

# Perspectivas para el siglo XXI

## La palma y la calidad de aceite ideales para el futuro



Perspectives for the 21st Century:  
The ideal palm and palm oil quality for the future

*B.S. JALANI, N. RAJANAIDU Y ARIFFIN DARUS'*

### RESUMEN

El trabajo describe el mejoramiento de las características primarias y secundarias, la productividad de la palma de aceite en los últimos cincuenta años y el desarrollo para el futuro. Entre los objetos del mejoramiento del cultivo están: aumentar la producción de aceite, desarrollar palmas enanas, buscar resistencia a plagas y enfermedades y desarrollar aceites para fines especiales. Se discuten las ventajas y desventajas de la Selección Recurrente Recíproca y de la Selección Recurrente Modificada, utilizadas por los franceses y los malayos, respectivamente. Ambos métodos se concentran en la heredabilidad de los caracteres primarios, la relación entre estos caracteres y su contribución al incremento de la producción de

### SUMMARY

The paper describes the improvement of primary and secondary characters and oil palm yield in the last fifty years and future developments. Among the breeding objectives are: to increase oil yield, to develop dwarf palm trees, to breed for pest and disease resistance and to develop oils for specialized uses. The advantages and disadvantages of Reciprocal Recurrent Selection and Modified Recurrent Selection applied by French and Malaysian researchers, respectively, are discussed. Both methods are based on the inheritability of primary characters, the relation among these characters and their contribution to oil yield increases. The planting material currently used has a yield potential of 8-10t/ha/yr and theoretical yield is estimated in 17 t/ha/yr. Future

aceite. El material vegetal que se utiliza en la actualidad tiene un potencial de rendimiento de 8-10 t/ha/año, y la producción teórica se calcula en 17t/ha/año. Los avances futuros del mejoramiento dependen de los nuevos recursos genéticos que se obtengan de las palmas silvestres, del uso de las técnicas *in vitro* y de las técnicas de biología molecular.

Palabras claves: Palma de aceite, Mejoramiento, Palmas enanas, Producción

breeding progress depends on the genetic resources obtained from wild palm trees, on the use of *in vitro* techniques and on molecular biology.

## INTRODUCCION

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq., 2n = 32) pertenece a la familia Palmae. Crece en palmares silvestres y semi-silvestres que se extienden a lo largo de la costa occidental desde Senegal hasta Angola, las zonas centrales de Zaire y Uganda y, por último, en la costa oriental de Tanzania hasta llegar a la Isla de Madagascar. Así mismo, la palma de aceite también tiene un nicho semi-silvestre en Brasil, especialmente en la región de Bahía.

La palma de aceite se ha extendido a muchas partes del mundo, en especial al Sureste Asiático (Malasia, Indonesia), a la zona tropical de Latinoamérica (Venezuela y Colombia) y a la zona sub-tropical de Centroamérica (Costa Rica y Honduras).

La mayor concentración de plantaciones comerciales de palma de aceite se encuentra en el Sureste Asiático, especialmente en Malasia e Indonesia. La mayoría de las palmas de aceite del Sureste Asiático se derivaron de cuatro palmas sembradas en el Jardín Botánico de Bogor, en Indonesia, en 1848. Afortunadamente, esas cuatro palmas tenían genotipos favorables. Las semillas de dichas palmas se convirtieron en la fuente de las ampliamente conocidas líneas parentales llamadas *Deli dura*. Algunas de estas *Deli dura* se han utilizado como padres *dura* en los países productores de aceite de palma de Centro y Suramérica, y también fueron reintroducidas al África natal.

Por consiguiente, la palma de aceite ha recorrido un largo trecho desde su humilde comienzo en los palmares silvestres y semi-silvestres del África. De ser una fuente poco confiable de grasa comestible para uso de la población rural, la planta encontró su camino fuera del África y se convirtió en una ornamental para adornar y

embellecer las avenidas de varios países. Y fuera de su país de origen donde se inició su explotación y desarrollo en plantaciones comercial. Hoy en día, esta humilde planta se ha convertido en una de las principales fuentes de aceite y grasa, para desaliento de los productores de aquellos cultivos que tradicionalmente han dominado este sector (Jalani y Ariffin 1993).

Por consiguiente, en este trabajo se analizarán las tendencias de la producción de aceite de palma, los objetivos y los parámetros para incrementar la producción y el manejo/utilización de las técnicas no convencionales y las moleculares para el desarrollo de la palma ideal para el futuro.

## PRODUCCION DE ACEITE DE PALMA

La palma de aceite es la especie vegetal oleaginosa más productiva que se conoce, comparada con el cocotero, el maní, el olivo, la soya y el girasol (Robbelen 1990). Bajo buenas condiciones de cultivo, la palma de aceite produce en promedio de 4,5 toneladas de aceite de palma/hectárea/año (t/ha/año), 0,5 t/ha/año de aceite de palmiste y 0,45 t/ha/año de torta de palmiste, lo que representa aproximadamente tres veces la producción del cocotero y más de diez veces la de la soya (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimiento de diferentes oleaginosas

Especie	Aceite (kg/ha/año)
Palma de aceite	2500 - 4000
Cocotero	600 - 2500
Colza	600 - 1000
Olivo	500 - 1000
Girasol	280 - 700
Maní	340 - 440
Soya	300 - 450

Con base en la publicación del Oil World 1993, la producción de aceite de palma y palmiste en 1992 fue de 11,9 y 1,5 millones de toneladas (mill.t) y se calcula que para el año 2000 será de 17,5 y 2,2 mill.t, respectivamente. El aceite de palma seguiría desempeñando un papel importante después del de soya y las grasas animales (Tabla 2) y conservaría aún su posición como el aceite de mayor comercialización entre todos los aceites y las grasas.

La producción mundial de aceites de palma y palmiste ha registrado un acelerado crecimiento del 9% anual. Después de producir 4,54 mill.t en 1980 (Tabla 3), en 1992 la producción alcanzó los 13,4 mill.t. Para el año 2000 se espera una producción de 19,7 mill.t (Tabla 2).

Tabla 2. Producción mundial de Aceites y Grasas

Fuente	Año		
	1992	2000*	
Anuales	Soya	16,3	23,3
	Colza	9,4	10,8
	Girasol	7,7	9,9
	Otros	12,5	13,3
Perennes	Aceite de Palma	11,9	17,5
	Aceite de Palmiste	1,5	2,2
	Otros	4,0	5,1
Animales		19,4	23,2
Total		82,7	105,3

\* Estimativo

Fuente: Oil World 1992

Actualmente, Malasia es el principal productor y exportador de aceite de palma del mundo, seguido por Indonesia, Nigeria y Colombia. Son muchos los países que también producen aceite de palma, pero a pequeña escala y sólo para abastecer el mercado interno (Tabla 3). En todo el mundo, la superficie sembrada de palma de aceite es de 4,01 millones de ha. La mayor superficie sembrada se encuentra en Malasia, con 1,99 millones de ha, seguida por Indonesia con 876.000 y Nigeria con 295.000 ha.

Papua-NuevaGuineatiene el promedio de producción más alto a nivel nacional, con 4,12 t/ha/año, seguida por Indonesia con 3,42 t/ha/año y Malasia con 3,41 t/ha/año (Tabla 3).

## APLICACIONES

Hoy por hoy, el aceite de palma es uno de los aceites comestibles de mayor consumo en el

mundo. Se trata de un aceite muy versátil que se emplea tanto para fines comestibles como no comestibles y en su orden representan el 80% y el 20%.

Actualmente, dentro de los usos comestibles se cuentan el aceite de cocina, los aderezos para ensalada, la margarina, la manteca, el vanaspati, la confitería y otros productos a base de emulsiones (especialmente aquéllos de alto valor nutritivo).

Si bien los usos no comestibles son reducidos, el volumen sigue aumentando. Las aplicaciones no comestibles del aceite de palma se pueden dividir en dos categorías. La primera es la ruta directa, como el jabón, la epoxidación y el combustible, las resinas alquídicas y la tinta para imprenta; la segunda es la ruta oleoquímica para producir ácidos grasos, ésteres grasos, alcoholes grasos, nitrógenos grasos y glicerol. Después de procesados, estos oleoquímicos básicos se podrían utilizar para producir aditivos de valor agregado.

## MEJORAMIENTO Y SELECCION

### Objetivos

Beimaert y Vanderwegen (1941) descubrieron la herencia del espesor del cuesco en la palma de aceite. Al cruzar un homocigoto dominante dura (Shr Sh+), de cuesco grueso, con un homocigoto recesivo pisifera (Sh-Sh-), que no tiene cuesco, se produce un heterocigoto 100% *tenera* (Sh+ Sh-) de cuesco delgado. El descubrimiento del factor genético que controla el espesor del cuesco es la piedra angular de la posición que ocupa hoy en día, la palma de aceite.

Tabla 3. Producción, superficie sembrada y promedio de producción de la palma de aceite

Países	1980		1992	
	Producción*	Producción*	Superficie <sup>□</sup>	Prom Prod <sup>+</sup>
Malasia	2,58	6,56	1.992	3,41
Indonesia	0,69	3,00	876	3,42
Nigeria	0,43	0,63	295	2,14
Colombia	0,07	0,29	104	2,81
Costa de Marfil	0,18	0,28	151	1,85
Tailandia	-	0,27	122	2,21
Paupa-NuevaGuinea	0,05	0,21	50	4,12
Ecuador	-	0,15	64	2,30
Camerún	0,07	0,11	42	2,55
Zaire	0,10	0,11	78	1,35
Otros	0,37	0,73	305	2,38
Total	4,54	12,32	4.010	3,07

Fuente: Anuario Oil World 1993

\* : Millones de toneladas

□ : Miles de toneladas

+ : t/ha/año

Desde 1960, todas las plantaciones comerciales del mundo utilizan material vegetal *tenera*. La mejora en el rendimiento aparece en la Tabla 4.

Tabla 4. Promedio de composición del racimo

Componentes	Dura (Sh*Sh*)	Tenera (Sh*Sh)
Fruto/racimo	(%) 60	60
Mesocarpio/fruto	(%) 60	80
Cuesco/fruto	(%) 30	10
Palmiste/fruto	(%) 10	10
Aceite/mesocarpio húmedo	(%) 50	50
Aceite/racimo	(%) 18	24

Este es un caso clásico de cómo manipular un solo gen para incrementar la producción en más del 30% (6/18 x 100). Antes del descubrimiento de la D x P (*tenera*), los palmicultores sembraban principalmente material DxD y DxT. Como resultado del desarrollo del material DxP, se han revisado los métodos de mejoramiento de la palma de aceite, dando especial énfasis a las combinaciones de *dura* y *pisifera* que podrían producir *tenera* altamente productivas. Los principales objetivos del mejoramiento de la palma de aceite son los siguientes:

- Incrementar la producción de aceite por hectárea
- Desarrollar palmas enanas
- Mejorar para otros caracteres morfofisiológicos
- Mejorar por resistencia al estrés
- Desarrollar palmas élite para efectos de clonación
- Desarrollar aceite para aplicaciones especiales

### Incrementar de la producción de aceite por hectárea

Los principales productos económicos que se derivan de la palma de aceite son el aceite del mesocarpio y el de palmiste. No obstante, los mejoradores han descuidado el mejoramiento en términos de palmiste y aceite de palmiste. Hartley (1988) enfatizó la importancia del mejoramiento del palmiste para maximizar las utilidades de la palma de aceite.

El contenido de aceite preente en el racimo se ha calculado indirectamente a través del análisis del racimo, utilizando sub-componentes tales como:

Rendimiento de racimos de fruto fresco (RFF)	-	Peso promedio del racimo Número promedio de racimos
Peso Promedio del racimo		Peso promedio de los frutos Peso promedio del pedúnculo

- Peso promedio de las espiguillas vacías

Peso promedio del fruto

- Peso promedio del mesocarpio
- Peso promedio del cuesco
- Peso promedio del palmiste

Peso promedio del Mesocarpio

- Peso promedio del aceite
- Peso promedio de la fibra
- Peso promedio de la humedad

Peso promedio del palmiste  
aceite

- Peso promedio del aceite
- Peso promedio del residuo libre de aceite
- Peso promedio de la humedad

Existe una serie de diseños de cruzamiento para separar y calcular los componentes de la varianza y las expectativas genéticas. Se puede calcular la heredabilidad en sentido amplio ( $h^2b$ ) utilizando los Programas Integrados de Mejoramiento (BIP). En el diseño NCM 1 se pueden distinguir componentes aditivos, no aditivos y ambientales, lo cual permite calcular la heredabilidad en sentido estrecho ( $h^2n$ ). Al usar el diseño NCM 2, además de separar las varianzas aditivas, no aditivas y ambientales como en el diseño anterior, también se pueden detectar y calcular los efectos maternos. Los dialelos estiman la interacción aditiva, dominante y no alélica o efectos epistáticos. Con el NCM 3 modificado (Prueba de Cruzamiento Triple) se puede detectar la presencia de la interacción no alélica.

Los programas de selección de palma de aceite se consideran los estimativos de heredabilidad de los caracteres ( $h^2$ ), la relación entre estos y su contribución al incremento de la producción de aceite.

Los estudios genéticos adelantados por diversos científicos muestran que la  $h^2n$  (heredabilidad estrecha), en lo que se refiere a la producción de racimos de fruta fresca, es generalmente baja (Hardon y Thomas 1968; Gascon et al. 1969). Se obtuvieron cifras un poco más altas para el peso del racimo y el número de racimos. Los estimativos de la  $h^2$  para la relación fruto/racimo (%) muestran una amplia variación (Meunier et al. 1970; Van der Voseen 1974). En términos generales, se obtuvieron valores altos en lo relacionado con las características del fruto (mesocarpio/fruto, cuesco/fruto y palmiste/fruto). La Tabla 6 muestra los estimativos  $h^2n$  para algunos de los caracteres de la palma de aceite.

Además de los estimativos de  $h^2$ , en el proceso de selección es importante realizar estudios de correlación entre los principales caracteres. Se destacan las siguientes relaciones en la palma de aceite:

- Fuerte correlación negativa entre el número de racimos y el peso del racimo.
- Relación negativa entre la composición del racimo y el peso del fruto.
- Correlación positiva entre el peso promedio del fruto y el mesocarpio/fruto (%).

Tabla 5. Heredabilidad ( $h^2_n$ ) Estimativos de algunos caracteres de la palma de aceite

Caracteres	$h^2_n$
Racimos (RFF)	0,13
Número de racimos	0,44
Peso promedio del racimo	0,37
Fruto/racimo (%)	0,28
Mesocarpio/fruto (%)	0,80
Cuesco/fruto (%)	0,83
Palmiste/fruto (%)	0,61

## Selección de progenitores

En el mejoramiento de la palma de aceite, la selección de *dura* (femeninas) se basa en la selección fenotípica de la familia y del individuo debido al bajo nivel de los estimativos  $h^2_n$  en términos de producción de racimos (RFF). Dentro de las familias sobresalientes se seleccionan individuos sobre la base de las características del fruto altamente heredables como: mesocarpio/fruto, cuesco/fruto y palmiste/fruto. Por ejemplo, los individuos seleccionados no tienen una relación fruto/racimo inferior al 60%, ni una relación cuesco/fruto superior al 30%. La Tabla 6 presenta algunas de las características de las familias *dura* seleccionadas.

Tabla 6. Desempeño de los cruzamientos *Deli dura* por selección familiar (Promedio de 5 años)

Progenies	No. Racimos	Peso racimo (kg)	Prod FRR (t/ha/año)	F/R (%)	C/F (%)
UR 595	11,6	16,9	27,08	58,8	28,4
UR 597	16,9	13,3	30,70	63,1	31,3
UR 602	14,3	14,2	27,87	61,1	29,2
UR 609	14,9	14,9	30,38	61,3	30,0

Los progenitores masculinos *pisifera* derivan de la autofecundación o entrecruzamiento de palmas *tenera* seleccionadas. Puesto que las *pisifera* son estériles, se seleccionan sobre la base de pruebas de progenie, utilizando el método de mejoramiento animal. En términos generales, el diseño de mejoramiento del tipo NCM 1 (Comstock y Robinson 1952) se utiliza para someter a prueba un cierto número de cruzamientos de *pisifera* con *dura* seleccionadas, especialmente *Deli dura* (Tabla 7). El método claramente hace uso de la Habilidad Combinatoria General.

En Malasia se está utilizando un método de selección recurrente modificada (Yong 1992) para la producción de semillas, como se ilustra en la Figura 1.

El método de Selección Recurrente Recíproca (SRR) es ampliamente utilizado por los mejoradores en Africa. En este sistema, las poblaciones de base se agrupan en dos: un grupo de palmas (*Deli dura*) de alto peso de racimo, y otro grupo de palmas con alto número de racimos, especialmente *tenera* (de origen La Mé, Yangambi). Dentro de este esquema se realizan varios cruzamientos DxT entre los grupos, y las familias DxT se evalúan en ensayos comparativos. Simultáneamente, las palmas *dura* y *tenera* que se utilizan para los cruzamientos DxT se autofecundan y se siembran en el campo en ensayos no replicados. La selección de *dura* y *pisifera* basa en las pruebas de progenie de los DxT. A diferencia del esquema de la selección recurrente modificada, este método hace uso de la Habilidad Combinatoria Específica. En este caso, las autofecundaciones se utilizan únicamente para la producción de semilla (Meunier y Gascon 1972). La Figura 2 presenta un diagrama de este método.

Tabla 7. Habilidad combinatoria de las *pisifera* con las *Deli dura*

Item	df	Prof RFF	Peso Promedio del racimo	Prom No. de racimos
1. Replicaciones (R)	5	2351	9	3,1
2. Masculinas (M)	2	9316 ns	28 ns	7,8 ns
3. Femeninas/Masculinas (F)	9	3962**	28**	7,1**
4. M x R	10	533	3,1	0,7
5. F x R	45	1309	2,2	1,2
6. Agrupadas	46	1168	2,4	1,1
7. Dentro de los lotes	632	424	1,7	0,8

Hardon et al. (1985) subrayaron que, inicialmente, el mejoramiento de la palma de aceite se concentró principalmente en el incremento de la producción de aceite por palma. No obstante, es más importante aumentar la producción por hectárea. Al considerar la producción por hectárea adquieren importancia factores como la densidad de siembra, los efectos relativos de la competencia entre palmas y la naturaleza de los genotipos.

## Desarrollo de palmas enanas

El material vegetal que se utiliza actualmente crece a una tasa de 40-70 cm/año, lo cual dificulta la tarea del cosechador en palmas de más de 20 años. Existen una serie de genotipos dentro de las poblaciones de palma

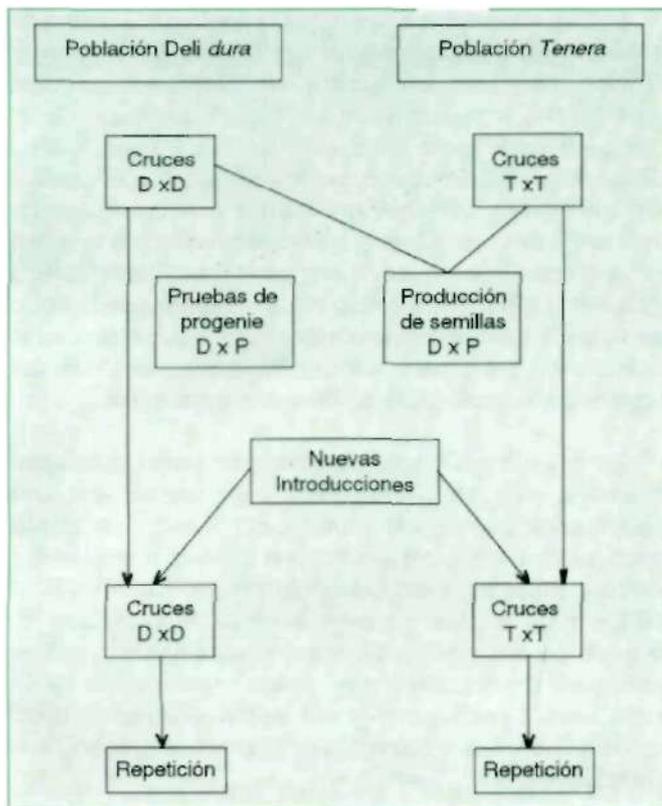


Figura 1. Selección recurrente modificada

de aceite que permiten desarrollar palmas enanas. Por ejemplo, Yong and Chan (1990) presentaron un informe en el sentido de que el mutante E206 registra un bajo incremento de la altura y se ha efectuado la introgresión de esta característica a las *pisifera*, con el fin de producir material vegetal DxP de menor incremento en la altura, manteniendo al mismo tiempo el alto potencial de producción (Fig. 3, Tabla 8).

La especie *E. oleífera* (H.B.K.) Cortez, originaria de Centro y Suramérica, se ha cruzado con la *E. guineensis* para producir híbridos interespecíficos los cuales son de muy baja estatura. No obstante, el rendimiento de los híbridos es bastante desalentador.

### Desarrollo de aceite para fines especiales

El aceite de palma que se mantiene semi-sólido a temperatura ambiente, se puede fraccionar en oleína líquida y estearina sólida. La oleína constituye el 70% y la estearina el 30% del aceite de palma. La oleína líquida se puede comercializar directamente como aceite de cocina, pero la comercialización de la estearina sólida es

difícil y su precio es más bajo que el del aceite crudo de palma.

El objetivo del mejoramiento es reducir el nivel de estearina y aumentar el nivel de oleína, elevando el índice de yodo del aceite de palma, lo cual es una medida del nivel de insaturación.

El índice de yodo de la especie *E. oleífera* se aproxima a 80 y el de la *E. guineensis* a 50. Los híbridos interespecíficos entre estas dos especies poseen un índice de yodo de 65 (Tabla 9), que es más alto que el de la *E. guineensis*. Sin embargo, como se indicó antes, el rendimiento de estos híbridos es bajo y no permite su explotación comercial.

Algunos prospectos de palmas *E. guineensis* de origen africano podrían proporcionar los genes necesarios para lograr un mayor nivel de insaturación y la industria está utilizando activamente estas palmas para incrementar el nivel de insaturación del material vegetal disponible en la actualidad.

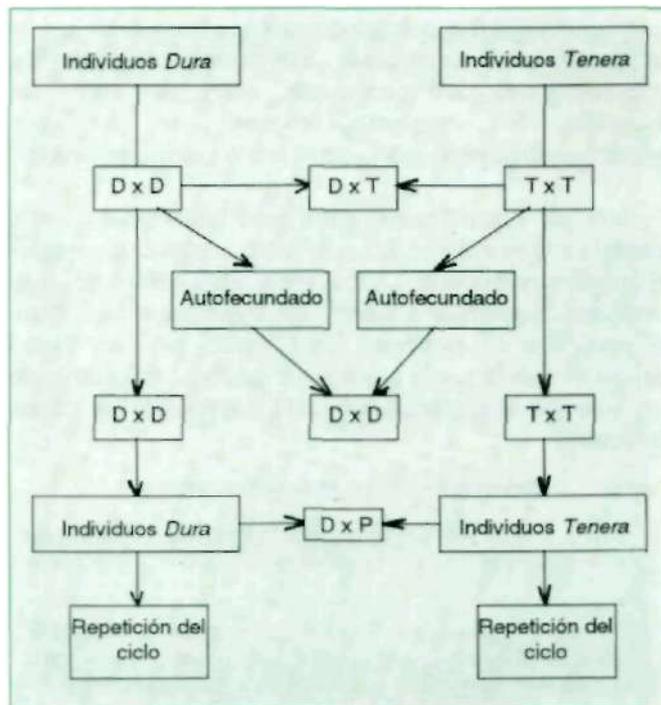


Figura 2. Selección recurrente recíproca para el mejoramiento de la palma de aceite

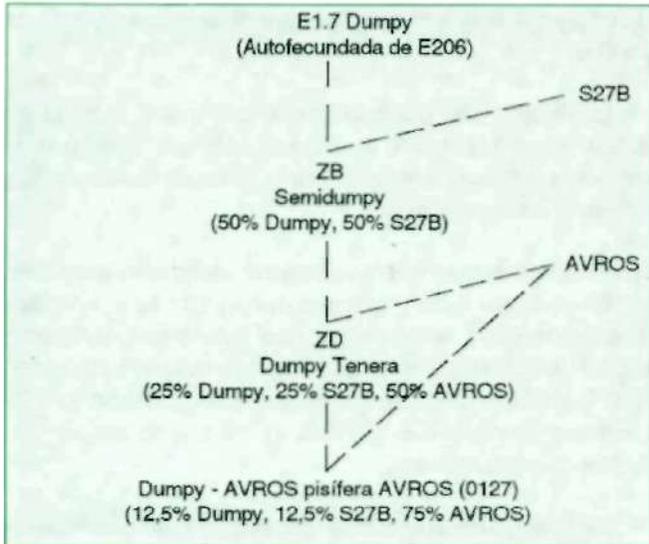


Figura 3. Linaje de la pisifera Dumpy AVROS (0127)

## Mejoramiento para tolerancia al estrés por enfermedad

Al igual que otros organismos, la palma de aceite tiene que soportar diversas condiciones de «estrés». En sentido amplio, el «estrés» se define como cualquier condición adversa que pueda limitar el crecimiento y la productividad normales. Se considera que las circunstancias extraordinarias, como la sequía, la salinidad, los elementos tóxicos y las plagas y enfermedades producen estrés en la palma de aceite.

Una de las enfermedades más importantes de la palma es la marchitez vascular o fusariosis causada por *Fusarium oxysporium* sp. *elaedis*. Esta enfermedad es endémica en África, el centro de origen de este cultivo. El patógeno se transmite por el suelo, penetra en las raíces y avanza hacia el sistema vascular, ocasionando un bloqueo y eventualmente la muerte de la palma infectada.

Tabla 8. Contraste entre Dumpy e híbrido DxP estándar

Caracteres	Dumpy D xP	Estandar D x P	Diferencia (% estándar)
No. de híbridos	13	4	
Racimos (kg/palma/año)	179,60	183,70	-2,23NS
Número de racimos	18,09	19,40	-6,75***
Peso del racimo (kg)	10,00	9,52	+5,04**
Estatura a los 7 años (cm)	216,00	270,00	-19,8***
Longitud del peciolo a los 7 años (cm)	549,00	565,00	-2,8**

\*\* , \*\*\*: Significancia de  $P < 0,01$  y  $P < 0,001$  respectivamente  
NS: No significativo

El esquema general de mejoramiento de la palma de aceite incluye la resistencia a la fusariosis (Reinard y Quillec 1984). Las pruebas de tolerancia a esta enfermedad se realizan tanto en el previvero como en el campo (Prendergast 1963). Un estudio adelantado en Costa de Marfil, demostró que los híbridos de *E. oleifera* x *E. guineensis* son muy resistentes a la fusariosis. La expresión de la resistencia a las enfermedades también se ve afectada por las condiciones ambientales (Renard y Quillec 1984). El progreso de la investigación, dentro de estos lineamientos, promete un futuro mejor para la siembra de progenies resistentes o tolerantes en las regiones africanas susceptibles a la enfermedad.

En el Lejano Oriente, la pudrición basal del estipe causada por el *Ganoderma boninense*, es una enfermedad que reviste importancia económica. Hasta hace poco se logró desarrollar con éxito un método para inocular artificialmente esta enfermedad (Ariffin e Idris 1990). Esta técnica permite estudiar la velocidad de avance del patógeno y ofrece la posibilidad de realizar estudios de «screening» sobre resistencia a la enfermedad. Activamente se están llevando a cabo estudios sobre la resistencia de diferentes progenies al *Ganoderma*.

Tabla 9. Composición del aceite de *E. guineensis*, *E. oleifera* y sus híbridos

Acido graso	<i>E. guineensis</i>	Híbridos	<i>E. oleifera</i>
Mirístico C14:0	1,7	0,9	0,3
Palmitico C16:0	44,0	32,5	25,0
Palmitoléico C16:1	0,2	0,2	1,4
Estearico C18:0	7,4	3,4	1,2
Oléico C18:1	32,5	48,0	68,6
Linoléico C18:2	11,0	13,8	2,1
Linoléico C18:3	0,5	0,4	0,8
Araquídico C20:0	0,2	0,1	0,1
Índice de yodo	54,5	62,0	80,3

Existe un número de plagas como el gusano canasta, el cucarrón rinoceronte, las ratas, y otras, que atacan la palma de aceite y ocasionan cuantiosas pérdidas económicas a la industria. No obstante, es poco lo que se está haciendo en el campo del mejoramiento en busca de palmas tolerantes a las plagas.

Las pérdidas de producción pueden ser debidas a la deficiencia hídrica. Este sólo factor explica la gran diferencia de producción que existe entre Nigeria y el Sureste Asiático, donde la producción de racimos puede ascender a 30-40 t/ha/año, en comparación con la producción máxima de 15-20 t/ha/año que se registra en Nigeria (Okwuaguy Ataga 1992). Es necesario desarrollar palmas de aceite tolerantes a la sequía.

# MEJORAMIENTO PARA CARACTERÍSTICAS MORFOFISIOLÓGICAS

## Caracteres fisiológicos

Se describen algunos trabajos recientes sobre el mejoramiento para características fisiológicas en la palma de aceite, con el objeto de ilustrar la naturaleza del trabajo que se podría realizar en los cultivos perennes. Squire (1984) propuso un modelo basado en el uso de la energía solar por parte de las plantas, pero la utilización de esta energía por el cultivo puede verse limitada por otros factores climáticos, como la temperatura, el agua o los nutrientes del suelo. Los resultados experimentales indican que toda la masa foliar puede fijar del 2-3% de la energía que entra a la biomasa total, lo cual corresponde a una producción anual de materia seca hasta de 80 t/ha en el trópico y de 30 t/ha en las zonas templadas. Corley (1985) calculó el rendimiento potencial teórico y el récord aproximados de rendimiento de algunos cultivos perennes (Tabla 9a).

Tabla 9a. Rendimiento potencial teórico (Corley 1985) y récord aproximado de producción de algunos cultivos perennes.

	Total producción materia seca del cultivo (t/ha/año)	Rendimiento de producto económico (t/ha/año)	Mejor rendimiento real (t/ha/año)
Palma de aceite	44	17	10,0
Cocotero	51	13	6,3
Caucho	46	15	5,0
Cacao	56	11	6,1
Yuca	64	40	25,0

## Selección para la tasa fotosintética

En la mayoría de los cultivos se ha demostrado que un índice de área foliar (IAF) de 4-6, es el tope para la producción de materia seca y el rendimiento. Por consiguiente, un aumento en la materia seca total sólo se puede ganar incrementando la tasa fotosintética por unidad de área foliar, conservando el límite superior del área foliar.

Corley et al. (1973) demostraron que existe una significativa variación genética aditiva en la tasa fotosintética de las plántulas de palma de aceite a diferentes intensidades de luz. Smith (1991) sugirió que un mejor criterio debería ser el de mejorar para una alta tasa fotosintética/unidad de área foliar.

## Area foliar

El área foliar se calcula a partir del número de hojas y el tamaño de las mismas, y presenta amplias variaciones genéticas. En la palma de aceite, la  $h^2n$  para la relación de área foliar (RAF) fue del 83%, y Hardon et al. (1969) demostraron una correlación significativa entre el área foliar y el rendimiento en varias progenies de palmas. Rajanaidu y Rao (1987) calcularon la correlación genética entre el área foliar y la producción de racimos de fruta fresca (RFF) en palma de aceite y obtuvieron una correlación significativa del 0,69. Estos dos caracteres (rendimiento y área foliar) también están correlacionados con la longitud del pecíolo.

## Índice de cosecha

Como se mencionó anteriormente, los incrementos más importantes en el rendimiento de algunos cultivos pueden originarse en los cambios del índice de cosecha. Breure (1986) ha demostrado que la selección de palmas progenitoras por una alta relación del área foliar (la relación área foliar materia seca vegetativa) es un método eficaz para mejorar el rendimiento de la progenie. Squire (1984) sugirió que es posible incrementar el rendimiento variando la relación área foliar/peso.

En 1973, el Instituto para la Investigación sobre Palma de Aceite de Nigeria (NIFOR) y el Instituto Malayo para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (MARDI) [cuyas colecciones de palma actualmente se encuentran en el Instituto Malayo para la Investigación sobre Aceite de Palma (PORIM)] tomaron muestras de 45 poblaciones de palma de aceite a todo lo largo del cinturón natural de la palma de aceite en Nigeria. Estas poblaciones se sembraron en el campo en 1976 y se seleccionaron por parámetros vegetativos, fisiológicos, de rendimiento y de racimo.

Los siguientes parámetros fisiológicos se seleccionaron en esta población de germoplasma:

- Rendimiento (RFF)
- Materia Seca Total (MST)
- Materia Seca Vegetativa (MSV) (t/ha/año)
- Materia seca del racimo (MSR)(t/ha/año)
- índice del racimo
- Intercepción fraccional (f)
- Índice del área foliar (IAF)
- Área foliar (AF)
- Eficiencia de conversión (e)
- Índice peciolar (IP)

El análisis genético de estas características aparece en la Tabla 10. Existen diferencias significativas a nivel de población y de familias para RFF, MSV, MSR, MST, IR\*, f, e, IP, IAF y longitud del raquis (LR). Los cálculos de h<sup>2</sup> para RFF, IR y son bastante similares en magnitud. No existe ninguna interacción significativa entre poblaciones x años (PxA) y familias x años (FxA). Por lo tanto, estos caracteres permanecen constantes en el transcurso del tiempo.

Tabla 10. Anova y h<sup>2</sup> para parámetros fisiológicos (1983 - 1986)

	Población (p)	Fam/pob	PxRend	FxRend	Promedio	h <sup>2</sup>
RFF	**	**	ns	ns	148,59	0,17-0,34
MSV	**	**	ns	ns	11,77	0,37-0,74
MRS	**	**	ns	ns	13,73	0,17-0,34
MST	**	**	ns	ns	25,50	0,25-0,50
IR	**	**	ns	ns	0,52	0,18-0,36
f	**	**	ns	ns	0,86	0,40-0,80
e	**	**	ns	ns	0,95	0,20-0,40
IP	**	**	ns	ns	3,47	0,28-0,55
IAF	**	**	ns	ns	4,79	0,38-0,76
LR	**	**	ns	ns	5,03	0,51-1,00

\*\* significativo al 0,01%      ns = no significativo

Las palmas de rendimiento muy alto (295 kg/palma/año) y palmas de rendimiento intermedio (104 kg/palma/año) se agruparon con el fin de determinar los cambios en el rendimiento y las correspondientes variaciones en los parámetros morfofisiológicos. La Tabla 11 demuestra que la producción de racimos cambió en un 65%, mientras que los parámetros fisiológicos cambiaron de la siguiente manera: MST en un 49%, MSR en 65%, MSV en 20%, IR\* en 32% y «e» en 45%. No se registraron cambios en f ni en el IP (se registró una ligera reducción).

Tabla 11. Cambios en el rendimiento y parámetros morfofisiológicos asociados

	RFF Racimos	MSV	MSR	TMS	IR	f	e	IP
Productores moderados	104,03	12,97	9,30	22,00	0,43	0,90	0,80	3,33
Productores de alta producción	295,44	16,30	26,85	43,14	0,63	0,94	1,47	3,10
Cambios%	64,79	20,43	65,36	48,54	31,75	4,26	45,58	-7,42

Nota: sobre la base del promedio de 10 palmas de cada clase

## AVANCES PARA EL FUTURO

### Recursos genéticos

Los actuales programas de mejoramiento de la palma de aceite tienen una base genética demasiado estrecha.

Con el objeto de ampliar la variabilidad genética y comprender el nivel de variación de varios caracteres se realizó una serie de colecciones genéticas. En 1973 se recolectaron palmas en 45 lugares de Nigeria. El material genético de esta colección proporcionó genes valiosos para alto rendimiento, enanismo e insaturación (índice de yodo alto). Algunas de estas palmas tienen gran potencial y podrían dar un rendimiento de aceite hasta de 10-12 t/ha/año, lo cual representa el doble de la producción actual de 5-6 t/ha/año (Tabla 12). Además, estas palmas son de baja estatura, con un incremento de altura de sólo 20-25 cm/año, comparado con el de 45-75 cm/año que se registra en el material vegetal actual. Las palmas enanas serían de gran utilidad para la industria, por cuanto reducirían los costos de cosecha. Además, se podría prolongar el ciclo de renovación si se establecieran plantaciones de palmas enanas.

Tabla 12. Palmas nigerianas tenera enanas y de alta producción

Ensayo No.	Familia	Palma No.	Prod. Aceite (kg/palma/año)	Prod aceite (t/ha/año)	Incr Altura (cm/año)
0.149	28.17	12724	83,34	12,18	23,1
0.149	19.11	12279	75,94	11,24	21,5
0.149	13.05	12094	76,27	11,29	24,0
0.150	16.21	4352	70,39	10,42	24,9
0.150	19.13	3759	71,59	10,59	22,5
Materiales actuales - potencial de producción				9,40	40-75
Promedio plantación				5-6	40-75

La composición de ácidos grasos del aceite de palma que se produce con el actual material vegetal limita su participación en el mercado de los aceites líquidos y de mesa. Muchos de los germoplasmas de palma tienen aceite con un índice de yodo (I Y) por encima de 60 (Tabla 13). Al fraccionar más el aceite crudo de palma, la oleína podría alcanzar un índice de yodo cercano a 70 y con este índice sería posible comercializar la oleína de palma como aceite de mesa en países de clima frío.

Lo anterior demuestra la importancia de los recursos genéticos de la palma de aceite para la industria del aceite de palma. En los próximos 20 años, el material vegetal de palma de aceite a base de recursos genéticos tendrá un papel de vital importancia para aumentar la capacidad competitiva del aceite de palma en el mercado internacional.

### Incremento del rendimiento mediante la propagación vegetativa

Además del método convencional de mejoramiento, la propagación vegetativa mediante la técnica de cultivo

Tabla 13. Composición de ácidos grasos (%) del ACP de palmas nigerianas de alto Índice de Yodo

Palma No.	C14:0	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	I.Y.
22	0,6	32,8	6,5	43,7	15,3	63,9
38	0,5	32,5	7,9	44,3	13,5	61,3
48	0,7	35,4	5,5	43,0	14,2	61,4
128	0,6	35,3	5,3	42,1	15,8	63,4
146	0,5	32,4	5,6	45,0	15,5	65,4
151	1,1	36,1	5,4	41,6	14,8	61,2
305	0,9	40,1	5,1	47,9	14,7	61,4
618	0,6	33,7	6,7	44,2	13,5	61,2
814	0,5	32,6	6,6	47,4	11,8	61,1
903	0,4	30,8	7,3	46,5	13,9	63,9
971	0,3	31,2	7,0	49,1	12,9	64,4
1861	1,4	37,0	6,4	36,2	17,6	61,4

de tejido es una nueva ruta para aumentar la producción de aceite (Jones 1974; Rabechauit y Martin 1976). No obstante, la evaluación a gran escala de clones de palma de aceite demostró que el método presentaba ciertas dificultades, especialmente en lo que se refiere al problema del fruto recubierto. Sin embargo, Meunier (1989) confía en que eventualmente esta técnica se convertirá en una realidad y que aumentará la producción de la palma aceite en un 30%, como dijimos antes. Jacquemard y Durand-Gasselin (1992) observaron que, en promedio, el rendimiento de las palmas provenientes de plántulas aumenta cerca del 1% anual, mientras que la mejora de los materiales clonales representa un 19%.

## MÉTODOS NO CONVENCIONALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE

**S**i analizamos el mejoramiento para el siglo XXI, es necesario tener en cuenta los avances que se han logrado en el campo de la biotecnología vegetal. En vista del acelerado progreso de esta nueva tecnología, es previsible que su impacto en la agricultura del próximo siglo se sentirá en todos los cultivos principalmente, incluyendo la palma de aceite.

### Aplicaciones en el Mejoramiento de la Palma de Aceite

El trabajo realizado en el desarrollo de la tecnología recombinante de la palma de aceite actualmente está encaminado hacia el mejoramiento de la palma para producir aceite con altos niveles de monoinsaturados. Para tal efecto se han emprendido estudios acerca de la bioquímica y la biología molecular de las enzimas claves que participan en la biosíntesis de los ácidos grasos. En el intento de transformar las células de la palma de aceite

por medios *in vitro* se ha observado la expresión transitoria de genes indicadores.

Uno de los factores que constituyen impedimento para los estudios genéticos en palma de aceite es la falta de marcadores. Por lo tanto, se desarrollaron marcadores moleculares utilizando las técnicas de «Restriction Fragment Length Polymorphism» (RFLP), del DNA polimórfico amplificado aleatoriamente (RAPD), el PCR y las huellas de DNA. Los marcadores RFLP se han utilizado para evaluar la variabilidad genética entre y dentro de la especie de palma de aceite (Cheah et al. 1992; Corley 1992; Meunier 1992). Existen planes para construir un mapa genético para la palma de aceite.

### Prospectos Futuros

La aplicación del DNA recombinante en la palma de aceite todavía se encuentra en etapa inicial. Dado que la tecnología ofrece la posibilidad de acortar el tiempo que requiere el mejoramiento convencional y de crear nuevas plantas, valdría la pena tener en cuenta algunas aplicaciones futuras.

### Mejoramientos agronómicos

Gran parte del interés que existe en el desarrollo de herbicidas transgénicos y de plantas resistentes a plagas y enfermedades, se generó por el hecho de que estas características se pueden lograr mediante la introducción de genes únicos. Se han obtenido plantas tolerantes a herbicidas tales como glifosato, fosfotricina y bromoxinil mediante la transformación de las plantas con genes bacteriales (Botterman y Leemans 1988). El uso del gen de la toxina *Bt* del *Bacillus thuringiensis* Berliner, ha resultado en plantas resistentes a larvas lepidópteras (Vaeck et al. 1987; Fischhoff et al. 1987).

Quizás, la aplicación más útil de la tecnología del DNA recombinante para el control de enfermedades en palma de aceite es el desarrollo de sondas de diagnóstico para detectar los patógenos en las etapas tempranas.

### Calidad del aceite

Existe un gran interés en la aplicación de la tecnología del DNA recombinante para modificar la composición del aceite que producen las oleaginosas (Battey et al. 1989). Informes recientes demuestran que es posible manipular tanto el nivel de insaturación del aceite como la longitud de cadena de los ácidos grasos.

En los intentos para producir aceite de colza con un alto contenido de estearato, se utilizó la tecnología «antisense». La construcción «antisense» de un gen de la estearoil-ACP desaturasa del cártamo, bajo el control de promotores específicos a las semillas, fue introducida a la colza vía la transformación mediada por *Agrobacterium* (Kridl et al. 1991). El aceite producido por las plantas transformadas tuvo 20 veces más la cantidad de estearato que el aceite de colza común. En otro estudio se aisló un gen de acil-ACP tioestearasa de C12:0-preferente del «laurel de California» (Voleker et al. 1992a). Cuando el gen se transformó en colza, bajo el control de promotores específicos a las semillas, se presentó una acumulación significativa de laureato en las semillas de las plantas transformadas (Voelker et al. 1992b).

## Mejoramiento molecular

El descubrimiento de los marcadores moleculares, tales como el RFLP y el RAPD, ha permitido la construcción de mapas genéticos de alta densidad para varios cultivos, incluyendo la palma de aceite. Con tales mapas se ha iniciado una nueva era en el mejoramiento de plantas. El «mejoramiento molecular» fue el término que utilizó Leemans (1993) en un artículo reciente.

Se han descrito diversas aplicaciones de los mapas genéticos, uno de los cuales es la clonación de un gen en virtud de su vínculo con un marcador. Se está utilizando la misma estrategia para el aislamiento de genes de las enzimas biosintéticas de los ácidos grasos (Bach 1992).

El mejoramiento molecular se aplica por igual a cultivos anuales y perennes, y más aún en los cultivos de árboles tal como la palma de aceite, donde el largo período de una generación impide la selección temprana de caracteres cuantitativos. La disponibilidad de marcadores moleculares y mapas genéticos debería permitir lo anterior, lo cual reduciría el tiempo que requiere el mejoramiento, al igual que la selección de progenitores para cruzamientos. Más importante aún es el hecho de que el mejoramiento molecular tendrá un impacto tremendo sobre la reducción del número de generaciones que se requieren para un programa de retrocruzamientos, si existen marcadores laterales del gen en estudio. Actualmente, estas aplicaciones son restringidas por la cantidad de recursos y de personal que exigen. Se está intentando reducir estos requisitos mediante el desarrollo de métodos de análisis y sistematización más eficientes.

## TENDENCIAS DE PRODUCCION DE LA PALMA DE ACEITE

Hardon et al. (1987) demostraron que con el material Deli *dura*, la producción de racimos aumentó de 120 kg/palma/año, en 1887, a 180 kg/palma/año en 1969, lo que representa una tasa de incremento de 2 kg/palma/año, como resultado del progreso de la selección y del aumento en el rendimiento de aceite. La producción de aceite aumentó de 2,8 t/ha/año en 1878 a 4,5 t/ha/año en 1969 (Tabla 14).

Tabla 14. Comparación de material Deli Dura de fuente no seleccionada con la primera (Elmina) y cuarta (OPRS) Selección

Padres	Año	No. palmas	Peso Racimo (kg/palma)	Prod (t/ha)	M/F (%)	A/R (%)	A (t/ha)
F <sub>1</sub> Bogor	1878	25	120	16,5	58,7	17,6	2,8
Tg Morawa	1885	125	116	16,0	59,7	17,4	2,7
Elmina Est.	1933	118	146	20,1	58,2	17,0	3,4
OPRS	1969	94	180	24,8	64,2	18,3	4,5

De manera similar, Lee y Toh (1990) demostraron el mejoramiento del material DxP. La producción de racimos aumentó de 21,1 t/ha a 34,5 t/ha, mientras la producción de aceite aumentó de 4,9 t/ha a 8,9 t/ha, lo que representa incrementos del 63,5% y del 81,6%, respectivamente. También, la relación aceite / racimo aumentó de un mínimo de 20,6% a 25,8%, lo cual significa un incremento del 25,2% (Tabla 15).

Tabla 15. Producción de materiales Golden Hope DxP

Ensayo	Año siembra	Tipo de materiales	No. de progenies	Prod. RFF (t/ha)	A/R (%)	Estim.prod aceite (t/ha)
A	1962	DD x CI	32	22,0	22,2	4,9
		DD x UAC	15	24,6	20,6	5,1
		DD x SP	6	21,1	23,0	4,9
B	1964	DD x AVROS	22	31,0	23,5	7,3
C	1968	DD x AVROS	16	31,1	22,1	6,9
D	1970	DD x AVROS	29	31,6	24,2	7,6
E	1979	DD x AVROS	5	34,5	25,8	8,9
		DD x Dy AVROS	10	33,3	25,8	8,6

Meunier (1989) informó que en Costa de Marfil la producción de aceite en los palmares naturales mejorados aumentó de 0,8 t/ha/año en 1940 a 4,55 t/ha/año durante el segundo ciclo de selección recurrente recíproca en 1985 (Tabla 16).

Tabla 16. Avances en el rendimiento del aceite de palma en Costa de Marfil

Período	Rendimiento de aceite (t/ha/año)	Avance (%)
Palmares silvestres mejorados (1940)	0,80	23
Cruzamientos interpoblacionales (1950)	2,50	75
Cruzamientos interpoblacionales (1960)	3,33	100
1er. Ciclo SRR (1970)	3,93	118
2o. Ciclo SRR	4,55	137
2o. Ciclo SRR Indonesia	6,71	

El rendimiento de la palma de aceite se ve muy afectado por el nivel de mantenimiento, los niveles de fertilización, los suelos, la precipitación, etc. Jalani y Ariffin (1993) demostraron que parcelas bien fertilizadas producen 31 t/ha/año de RFF, a diferencia de los testigos que producen 20 t/ha/año.

Henson (1990) comparó los rendimientos de la palma de aceite en Malasia con los de otros lugares, y el resumen aparece en la Tabla 17. Se calcula un rendimiento teórico de materia seca de 44 t/ha/año y un rendimiento de aceite de 17 t/ha/año. Las mejores progenies seleccionadas y las palmas individuales producen entre 10 y 121 RFF/ha/año. Las plantaciones comerciales bien mantenidas producen cerca de 30 toneladas de racimos/ha/año y 5-6 t/ha/año de aceite de palma t/ha/año. El rendimiento promedio nacional en Malasia es de 3,7 t/ha/año de aceite de palma y las plantaciones de Nigeria producen aproximadamente 1,6-2,0 t/ha/año.

Tabla 17. Tipos de rendimiento de palma de aceite

Tipo de rendimiento	Total materia seca	Rendimiento de aceite
	(t/ha/año)	(t/ha/año)
Rendimiento teórico:	44	17,0
Mejores rendimientos experimentales:		
Palmas individuales seleccionadas		12,2
Mejores progenies		10,0
Mejores lotes/años	39	8,6
Buenos rendimientos comerciales:		
Malasia	30	5,0 - 6,0
Promedios de rendimiento nacional:		
Malasia - plantaciones	3,7	
Nigeria - plantaciones	20	1,6 - 2,0
Palmares silvestres		0,18

## CONCLUSION

Los programas de investigación y desarrollo, especialmente en el campo del mejoramiento y prácticas de manejo agronómico, han mejorado el

comportamiento de la palma de aceite en el sentido de que este cumple con los requisitos económicos y ambientales. No obstante, es necesario emprender más estudios para refinar, ajustar y mejorar el comportamiento para cumplir con requisitos más estrictos y claros. La respuesta puede estar en el desarrollo de la palma de aceite ideal.

Para desarrollar tales palmas, se requerirá avanzar paso entre paso y se necesita tiempo. De hecho, estos pasos se iniciaron hace varios decenios. Por ejemplo, la producción de aceite ha venido mejorando progresivamente de 0,18 t/ha/año en los palmares silvestres, a más de 12 t/ha/año, lo cual se acerca más a la producción teórica de 17 t/ha/año (Tabla 17).

Se ha postulado que para que una palma de aceite sea altamente rendidora, es necesario aumentar la materia seca total de la palma individual, lo cual se podría canalizar hacia un estipe corto y posiblemente más vigoroso, con menos follaje y más corto, lo cual minimizaría la competencia entre palmas (Rajanaidu y Zakri 1988). No obstante, en las siembras de alta densidad es necesario aumentar la tasa fotosintética por unidad de área, como sucede en otros cultivos (Figura 4).

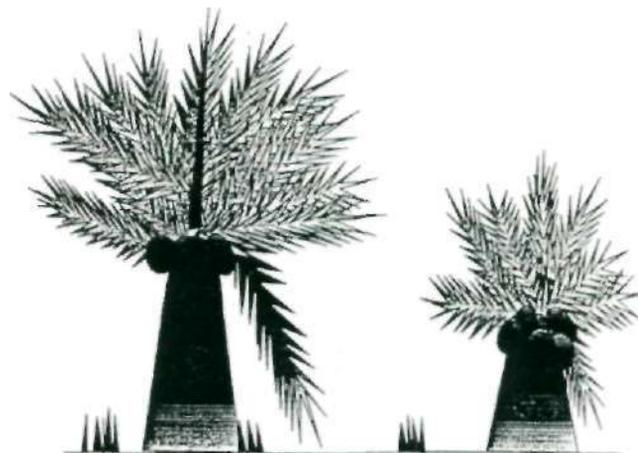


Figura 4. Palma de aceite ideal.

Las variedades de palma de aceite necesitan ser versátiles y capaces de producir una amplia gama de tipos de aceite (v.g. alto índice de yodo para satisfacer las necesidades del mercado de los aceites líquidos, alto contenido láurico para cumplir con los requisitos de la industria oleoquímica, etc.) Así mismo, las palmas deben ser eficientes, en términos del uso de recursos y tolerancia al estrés.

La industria dispone de los tipos de plantas anteriormente descritos, especialmente en lo que se refiere a la colección genética en palmares silvestres y semi-silvestres. Sería conveniente emplear una combinación de los métodos de mejoramiento convencional y molecular para desarrollar la palma ideal en un tiempo razonable.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Director General del PORIM por haber autorizado la presentación de este trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

- ARIFFIN, D.; IDRIS, A.; SEMAN. 1990. Progres of Ganoderma Research at PO-RIM Proceedings of Ganoderma Workshop, Bangi, Malaysia. 11 Spf. 1990.
- BACH, T.J. 1992. Plant lipid specialists hold 10th symposium in Tunisia. Inform 3: 1118-1129.
- BATTEY, J.F.; SCHIMD, K.M.; OHLROGGE, J.B. 1989. Genetic engineering for plant oils: potential and limrtations. Trends in Biotechnology (Inglaterra) v.7, p.122-126.
- BERINAERT, A.; VANDERWEGE, R. 1941. Contribution a l' d'tude genetique et biometrique des varietaes d'*Elaeis guineensis* Jacq. INEAC. Bruselas. (Serie Sci. no. 27).
- BOTTERMAN, J.; LEEMANS, J. 1988. Engineering herbicide resitance in plant. Trends in Genetics v.8, p.219-222.
- BREURE, C.J. 1986. Parent selection for yield and bunch index in the oil palm in West New Briton. Euphytica (Holanda) v.35, p.65-72.
- CHEAH, S.C.; OOI, L.C.L.; RAHIMAH, A.R.; MARIA, M. 1992. Assesment of genetic variability in the oil palm (*Elaeisspp.*) using RFLP probes. 1992 Miami Bio/Technology Winter Symposium on Advances in Gene Technology: Feeding the World in the 21st Century. Proceedings. p.5.
- COMSTOCK, R.E.; ROBINSON, H.F. 1952. Estimation of average dominance of genes. In: J.W. Gowen (Ed.). Heterosis. Iowa State University Press, Ames. p.494-516.
- CORLEY, R.H.V. 1985. Yield potentials of plantation crops. International Potash Institute Colloquium, 19n, Bangkok, Thailand, 25-27 November 1985. 18p.
- . 1992. Future prospecte for oil palm breeding: New techniques, new strategies, new products. In: International Symposium on the Science of Oil Palm Breeding, ISOP/IRHO/PORIM/BUROTROP, Montpellier, France, July 1-3, 1992.
- ; HARDON, J.J.; OOI, S.C. 1973. Some evidencefor geneticalry controlled variation in photosynthetic rate of oil palmseedlings. Euphytica (Holanda) v.22, p.49-53.
- FISCHHOFF, D.A.; BOWDISH, K.S.; PERLAK, F.J.; MARRONE, P.G.; McCORMICK, S.M.; NIEDERMEYER, J.G.; DEAN, D.A.; KUSANOKREZMER, K.; MAYER, E.J.; ROCHESTER, D.E.; ROGERS, S.G.; FRALEY, R.T. 1987. Insect tolerant transgenic tomato plants. Bio/Technology (Estados Unidos) v.5, p.807-813.
- GASCON, J.P.; NOIRET, J.M.; MEUNIER, J. 1969. Effects de la consanquite chez *Elaeis guineensis* Jacq. Oleagineux (Francia) v.24, p.603.
- HARDON, J.J.; THOMAS, R.L. 1968. Breeding and selection of the oil palm in Malaya. Oleagineux (Francia) v.23, p.85.
- ; WILLIAMS, C.N.; WATSON, J. 1969. Leaf area and yield in the oil palm in Malaya. Experimental Agriculture (Inglaterra) v.5, p.25-32.
- ; RAO, V.; RAJANAIDU, N. 1985. A review of oil palm breeding. In: G.E. Ruseel (Ed.). Progress in Plant Breeding. Butterworths, Durban, South-Africa. p.139-163.
- ; CORLEY, R.H.V.; LEE, C.H. 1987. Breeding and selection for vegetative propagation in oil palm. In: A.J. Abbott and R.K. Atkin (Eds). Improvement of vegetatively propagated Crops. Academic Press, New York. p.64-81.
- HARTLY, C.W.S. 1988. The Oil Palm. Longmans, London.
- HENSON. 1990. Estimating potential productivity of oil palm. In: ISOPB International Workshop on Yield Potential in Oil Palm (*Elaeis guineensis*), 20-30th October 1990, Phuket, Thailand. Proceedings. p.98-108.
- JACQUEMAND, J.C.H.; DURAND-GASSELIN, T. 1992. Production of improved oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Planting Material: Production from seed and clonal methods. In: International Symposium on the Science of Oil Palm Breeding. ISOP IRHO/PORIM/BUROTROP, Montpellier, France, July 1-3, 1992.
- JALANI, B.S.; ARIFFIN, DARUS. 1993. Quality practices in R-D in the plantation sector. Palm Oil Quality Conference, PORIM, Malaysia, 11-13 January 1993.
- JONES, L.H. 1974. Propagation of clonal oil palms by tissue culture. Oil Palm News (Malasia) v.17, p.1-8.
- KRIDL, J.C.; KNUTZON, D.S.; JOHNSON, W.B.; THOMPSON, G.A.; RADKE, S.E.; TURNER, J.C.; KNAUF, V.C. 1991. Modulation of stearyl-ACP desaturase levels in transgenic rape. In: International Congress of Plant Molecular Biology, 3o, Tucson, Arizona, USA. 6-11 October 1991. Proceedings. no. 723.
- LEE, C.H.; TOH, P.Y. 1990. Yield performance of Golden Hope OPRS DxP planting materials. In: ISOPB International Workshop on Yield Potential in the Oil Palm, 19-30 October 1990. Phuket. Thailand. Proceedings. p.24-29.
- LEEMANS, J. 1993. Ti to tomato, tomato to market. Bio/Technology (Estados Unidos) v.11, p.S22-S26.
- MEUNIER, J. 1989. Advances in oil palm breeding: progress and prospecte. In: International Conference on Palms and Palm Products. NIFOR, Nigeria.
- . 1992. Developments in the field of plant breeding and their application to oil palm breeding. In: International Symposium on the Science of Oil Palm Breeding, ISOP/IRHO/PORIM/BUROTROP, Montpellier, France, July 1-3, 1992.
- ; GASCON, J.P.; NOIRET, J.M. 1970. Héredité des caracteristiques des régime d'*Elaeis guineensis* Jacq. en Cote d'Ivoire. Oleagineux (Francia) v.25, p.377.
- PRENDERGAST, A.G. 1963. A method of testing oil palm progenies at the nursery stage for resistance to vascular wilt disease caused by *Fusarium oxysporium* Schl. Journal of West African Institute for Oil Palm Research (Nigeria) v.4, p.156-175.
- RABECHAULT, H.; MARTIN, J.P. 1976. Multiplication vegetative du palmier a huile l'aide de cultures de tissus foliaires. C.R. Academie des Sciences. Paris. Series D: Sciences Naturelles. no.238, p.1735.
- RAJANAIDU, N.; RAO, V. 1987. Oil palm genetic correlations: Their performance and use to the industry. In: Oil Palm/Palm Oil Conference, 29 June - 1 July 1981, PORIM/ISP. Kuala Lumpur, Malaysia.
- ; ZAKRI, A.H. 1988. Breeding for morphophy biological traite in crop plante. In: A.H. Zakri (Ed.). Plant Breeding and Genetic Engineering. SABREO. Malaysia. p.117-140.
- RENARD, J.L.; QUILLEC, G. 1984. Some aspects of the research into major disease of oil palm in Africa and South Africa. J. Pl. ot. Tropics v.1, p.69-76.
- ROBBELEN, G. 1990. Mutation breeding for quality improvement- acasestudy for oilseed crops. Mutation Breeding Review. Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture. FAO. Rome. no.6. p.1-44.

- ROSENQUIST, E.A. 1992. Some ancestral palms and their descendent. In: International Symposium on the Science of Oil Palm Breeding, ISOP/IRHO/PORIM/BUROTROP. Montpellier, France, July 1-3, 1992.
- SMITH, B.G. 1991. Oil palm breeding: The Potential for using physiological selection criteria. In: PORIM International Palm Oil Conference. Kuala Lumpur, Malaysia. 5-9 September 1991. Proceedings-Agriculture Module. p.57-62.
- SQUIRE, G.R. 1984. Light interception, productivity and yield of oil palm. International Report, PORIM, Malaysia. 73p.
- VAN DER VOSSEN, H.A.M. 1974. Towards more efficient selection for oil yield in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Agricultural Research Reporte. 823., Wageningen, Holland.
- VAECK, M.; REYNAERTS, A.; HOFTE, H.; JANSSENS, S.; BEUCKLEER, M. de; DEAN, C.; ZABEAU, M.; VAN MOTANGUE, M.; LEEMANS, J. 1987. Transgenic plante protected from insect attack. Nature (Inglaterra) v.328, p.33-37.
- VOELKER, T.A.; WORREL, A.C.; ANDERSON, L.; BLEIBAUM, J.; FAN, C.; HAWKINS, D.J.; RADKE, S.; DAVIES, H.M. 1992a. Fatty acid biosynthesis redirected to médium chaina in transgenic oilseed plante. Science (Estados Unidos) v.257, p.72-74.
- \_\_\_\_\_; DAVIS, H.M. 1992b. Engineering laurate production in oilseeds. 1992 MiamiBio/Technology Winter Symposium on Advances in Gene Technology: Feeding the World in the 21th Century. Proceedings. p.102.
- YONG, Y.Y. 1992. The oil palm breeding programe in Malaysia. In: International Symposium on the Science of Oil Palm Breeding, ISOP/IRHO/PORIM/BUROTROP, Montpellier, France, July 1-3, 1992.
- \_\_\_\_\_; CHAN, K.W. 1990. The progress and achievement in breeding for high yielding short palms. Plantation Management Seminar, TDN Bhd, Kuala Terengganu, Malaysia, 25-26 Mayo 1990.

## PANEL

P: Jaime Gómez

Palmas de Tumaco - Colombia.

A mí me gustaría conocer si en Malasia se han hecho experimentos parecidos a los que usted mostró sobre manipulación genética para conseguir mejores condiciones del aceite de palma.

R/ Sí, tratamos de hacer los tres métodos que mencioné, uno es el mejoramiento convencional, y ahora hay un movimiento para utilizar biotecnología, pero es muy cara, tiene que cortar los diferentes carboxilos y los diferentes componentes, que es muy costoso, estamos moviéndonos hacia la ingeniería genética tratando de cambiar la composición del aceite. Esto es un cambio bastante largo pero se está trabajando. Estamos produciendo híbridos convencionales con el mejoramiento convencional.

P: Fidel Patarroyo

CENIPALMA -Colombia.

En su conferencia expone que dentro de los componentes de heredabilidad, la parte genotípica es muy baja, por lo cual la selección se hace fenotípicamente; esto indica que el factor ambiental tiene una gran influencia. Sin embargo, comúnmente se dice, cuando se hace, algunos ensayos, que cada planta es un individuo, lo cual no tiene discusión dado por los cruces y todos los otros factores. Ahora, cuando usted hizo

la correlación de área foliar con rendimiento, encontró una alta correlación positiva. Realmente lo que aún no sé. Cuál ha sido la relación del área foliar y sí ha sido altamente positiva? y si en el efecto de la taza fotosintética por unidad de área foliar se varía el número de estomas por hoja o el número de estomas por unidad de área o la taza de reducción de CO<sub>2</sub> por unidad de área?

R/ Esta es una pregunta muy difícil. Nosotros proponemos que se reduzca el área foliar, pero al mismo tiempo se debe compensar con otros factores, buscando una mayor eficiencia, tratando de que la tasa fotosintética no sea baja. Podemos obtener una área foliar baja con una tasa fotosintética alta o viceversa, colocando por una parte más o menos palmas por hectárea.

Hay puntos de vista que opinan que se debe incrementar el área de palmas por hectáreas, por ejemplo 160, e ir reduciendo el área foliar por palma; el incremento del rendimiento sería tremendo pero con una alta densidad usted tendrá también una alta competencia. Una de las formas de reducir la competencia es disminuyendo el área foliar y aumentando el área fotosintética.

En relación con los factores internos como estomas, no estoy seguro acerca de los componentes,

pero si usted tiene un nivel freático alto y menos humedad relativa en el aire, ésta afecta la fotosíntesis también, por tanto hay muchos factores internos y externos que deben ser considerados.

P: José Antonio Torres

Palmeras Santana.

Deseo saber si ustedes han determinado métodos para saber qué porcentaje de nutrientes tiene cada parte de la palma que sean fáciles de aplicar en plantaciones comerciales. Además, si ustedes tienen algún dato de las cantidades de nutrientes principales que se extraen en el cultivo de 25 t/ha en adelante.

R/ Hay estudios que han sido realizados para observar el fertilizante recuperado por planta, pero depende del tipo de fertilizante, del suelo y el tipo de análisis.

Existen estudios en varias partes del mundo donde se ha determinado el tipo de fertilizante recuperado por la planta. También se han hecho trabajos para mostrar el contenido nutricional de los diferentes tejidos de la planta, en las raíces, en el estipe, en las hojas, pero no tengo los datos aquí. Hay publicaciones en Oleagineaux y en otras revistas que hablan de estos temas.