendimiento de RFF, número de racimos y peso de racimos en las progenies DxT de la población 12 (Feb. 1995-Dic. 1997).

Fecha de siembra : Julio 1992
Ubicación : Kota Tinggi

Progenie No.	RFF (kg) Por palma por año	No. de Racimos /año	Peso de Racimo (kg)	Aceite/ Racimo(%)	Palmista/ Racimo (%)
PK 910 (Mejor cruzamiento) cruzamiento población 12	82,3	18,8	4,4	18,9	9,0
Promedio de 29 cruzamientos población 12	52,6	14,0	3,8	18,9	8,5
Promedio DxP (testigo)	50,4	10,9	4,6	23,2	6,1

índice de yodo (una medida de la insaturación). La composición de ácidos grasos en el aceite de palma producido por los actuales materiales de siembra limita su participación en el mercado de aceite líquido y del aceite para ensaladas. Para estudiar la variación natural y el potencial comercial de las palmas con alto índice de yodo se seleccionaron individualmente más de 3.000 palmas del germoplasma nigeriano en el PORIM. La Tabla 6 muestra el promedio y el rango de selección junto con la composición del actual aceite de palma malasio.

Tabla 6. Variación en la composición de ácidos grasos (%) en el germoplasma nigeriano

Ácidos grasos	Población Nigeriana		Actual DxP	
	Promedio	Rango	Promedio	Rango
C 16:0	38,6	27,4 - 54,8	44,0	41,8 - 46,8
C 18:0	6,2	7,4 - 12,6	4,5	4,2 - 5,1
C 18:1	41,8	27,7 - 55,9	39,2	37,3 - 40,8
C 18:2	10,8	6,5 - 17,6	10,1	9,1 - 11,0
I.Y.	54,7	43,8 - 69,8	53,3	51,0 - 55,3

C16:0 palmítico

C 18:0 esteárico

C18:1 oleico

C18:2 linoleico

I.Y. índice de yodo

Muchas palmas individuales tienen índices de yodo por encima de 60 (Tabla 7). Con un fraccionamiento adicional del aceite de palma crudo, la oleína debe tener un índice de yodo cercano de los 70. Las palmas *dura* y *tenera* de

alto rendimiento, con altos niveles de aceites insaturados están siendo desarrolladas para producir aceite de palma crudo con alto índice de yodo (Rajanaidu 1990).

A las *dura* nigerianas con alto índice de yodo, principalmente las 151/971 y 151/1662 se les hizo la prueba de progenie con las *pisíferas* AAR. Las *pisíferas* son Yangambi AVROS

Tabla 8. Resultados de la prueba de progenie de las *dura* nigerianas con alto índice de yodo con *eras* y *teneras* AAR (Oct. 93 - Dic. 97).

Pedigrí	RFF (kg/palma/año)	No. de racimos (por año)	Peso medio del racimo (kg)	A/R (%)	I.Y.
151/971 (D) x 126/37 (P) (20.02)	142,6	20,3	7,0	23,6	57,7
151/971 (D) x 126/12 (T) (20.02)	140,4	19,6	7,2	22,8	59,5
0.151/1662 (D) x 126/37 (P) (36.07)	86,1	19,4	4,6	24,9	-
0.151/1662 (D) x 126/12 (T) (36.07)	118,8	20,1	5,9	24,3	59,0
0.151/1662 (D) x 127/13(T) (36.07)	115,1	19,9	5,8	23,0	-
Testigo DxP	156,2	16,0	9,6	52,7	53

0.126/37 = Yangambi AVROS
0.126/12 = Yangambi AVROS

Tabla 7. Índices de yodo de los padres nigerianos seleccionados y sus progenies

Padres	Índice de yodo	Código de la Progenie	Índice de yodo (Media para Progenies)
0.151/814	61,4	PK 486	61,4
0.151/146	65,4	PK 488	60,0
0.151/1861	61,4	PK 591	61,9
0.151/305	61,4	PK 543	59,0
0.151/971	64,4	PK 549	60,8
0.151/48	61,4	PK 515	64,2
0.151/903	63,9	PK 533	59,5
0.151/1662	66,4	PK 597	58,8
0.151/618	61,2	PK 507	64,6
0.151/128	63,4	PK 540 (1403)	61,6
Material de siembra comercial DxP			52,0

(0.126/37, 0.126/12) y dumpy AVROS 90.127/13, 0.124/5). Estos resultados aparecen en la Tabla 8. La producción de RFF y la relación aceite/racimo de las 151/971 cruzadas con las Yangambi AVROS son ligeramente más bajas que en el testigo. Sin embargo, el índice de yodo de los cruzamientos es más alto (58-59) comparado con 52-53 del material de siembra comercial DxP. En este programa, sólo las *dura* nigerianas fueron seleccionadas por su alto índice de yodo, pero no las AVROS *pisíferas*. Es posible obtener DxP con un índice de yodo de más de 60 si se cruzan las *dura* con alto índice de yodo con las *pisifera* provenientes de las *tenera* nigerianas con alto índice de yodo. La *dura* nigeriana original, la palma 151/971, tenía un alto índice de yodo. A

0.127/13 = Dumpy AVROS
0.124/5 = Dumpy AVROS

esta *dura* nigeriana se le hizo la prueba de progenie con las *tenera* nigerianas 0,151/128 con alto índice de yodo. Los resultados iniciales de estos cruzamientos son bien alentadores. Una vez se terminen los análisis se presentará la totalidad de los resultados.

El índice de yodo de la *E.oleífera* es de aproximadamente 80 y el de la *E.guineensis* es de 50. Los híbridos interespecíficos entre las especies tienen un índice de yodo de 65 (Tabla 9). Sin embargo, los rendimientos de aceite de los híbridos son bajos para las explotaciones comerciales.

Tabla 9. Composición de los ácidos grasos (%) de los aceites de *Elaeis guineensis*, *E.oleífera*, y sus híbridos.

	<i>E.guineensis</i> (Eg)		<i>E.oleífera</i> (Eo)		Híbrido Eo x Eg	
	Aceite de palma	Aceite de palmiste	Aceite de palma	Aceite de palmiste	Aceite de palma	Aceite de palmiste
C6:0	-	0,3	-	0,1	-	0,2
C8:0	-	4,3	-	0,9	-	3,2
C10:0	-	3,7	-	0,8	-	2,7
C12:0	0,3	50,1	-	29,3	-	44,4
C14:0	1,2	15,4	0,2	25,7	0,5	18,6
C16:0	44,3	7,3	18,7	10,1	32,2	8,8
C16:1	-	-	1,6	-	0,2	-
C18:0	4,3	1,8	0,9	1,8	3,2	2,2
C18:1	39,3	14,5	56,1	26,4	51,8	16,3
C18:2	10,0	2,4	21,1	4,5	10,8	3,4
Otros	0,6	0,2	1,0	0,4	0,9	0,2
Índice de yodo	55,0	18,2	85,0	31,5	67,5	21,0

MEJORAMIENTO PARA UN ALTO CONTENIDO DE ACEITE LÁURICO

El aceite láurico es una buena fuente de material para la industria oleoquímica. Las fuentes más importantes de aceite láurico son el coco, el babasu y el palmiste. La industria oleoquímica se está desarrollando a una tasa bastante rápida en Malasia y es probable que la demanda por aceites láuricos aumente en el futuro.

En el germoplasma de Nigeria se observó un nivel significativo de variación en la relación palmiste/fruta(%). Se han identificando palmas nigerianas *dura* de alto rendimiento con una alta relación palmiste/fruto para producir material de siembra con un alto contenido de palmiste (Tabla 10). Se han realizado cruzamientos y las progenies están siendo evaluadas en diferentes ensayos.

DESARROLLO DE MATERIALES DE SIEMBRA PARA ALTO CONTENIDO DE CAROTENO EN LA PALMA DE ACEITE

Existen tres fuentes de caroteno en las palmas de aceite. Existe un nivel considerable de variación para caroteno en *E. oleífera*, *E. guineensis* y sus híbridos. Aunque el rendimiento de aceite en la *E.oleífera* pura es extremadamente bajo comparado con el de la *E. guineensis*, el nivel de caroteno es atractivo para encapsular aceite puro de *E.oleífera* para fines farmacéuticos (Tabla 11). Adicionalmente, la *E.*

oleífera tiene un contenido más alto de vitamina E (total de tocoferoles y tocotrienoles) (Tabla 12) cuando se compara con *E.guineensis*.

El PORIM y FELDA hicieron una selección extensiva de las palmas nigerianas del PORIM para verificar el nivel de caroteno (Tabla 13). El nivel de variación del caroteno en

E.guineensis fue de 273-3512 ppm. En FELDA, algunos de los cruzamientos que involucran las poblaciones 16 y 19 son altos en el nivel de caroteno, aproximadamente por encima de 100 ppm. Es interesante notar que el nivel normal de caroteno en las actuales Deli *dura* es de aproximadamente 500 ppm. En términos generales, el nivel de caroteno en las palmas nigerianas *dura* en el PORIM con una alta relación palmiste/fruto.

Palmas	Progenie	Rendimiento RFF (kg) (1982 - 88)	PF(%)
0.149/7021	3906	168,9	17,7
0.149/3077	4220	171,2	19,3
0.149/14376	4401	197,7	17,7
0.149/1094	4402	162,2	16,2
0.149/3231	4404	174,8	20,4
0.149/10702	4405	167,1	17,1
0.149/10426	4412	189,5	20,0
Actual material de siembra			8 - 11

Tabla 11. Composición (%) de carotenos de aceites de palma provenientes de *Elaeis guineensis*, *E. oleífera* y sus híbridos.

Tipo	<i>E.guineensis</i> (E.g.)	<i>E.oleifera</i> (E.o)	Híbrido Eo x Eg
Fitoene	1,27	1,12	1,83
Cis β -caroteno	0,68	0,48	0,38
Fitoflueno	0,06	Trazas	Trazas
β -caroteno	56,02	54,08	60,53
β -caroteno	35,06	40,38	32,78
Cis- β -caroteno	2,49	2,3	1,37
β -caroteno	0,69	0,36	1,13
β -caroteno	0,33	0,08	0,23
β -caroteno	0,83	0,09	0,24
Neurosporeno	0,29	0,04	0,23
β -Zeacaroteno	0,74	0,57	1,03
β -Zeacaroteno	0,23	0,43	0,35
Licopeno	1,3	0,07	0,05
Total (ppm)	500 - 700	4300 - 4600	1250 - 1800

(Fuente: Jalam et al. 1997)

Tabla 12. Composición (%) de tocoferol y tocotrienoles de aceites de palma provenientes de *Elaeis guineensis*, *E.oleifera* y sus híbridos.

Tipo	<i>E.guineensis</i> (E.g.)	<i>E.oleifera</i> (E.o)	Híbrido Eo x Eg
β - Tocoferol	21	15	19
β - Tocotrienol	23	27	28
β - Tocotrienol	45	54	42
β - Tocotrienol	11	4	15
Total (ppm)	600-1.000	700 - 1.500	600 - 1.600

(Fuente: Jalani et al. 1997)

rales, el germoplasma africano tiene niveles más altos de caroteno, por encima de 900 ppm. El rango del nivel de caroteno en *E.oleifera* es ligeramente más alto que en *E.guineensis*, pero, como se anotó antes, el contenido de aceite es extremadamente bajo. Se ha desarrollado un programa especial de mejoramiento para explotar las *dura* pisíferas nigerianas del PORIM y así desarrollar materiales de siembra con alto contenido de caroteno.

LA INGENIERÍA GENÉTICA Y EL MEJORAMIENTO EN LA PALMA DE ACEITE

Los fitomejoradores dependen de los métodos convencionales de hibridación y selección para

introducir nuevos genes en las plantas se ven enfrentados a diferentes desventajas, como por ejemplo, que los genes deseables pueden estar ligados a puntos (loci) indeseables en el cromosoma y son co-heredados. Por ejemplo, la calidad del aceite en las *E.oleifera* es muy deseable, pero está ligada con características de bajo rendimiento de aceite. Adicionalmente, la clasificación y selección de nuevos genotipos genéticamente estables son extremadamente lentas. Las técnicas de ingeniería genética ofrecen un camino para superar esas restricciones.

El *Bacillus thuringiensis* (B.t), es una bacteria que ocurre de manera natural en el suelo y tiene la capacidad de controlar plagas de insectos lepidópteros. El B.t produce una proteína que afecta el sistema digestivo de los insectos lepidópteros clave, mientras que a los otros insectos, humanos, pájaros y otros animales no les causa daño alguno. Así, a través de la ingeniería genética se puede introducir el gen del B.t. a las plantas para protegerlas de ciertas plagas.

Otro ejemplo es el de Monsanto, que ha desarrollado un algodón con tolerancia al herbicida Bollgard®. El Roundup controla efectivamente una gran gama de pastos y malezas de hoja ancha inhibiendo una enzima que es esencial para el crecimiento de la planta. El gen introducido a estos cultivos tolerantes al herbicida se conoce como Roundup Ready®. Es posible que los cultivos con Roundup Ready® luchen inclusive después de aplicar el Roundup sobre el cultivo en crecimiento para controlar las malezas. Las malezas trepadoras constituyen un problema serio en las plantaciones jóvenes de palma de aceite. A lo mejor, el gen Roundup Ready® incorporado en la palma de aceite protegerá a las palmas jóvenes del herbicida Roundup.

Todavía otro ejemplo es el de Calgene, una compañía de biotecnología en California cuenta con un programa importante de investigación para estudiar los ácidos grasos en las oleaginosas y para agregarle los aceites beneficios nutritivos y otros beneficios al consumidor. Esta compañía ha desarrollado aceite de soja alto en estearato para producir margarinas que no contienen ácidos grasos *trans* y aceite de canola con un alto

Tabla 13. Variación de caroteno en los cruzamientos que involucran *téneras* nigerianas en FELDA.

	Pedigri	Caroteno (ppm)	
		Promedio	Rango
E 39	ARC 138 x 0.149/1928 (DxT) (14.05) (IRHO) (NPM)	959	509 – 1.781
R 3	RA 8 x 0.149/4388 (DxT) (11.19) (Elmina) (NPM)	948	634 – 1.791
RTT	BAE 10 x 0.150/7403 (TxT) (16.05) (La Mé) (NPM)	1.066	440 – 1.787
TT4	BAE 10x 0.150/7403 (TxT) (16.05) (La Mé) (NPM)	929	709 – 1.149
TT9	CEN 144 x 0.150/7403 (TxT) (16.05) (La Mé) (NPM)	1.026	607 – 1.554
GKE	4352 x 0.150/4352 (TxT) (16.21) (NPM) (NPM)	1.183	181 – 2.495
B26	ML 180 x 0.149/1928 (TxT) (14.05) (Yangambi)(NPM)	962	679 – 1.564
H5	NB 7 x 0.149/9747 (TxT) (16.27) (La Mé) (NPM)	1.071	429 – 1.593
M5	CEN 42 x 0.150/5300 (TxT) (19.06) (La Mé) (NPM)	1.039	512 – 1.765

contenido de laureato que podría competir con los aceites de palmiste y de coco.

El PORIM se ha embarcado en un programa importante de ingeniería genética para desarrollar un aceite de palma transgénico y así cambiar la composición de los ácidos grasos. Uno de los objetivos es reducir el nivel actual de ácido palmítico (16:0) de 44 a 10-15% y aumentar correspondientemente el ácido oleico a 70-80% desde 39%. Como primer paso se han identificado dos enzimas claves como responsables de la producción de altos niveles de ácido palmítico en la palma de aceite (Sambanthamurthi et al. 1998). Estas son:

- una tioesterasa aceite de palma crudo palmitoyl muy activa
- una sintasa II aceite de palma crudo keotacyl-de tasa limitante

Los genes para controlar la producción de estas dos enzimas están siendo aislados para transferir el ADN, utilizando la pistola de partículas.

Para poder acelerar el proceso, se espera que la selección asistida de marcadores moleculares de características deseables apremie el programa de

mejoramiento genético en palma de aceite. Los marcadores moleculares, desarrollados actualmente utilizando las técnicas RFLP, RAPD y AFLP pueden estudiar las huellas genéticas de los genotipos de palma de aceite, incluyendo clones, diversidad genética de las poblaciones de palma de aceite natural y así desarrollar mapas de ligamiento molecular (Cheah y Wooi 1995; Mayes et al. 1996). En la actualidad, las características cuantitativas como rendimiento y características de los racimos participan en la construcción de mapas de ligamiento en palma de aceite. Se espera que esto se amplíe rápidamente con características más deseables.

Tanto el caroteno como la Vitamina E pueden llevar a nuevos materiales de siembra.

CONCLUSIONES

Durante los últimos cincuenta años, el mejoramiento genético por mutación, la citogenética y los principios genéticos cuantitativos han sido empleados extensamente a través de técnicas convencionales de mejoramiento de plantas para desarrollar nuevos materiales de siembra en palma de aceite. Se anticipa que en los próximos 50 años la integración del mejoramiento genético convencional de las plantas y la genética molecular, al igual que el cultivo de tejidos, jugarán un papel importante en la diversificación de los materiales de siembra actuales para productos alimenticios y farmacéuticos. El avance aquí mencionado en palma de aceite proporciona un estímulo para un apoyo adicional a la investigación y al desarrollo por parte de la industria.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Director General del PORIM por autorizar la publicación de este documento.

BIBLIOGRAFIA

- CHEAH, S.C.; WOOL, K.C. 1995. Application of molecular markers techniques in oil palm tissue culture. In: V. Rao, I.E. Henson and N. Rajanaidu (Eds.). Recent developments in oil palm tissue culture and biotechnology PORIM, Kuala Lumpur, p 163-170.
- JALANI, B.S.; CHEAH, S.C.; RAJANAIDU, N.; DARUS, A. 1997. Improvement of oil palm through breeding and biotechnology. JAOCS (Estados Unidos) v. 74 no. 11, p. 1451-1455.
- HARDON, J.J.; THOMAS, R.L. 1968. Breeding and selection of oil palm in Malaya. *Oleagineux* (Francia) v.23 no.2, p.85-90.
- HARDON, J.J.; TAN, G.Y. 1969. Inter specific hybrids in the genus *Elaeis*. I and II. *Euphytica* 18, 372 and 380. (Holanda) 18.
- HARDON, J.J. 1974. The Oil Palm, In: J. Leon (Ed.). Handbook of Plant Introduction in Tropical Crops. F.A.O. Rome (Agricultural Studies, no. 93).
- MAYES S.; JAMES C; PRICE Z.; GROVES L.M.; JACK PL; CORLEY R.H.V. 1996. Integration of DNA markers into oil palm breeding programmes, in: Ariffin, D., Mohd Basri, W., Rajanaidu, N., Mohd Tayeb, D., Paranjothy, K., Cheah, S.C., Chang, K.C. and Ravigadevi, S. (Eds.). 1996 PIPOC - Competitiveness for the 21st Century. PORIM, Kuala Lumpur, p 49-54.
- RAJANAIDU, N. 1990. Major developments in oil palm (*Elaeis guineensis*) Breeding, in: Twelfth Plenary Meeting of AETFAT. Proceedings. Hamburg, Germany, p 39-52.
- RAVIGADEVI. S., ABRIZAH OTHMAN AND UMI SALAMAH RAMLI. 1998. Towards understanding the biochemical factors that control oil composition and quality in the oil palm. In: Rajanaidu, N., Henson, I.E. and Jalani, B. (Ed.) 'Oil and Kernel Production - Global Perspective'. Palm Oil Research Institute of Malaysia, pp. 209-239.
- SOH, A C ; VANIAUNGAM, T; TANIPUTRA T; KABUL PAMIN. 1981. Derivatives of the Dumpy Palm: some experimental results. *The Planter* (Malasia) no.57, p.227-239.
- STERLING, F; RICHARDSON, D.L.; CHAVEZ, C. 1988. Some phenotypic characteristics of the descendants of 'QB49: 238', and exceptional hybrid of oil palm. irn1987 International Oil Palm/Palm Oil Conference-Agriculture. Proceedings. PORIM, Kuala Lumpur, p. 94-102.