

# Perspectivas e impacto de los materiales mejorados en la productividad de la palma de aceite en el futuro cercano

## Perspectives and Impact of Breeding Materials in the Productivity of the Oil Palm Crop in the Near Future

N. Rajanaidu<sup>1</sup>

### Resumen

La palma de aceite es la especie oleaginosa más productiva del mundo. El estimado potencial total de producción de materia seca en palma de aceite es de 44 toneladas por hectárea por año, de las cuales el rendimiento de aceite es 18 toneladas por hectárea por año. En los próximos quince años, las semillas híbridas D x P seguirán siendo los principales materiales de siembra. Estos se basan en gran parte en Deli x Avros, Deli x Yangambi, Deli x La Me, Deli x URT, Deli x Ekona, Deli x Calabar y Deli x Dumpy Avros. Los mejores cruces dan un rendimiento de hasta 10 a 12 toneladas de aceite por hectárea y las plantaciones comerciales bien manejadas producen cerca de 8 t de aceite por hectárea. Es muy probable que dentro de 5 a 15 años, los híbridos D x P semi y biclonales tengan un importante impacto en la industria. Los rendimientos de RFF y la proporción aceite-racimo son prometedores y el nivel de anormalidad es extremadamente bajo. El costo de producción de semillas semi y biclonales es bajo, comparado con los clones de palma. El rápido desarrollo en el área de cultivos en suspensión líquida junto con la reelonación de clones élite alterará la posición actual. Es posible clonar palmas en grandes cantidades a bajo costo y con bajo nivel de anormalidad. Se espera en los próximos quince años que la tecnología transgénica abra nuevos campos para producir material de siembra especializado para nuevos aceites, nutraceúticos y farmacéuticos de alto valor. Se espera también que la selección asistida por marcadores moleculares (MAS) ayude y acelere el desarrollo de nuevos materiales de siembra. El germoplasma exótico de *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera* es importante para el programa de retrocruces y cruces interespecíficos. En algunos sitios en Suramérica la supervivencia de la industria palmera depende de la utilización de genes de *E. oleifera*. Cenipalma ha realizado excelentes proyecciones para genes de *Elaeis* en Colombia y Angola para ampliar la base genética del material de siembra de palma de aceite en Colombia. Este nuevo germoplasma de palma de aceite probablemente tendrá un gran impacto en el mejoramiento de palma de aceite en este país.

### Palabras Clave

Palma de aceite,  
Material de siembra,  
Híbridos,  
Mejoramiento genético.

### Summary

Oil palm is the most productive oil bearing species in the world. The estimated total potential dry matter production in oil palm is 44 t/ha/year of which oil yield is 17 t/ha/year. In the next 15 years, DxP hybrid seeds will continue to be

1. Malaysian Palm Oil Board (MPOB). E-mail: maidu@mpob.gov.my  
Nota: Traducido por Fedepalma.

primary planting materials. These are largely based on Deli x Avros, Deli x Yangambi, Deli x La Mé, Deli x URT, Deli x Cameroons, Deli x Calabar, and Deli x Dumpy Avros. The best crosses yield up to 10-12 t oil/ha and well managed commercial plantations produce close to 8 t oil/ha. In the next 5-15 years, semi- and bi-clonal DXP hybrid seeds will make an impact on the industry. The FFB yields and oil to bunch values are encouraging and the level of abnormality is extremely low. The cost of semi- and bi-clonal seeds is low as compared to clonal oil palms. Rapid developments in the area of liquid suspension culture coupled with re-cloning of elite clones will alter the current position. It is possible to produce clonal palms in large numbers at low cost and low floral abnormality. In the next 15 years, the transgenic technology is expected to open up new avenues to produce specialized planting materials for new oils and high value nutraceuticals and pharmaceuticals. Molecular-marker assisted selection (MAS) is expected to assist and accelerate the development of new planting materials. Exotic germplasm of *Elaeis guineensis* and *E. oleifera* is important for inter-specific and backcross programme. In some parts of South America the survival of oil palm industry largely depends on the exploitation of *E. oleifera* genes. Cenipalma has carried out excellent prospection for *Elaeis* genes in Colombia and Angola to broaden the genetic base of oil palm breeding materials in Colombia.

## Introducción

La palma de aceite es la especie oleaginosa más productiva porque rinde diez veces más que la soya. Cada año se producen en el mundo cerca de 150 millones de semillas híbridas de palma de aceite. Éstas se derivan en gran parte de Deli x Avros, Deli x Yangambi, Deli x La Mé, Deli x URT, Deli x Ekona, Deli x Calabar, Deli x Dumpy Avros y Duras Africanas Limitadas x Pisíferas Africanas. Es muy probable que en el futuro los híbridos interespecíficos, semillas clonales, palmas transgénicas y clones jueguen un papel importante como material de siembra, puesto que el actual material es muy alto y difícil de mecanizar comparado con el cultivo de soya.

Este documento describe el rendimiento potencial teórico de la palma de aceite, el mejoramiento del rendimiento, las técnicas de

cultivo de tejidos y el impacto de la ingeniería genética y la genómica en el desarrollo del nuevo material de siembra de palma de aceite.

## Productividad de la palma de aceite

La productividad total de un cultivo está determinada por la cantidad de materia seca producida. El rendimiento es la porción de la producción total que se cosecha y que tiene valor económico. Al estimar el potencial de productividad, la radiación solar es el factor dominante que determina la productividad (Henson y Chang, 2000). Corley (1998) estimó un rendimiento teórico de aceite de mesocarpio de 18,2 toneladas por hectárea por año y 0,3 toneladas de aceite de palmiste (Tabla 1).

**Tabla 1** Clases de rendimiento de palma de aceite

Clase de rendimiento	Rend. aceite (t/ha/año)	Fuente
Palmas silvestres	0,2	Ejemba (1989)
<b>Rendimiento promedio nacional</b>		
Nigeria	2,1	MPOB, Oil world (2003)
Indonesia	3,3	MPOB, Oil world (2003)
Malasia	3,8	MPOB, Oil world (2003)
Colombia	3,6	MPOB, Oil world (2003)
Papua Nueva Guinea	4,0	MPOB, Oil world (2003)
<b>Buen rendimiento comercial</b>		
Malasia	5,5	MPOB
<b>Mejores rendimientos experimentales</b>		
Mejores lotes	8,6	Corley <i>et al.</i> (1976)
Mejores progenies	11,5	Jalani (1999)
Mejores palmas individuales	14,9	MPOB
Rendimiento teórico	18,5	Corley (1998)

**Tabla 2** Rendimiento de diferentes cultivos de oleaginosas

Cultivos	Aceite (kg/ha/año)
Palma de aceite	2.500 - 7.000
Coco	600 - 2.500
Colza	600 - 1.000
Oliva	500 - 1.000
Girasol	280 - 700
Maní	340 - 440
Soya	300 - 450

**Tabla 4** Rendimiento de palma de aceite (t/ha)

País	03/04F	02/03	01/02	00/01
Colombia	3,79	3,59	3,97	3,91
Ecuador	2,43	2,15	2,01	2,24
Costa Rica	3,51	3,54	3,50	3,59
Indonesia	3,27	3,30	3,26	3,19
Tailandia	2,77	2,69	2,90	2,56
Malasia	3,83	3,83	3,87	3,73
Papua Nueva Guinea	3,92	4,03	4,39	4,69

Fuente: Oil World Annual, 2003

La Tabla 2 muestra el rendimiento potencial de diferentes oleaginosas. El rendimiento de la palma de aceite es diez veces mayor que el de la soya. Los rendimientos de la soya han aumentado de manera marginal con los años, pero los rendimientos de la palma se han estancado en la mayoría de los países productores como Malasia e Indonesia (Tabla 3).

La Tabla 4 muestra los rendimientos detallados por país del aceite de palma. El rendimiento nacional en Colombia es comparable con el de Malasia mientras que el rendimiento nacional en Papua Nueva Guinea ha disminuido en forma alarmante. Hace poco, la producción de aceite de palma ha aumentado en Colombia y ocupa el cuarto lugar en producción después de Malasia, Indonesia, y Tailandia (Tabla 5).

### Marco de tiempo y desarrollo de material de siembra de palma de aceite

Se espera que en el futuro los siguientes desarrollos evolucionen en la producción de material de siembra de palma de aceite:

**Tabla 3** Rendimiento de soya y palma de aceite en países seleccionados (t/ha)

País	03/04	02/03	01/02	00/01	99/00
EEUU (soya)	2,65	2,54	2,66	2,56	2,46
Argentina (soya)	2,72	2,78	2,64	2,63	2,41
Brasil (soya)	2,77	2,78	2,62	2,80	2,50
Malasia (aceite palma)	3,83	3,83	3,87	3,73	3,85

Fuente: Oil World Annual, 2003

**Tabla 5** Producción de aceite de palma (1.000t)

País	03/04F	02/03	01/02	00/01
Colombia	580	528	548	524
Ecuador	250	217	201	222
Costa Rica	144	140	138	138
Malasia	12.700	11.908	11.804	10.804
Indonesia	9.600	9.020	8.030	7.050
Tailandia	620	590	620	525
Papua Nueva Guinea	325	318	329	336

Fuente: Oil World Annual, 2003

### Marco de tiempo (años)      Tipo de material

1 - 15	Semillas DxP
5 - 15.1.1.1	Semillas semi y biclonales
10 - 15.1	Clones vía medio sólido y cultivo en suspensión
>15	Palmas transgénicas

El desarrollo de la producción de clones híbridos depende en gran parte del programa de mejoramiento de palma de aceite para producir palmas madres Dura y Pisífera elite para clonación. La propagación vegetativa de Duras y Pisíferas dependerá de los resultados de las pruebas de progenie de cruces DXP. Las teneras elite de cruces D x P son una fuente importante de plantas donantes para cultivo de tejidos y cultivo en suspensión.

### Material de siembra de palma de aceite DxP actual

En los próximos 10 a 15 años, las semillas híbridas DxP serán el principal material de siembra de palma de aceite. Éstas son una



mezcla de cruces con comportamiento variado en términos de rendimiento (RFF y A/R). La producción de semillas D x P involucra en gran parte las siguientes poblaciones:

- Deli Dura x Avros
- Deli Dura x Yangambi (718, EX5, H5, EX5xH5)
- Deli Dura x Ekona (2/2311)
- Deli Dura x WT (Nifor 32.3005)
- Deli Dura x La Mé (L2T)
- Deli Dura x Dumpy Avros Pisíferas
- Deli Dura x URT Pisíferas
- Deli Dura x Nigerian population 12 Pisíferas
- African Dura x African Ténera

Cerca del 90% de la producción actual de semilla se basa en Deli Dura como palmas madre y un gran número de productores de semilla usan Avros como fuente de polen para producción de semilla en Malasia, Indonesia, Colombia y Costa Rica.

#### Comportamiento del nuevo material de siembra DxP

En los últimos treinta años MPOB ha coleccionado gran cantidad de germoplasma en África y Suramérica. Estas colecciones se han seleccionado por rendimiento, características de racimo, altura, composición de ácidos grasos, caroteno, vitamina E, lipasa, etcétera. Las palmas elite de estas colecciones se han distribuido a la industria para pruebas conjuntas de progenie, clonación, introgresión en poblaciones de Deli Dura y Ténera/Pisífera.

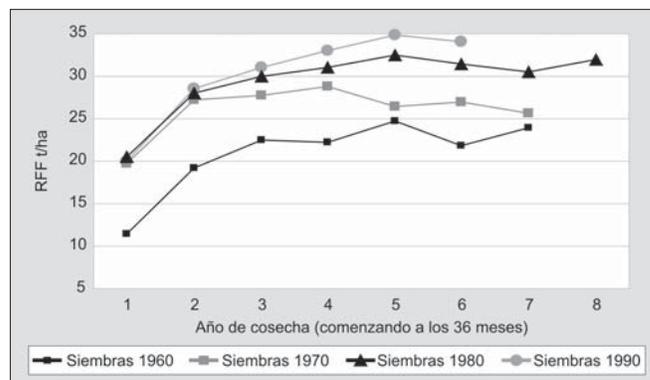


Figura 1 Rendimientos de plantaciones comerciales

Chin (2003) demuestra el uso de germoplasma elite de Nigeria de MPOB para producir cruces híbridos de alto rendimiento DxP. Los cruces de tres vías de Deli-Nigerian x Yangambi fueron 15% mejores que el testigo y algunos cruces rindieron 75% más que el testigo Deli x Yangambi (Tabla 6).

Algunas de las Ténera elite nigerianas se probaron por progenie con Duras Sime Darby Deli. Los resultados mostraron que ciertos cruces como DT 77 pueden rendir hasta 7,37 t/ha y la progenie es mucho más baja que el material de siembra DxP actual (Tabla 7).

El comportamiento del material de siembra producido por varios productores de semilla se muestra en la Tabla 8. Durante los últimos treinta años, el rendimiento de RFF ha aumen-

Tabla 6 Comportamiento relativo de Deli-NPM x Yangambi

Grupo	RFF		Número de progenies involucradas
	Promedio + S.E.	Rango	
Deli-NPM x Yangambi	115 ± 4	56 - 173	39
Deli-NPM x Avros	93 ± 3	76 - 101	8
Deli-NPM x NPM	103 ± 3	96 - 111	6
Deli-NPM x La Mé	112 ± 1	104 - 118	13
NPM x Yangambi	108 ± 4	71 - 130	14
NPM x La Mé	115	-	1
NPM x Avros	88	-	1
Yangambi-NPM x Yangambi	97	95 - 99	2
Deli x Yangambi (SC 3)	100	-	-

Fuente: Chin, 2003

**Tabla 7** Prueba de progenie Deli Duras con Téneras nigerianas

Fecha de siembra: Agosto 1993 - Material: D x T NGA - Diseño de mejoramiento: Auto polinización - Diseño estadístico: RCBD - Ubicación: EPA Rengam								
Familia	Pedigree	RFF (kg/p/año) (1997-2002)	PPF (g)	M/F (%)	A/R (%)	K/R (%)	A/P/A (kg)	ALT (m) (2001)
01DT83	R-6-49CX0.150/454(10.13)	132	8,4	80,6	25,1	3,9	33,1	1,38
01DT84	R-103-27FX0.150/451(10.13)	168	8,8	77,4	24,2	5,2	40,7	1,17
02DT79	R-10-2BX0.150/6566(18.04)	185	9,9	85,9	26,6	3,4	49,2	1,48
02DT86	R-9-64CX0.150/6566(18.04)	175	9,2	80,3	22,9	4,3	40,1	1,56
03DT73	R-48-18EX0.150/7748(15.23)	169	8,1	79,7	25,4	4,7	42,9	1,76
03DT78	R-40-3BX0.150/7748(15.23)	163	9,1	83,4	25,3	3,9	41,3	1,58
04DT80	R-118-21MX0.150/1791(18.08)	164	8,9	81,1	27,7	4,9	45,4	1,57
05DT82	R-121-28MX0.150/2190(18.23)	178	8,2	76,3	24,6	5,1	43,8	1,41
06DT74	R-13-35AX0.150/2422(10.02)	176	10,3	88,7	27,1	2,4	47,7	1,46
07DT77	R-62-6EX0.150/7788(15.23)	181	9,6	86,6	27,5	2,9	49,8	1,48
<b>Promedio</b>		<b>169,1</b>	<b>9,1</b>	<b>82,6</b>	<b>25,8</b>	<b>3,9</b>	<b>43,4</b>	<b>1,51</b>

Mejor cruce: RFF 26,8t  
aceite/ha 7,37

Incremento alt: 25 cm/año  
RFF: Racimo Fruto Fresco.

PPF: Peso Promedio Fruto.  
M/F: Mesocarpio/Fruto.

A/R: Aceite/racimo.  
K/R: Palmiste/racimo.

A/P/A: Aceite/palma/año.  
ALT: Altura

**Tabla 8** Rendimiento de material de siembra de varios productores de semilla en Malasia

Material de siembra	Año de siembra	Rend. RFF (t/ha/año)	A/R (%)	Rend. aceite (t/ha/año)
DxDxCI/UAC/SP	1962	22,6	21,9	4,9
DxDxAvros	1964	31,0	23,5	7,3
DxDxAvros	1968	31,1	22,1	6,9
DxDxAvros	1970	31,6	24,2	7,6
DxDxDY-Avros	1979	33,3	25,8	8,6
DxDxAvros	1979	34,5	25,8	8,9
DxDxYangambi	1988	35,1	26,0	9,5
DxDxYangambi	1991	34,8	31,1	10,8
DxDxNigeria	1991	36,1	31,9	11,5

tado de 22 t/ha a 36 toneladas; A/R (A/R%) de 21,9 a 31,9 y el rendimiento de aceite de 4,9 t/ha a 11,5 toneladas.

La Figura 1 muestra los rendimientos de las plantaciones comerciales. El progreso del rendimiento del material de siembra producido desde la década de 1960 hasta la de 1990, ha mostrado una mejora gradual en relación a RFF. Los rendimientos de RFF han aumentado de 20 toneladas en la década de 1960 a más de 30 toneladas en la década de 1990.

### Material de siembra DxP tipo virescens

El color del fruto está determinado por un solo gen. Los frutos inicialmente son verdes y el color cambia a naranja brillante cuando maduran. Las primeras fases del programa Nifor constan de un número de palmas tipo virescens para producción de semilla. El cambio de color de verde a amarillo brillante es un buen indicador de la madurez del fruto para cosecha. Existen algunas reservaciones para sembrar material DxP virescens. El rendimiento de RFF y datos de A/R muestran que no hay diferencia en el rendimiento potencial entre palmas nigrescens y virescens (Tabla 9).

### Producción de semillas semi y biclonales

El material de siembra DxP actual consta de una mezcla de cruces que presentan comportamientos variables (Tabla 10). Los centros de mejoramiento rutinariamente llevan a cabo ensayos de progenie. Si el mejor cruce en un ensayo se multiplica en grandes cantidades, se esperan rendimientos de por lo menos 10 a 20% superiores al promedio del ensayo. Esto depende en gran parte de las diferencias entre las familias y su antecedente genético. En este caso, la mejor progenie, 3078, rindió aproximadamente 8,11 toneladas aceite/ha comparado con el promedio

**Tabla 9** Características de Virescens y Nigrescens DxP

Familia DP	Color		Año 2000		Prom. 7-año				PET 7-Año	
	fruto	No. de palmas	RFF/palma	RFF/palma	% A/R	% K/R	% M/F	% C/F	PPF (gm)	(kg/p/año)
DP413	Verde	24	253	239	30,3	4,1	85,5	7,9	10,3	78,3
	Negro	24	260	241	30,1	4,1	85,3	8,2	11,3	78,5
DP414	Verde	17	220	226	30,5	5,6	76,4	10,4	14,3	76,5
	Negro	29	235	227	30,1	5,5	81,3	10,3	15,5	75,8
DP415	Verde	24	237	242	30,6	5,8	80,3	11,2	12,1	82,5
	Negro	24	248	238	29,6	6,6	77,6	12,7	11,0	79,9

A/R: Aceite/Racimo. K/R: Palmiste/Racimo. M/F: Mesocarpio/Fruto. C/F: Cáscara/Fruto. PPF: Peso promedio fruto. PET: Producto económico total

**Tabla 10** Comportamiento de Progenies DxP en Ensayo 31

No.	Código progenie	Rend. RFF (Promedio 6 años)		T/ha/año (Promedio 6 años)		Características de racimo				
		kg/palma/año	t/ha/año	Rendimiento aceite	Rendimiento palmiste	Mesocarpio/fruto (%)	Cáscara/racimo (%)	Palmiste/racimo (%)	Aceite/MS (%)	Aceite/racimo (%)
1	3033	179,72	24,44	7,21	1,14	84,02	5,79	4,66	78,66	29,48
2	3071	150,90	20,52	5,87	5,87	82,59	5,86	5,86	79,54	28,60
3	3074	168,27	22,88	6,70	1,03	83,80	6,30	4,48	78,93	29,29
4	3078*	207,82	28,26	8,11	1,30	83,27	6,12	4,60	78,59	28,71
5	3082	191,15	26,00	7,82	0,96	86,31	4,94	3,71	78,53	30,10
	Ensayo	171,89	23,38	6,82	1,10	83,61	6,02	4,72	78,95	29,14

\* Mejor cruce

del ensayo que fue de 6,82; cerca de 18,9% más que el promedio (Zurani y Phua, 2000). Los padres de la progenie 3078 se pueden multiplicar usando la técnica de cultivo de tejidos. Si se clonan ambos padres, se pueden producir semillas biclonales. Con la clonación de un solo padre (normalmente femenino) se pueden desarrollar semillas semiclonales. Varios centros de investigación han presentado datos sobre semillas biclonales y semiclonales y el nivel de anomalía es extremadamente bajo (Veerapan *et al.*, 2000).

Mukesh (no publicado) mostró que la producción promedio de RFF de las progenies D x P semi y biclonales durante el primer año de cosecha fue de 29,8 y 26,2 toneladas respectivamente. La proporción aceite racimo (A/R%) fluctuó entre 25,6 y 26,2. El RFF del testigo DxP fue 24,7/ha en 2000. El rendimiento promedio de aceite de las progenies DxP semi y biclonales en el primer año de cosecha fue >7 toneladas de aceite por hectárea en 2000 (Tabla 11).

Las principales ventajas de las semillas semi y biclonales son:

- i) El costo por semilla es mucho más bajo que el de las plántulas producidas por cultivo de tejidos
- ii) Requiere menos espacio en instalaciones de cultivo de tejidos
- iii) Ganancia esperada de rendimiento de 10 a 20% comparado con semillas híbridas DxP
- iv) Explota la habilidad de combinación específica de un cruce.

La principal desventaja es que el incremento del rendimiento puede no ser tan grande como el de los clones de cultivo de tejidos.

#### Clones y cultivos en suspensión

Se considera usualmente que el rendimiento de las palmas clonadas es >30% que el de las semillas híbridas DxP (Hardon *et al.*, 1987). Khaw *et al.* (2000) resaltaron que hasta mediados de 1998, los resultados de más de 85 mil palmas

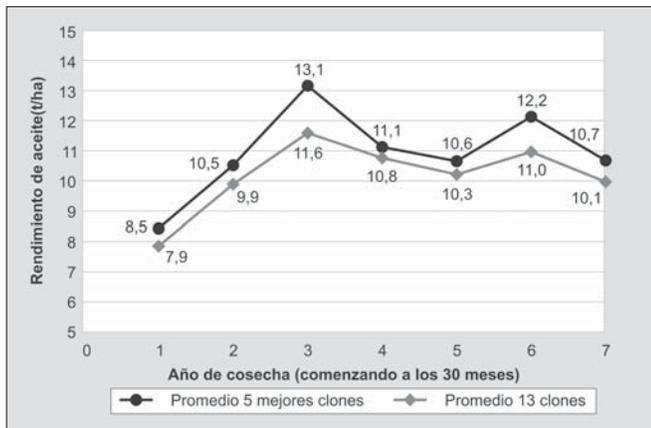
**Tabla 11** Comportamiento de semillas semi y biclonales

Grupo No.	Tipo de Cruces	No. de progenies	Datos Rend. 1er año (2000)		Análisis de racimo (2000)						
			No. promedio racimos	Kg RFF por palma	% A/R	% K/R	% A/MS	% M/F	Tamaño fruto (g)	% I.V	
1	DP Semiclonal										
	B 24	7	30,8	194	24,4	6,3	76,8	79,2	9,9	52,8	
	B 26	4	28,2	179	28,6	6,0	78,5	81,7	9,7	54,8	
	B 29	5	29,8	179	26,8	6,8	77,7	79,6	8,7	53,9	
	Prom. Ponderado	16#	29,8	186	26,2	6,4	77,5	80,0	9,5	53,6	
2	DP Biclonal	1	26,2	181	25,6	4,8	75,3	84,7	10,3	53,7	
3	Cruce Estándar DP (UPB)	1	4,7	167	No disponible						

A/MS: Aceite/mesocarpio seco

maduras siguen mostrando un nivel de anormalidad <1%. En términos de rendimiento, los clones superaron a los DxP en 24 a 53% y la proporción A/R de los clones fluctuó entre 26 y 30%.

La Figura 2 muestra el comportamiento de los clones sembrados en UPB. El rendimiento promedio de 13 clones fue de >10 toneladas aceite/ha. La mayoría de los laboratorios de cultivo de tejidos muestra tendencias similares y la mayor restricción es incrementar la producción sin afectar la calidad de los clones. Datos recientes muestran que las plántulas de reclonación y cultivo en suspensión presentan bajos niveles de anormalidad (Girly Wong, comunicación personal).



**Figura 2** Rendimiento de aceite de clones UPB en ensayos

El cultivo en suspensión líquida (LSC) es una técnica con potencial para producción masiva de clones de palma de aceite (Wong *et al.*, 2000). El proceso actual de cultivo de tejidos para propagación clonal de palma de aceite se realiza en un medio gel, que requiere demasiado trabajo y mucha destreza. Con el sistema LSC es más fácil obtener una masa uniforme de proliferación de callo embriogénico friable. Con este método, es posible producir miles de plántulas en poco espacio en el laboratorio.

**Palmas transgénicas**

La ingeniería genética es una poderosa herramienta que permite a los mejoradores insertar genes extraños de alto valor en la palma de aceite. Se han identificado varios genes para insertar en palma de aceite. El *Bacillus thuringiensis* (B.t.), una bacteria presente en forma natural en el suelo, tiene la capacidad de controlar plagas de lepidópteros. El B.t. produce una proteína que altera el sistema digestivo de los lepidópteros, sin afectar a otros insectos, humanos, aves y otros animales. A través de la ingeniería genética es posible introducir un gen de B.t. en las plantas para protegerlas de ciertas plagas.

El *Roundup* controla efectivamente una amplia gama de gramíneas y malezas de hoja ancha inhibiendo una enzima esencial para el crecimiento de la planta. El gen insertado en cultivos tolerantes al herbicida se conoce como *Roundup Ready*. Es posible que cultivos *Roundup Ready* prosperen aun después de haber usado *Roundup* sobre el cultivo para controlar malezas. Las

malezas rastreras son el mayor problema en áreas de palmas jóvenes. El gen *Roundup Ready* incorporado en palma de aceite podría proteger las palmas jóvenes del herbicida *Roundup*.

MPOB se ha embarcado en un extenso programa de ingeniería genética para alterar la composición de los ácidos grasos de la palma de aceite. Uno de los objetivos es reducir el nivel de ácido palmítico (16:0) de 44% a 10 ó 15% y al mismo tiempo incrementar el ácido oleico de 39% a 70 ó 80%. Se han identificado dos enzimas claves responsables de producir altos niveles de ácido palmítico en palma de aceite (Sambanthamurthi, *et al.*, 2000) que son:

- Una palmitoil-ACP tioesterasa muy activa
- Una b-ketoacil ACP sintasa II limitante.

Los genes para controlar la producción de estas dos enzimas están siendo aislados para transferir el ADN usando la pistola de partículas. Se usa en la actualidad callo poliembriónico de Ténera,

Dura y Pisífera para el desarrollo de plantas transgénicas.

Con las Téneras es posible producir clones transgénicos Ténera con los genes deseables de interés.

Se ha intentado insertar genes extraños en clones Dura y Pisífera. Ya que el gen extraño actuará como un alelo dominante es posible que la característica se exprese en varios cruces.

## Conclusiones

En los próximos 10 a 15 años es posible que ocurra un desarrollo importante en la tecnología de material de siembra de palma de aceite. La industria cambiará gradualmente de semillas híbridas DxP a semillas semi y biclonales y plántulas de cultivo de tejidos usando el sistema de suspensión líquida. Mientras tanto, la tecnología transgénica se desarrollará para producir clones transgénicos. ☼

## Bibliografía

- CHIN, C.W.; SHUHAIMI, S.; MOHD NASRUDDIN, M.; NG, W.J. 2003. Progeny testing of PS1 (Nigerian x Avros), Deli x Nigerian and early performance of introgressed Deli-Nigerian x Elite pisífera crosses at Felda. Presented at Seminar on The Progress of Oil Palm Breeding and Selection. 6-9 October 2003. Organized by International Society for Oil Palm Breeders (ISOPB) and Indonesian Oil Palm Research Institute (Iopri), 17p.
- CORLEY, R.H.V., 1998. What is the upper limit to oil extraction ratio? In: Proc 1996 Int. Conf. "Oil and kernel production in oil palm a global perspective". (Ed. N. Rajanaidu, I.E. Henson and B.S. Jalani), Palm Oil Res. Inst. Malaysia, Kuala Lumpur, p.256-269.
- HARDON, J.J.; CORLEY, R.H.V.; LEE, C.H. 1987. Breeding and selecting the oil palm. In: Improving vegetatively propagated crops (Ed. A.J. Abbott and R.K. Atkin), Academic Press, London, p.63-81.
- HENSON, I.E.; CHANG, K.C. 2000. Oil palm productivity and its component processes. In: Advances in oil palm research v.1 (Ed. Y. Basiron, B.S. Jalani and K.W. Chan), Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, p.97-145.
- KHAW, C.H.; NG, S.K.; CHEONG, T.K. 2000. Commercial production of Clonal oil palms by tissue cultures - pre requisities, Constraints and tissue. In: 1999 PIPOC PORIM International Palm Oil Congress, p.37-43.
- SAMBANTHAMURTHI, R.; PARVEEZ, G.K.A.; CHEAH, S.C. 2000. Genetic engineering of oil palm. In: Advances in oil palm research v.1 (Ed Y. Basiron, B.S. Jalani and K.W. Chan), Malaysian Palm Oil Board, Kuala Lumpur, p.284-331.
- VEERAPPAN, P.; MUSA, B.; MOHAMED NAZEEB; LOONG, S.G. 2000. Early performance and potential of semi clonal D x P progenies. In: Plantation Tree Crops in the New Millennium: The way Ahead. (Ed. E. Pushparajah). The Incorporated Society of Planters, p.117-130.
- WONG, G.; CHONG, S.P.; TAN, C.C.; SOH, A.C. 2000. Liquid suspension culture a potential technique for mass production of oil palm clones. In: 1999 Pipoc Porim International Palm Oil Congress, p.44-52.
- ZURAINI, S.; PHUA, P.K. 2000. Performance of DOA Sabah DxP planting materials. Presented at seminar on 'Oil Palm Yield Potential Trends & Forecasting'. Organised by the Incorporated Society of Planters Sabah North East Branch 23-24 March 2000. Renaissance Sandakan Hotel, p.17.