Mejoramiento de progenies **de altos rendimientos en Dami OPRS**

Breeding for High Yielding **Progenies at Dami OPRS**

Frederic Dumortier[1]

Resumen

Este documento presenta una descripción del programa de mejoramiento de Dami OPRS y el progreso logrado para asegurar mejores variedades a corto y largo plazo. Se presentan resultados de ensayos internacionales para resaltar el comportamiento y estabilidad de las características de la progenie en diferentes ambientes. También se discuten los objetivos de los principales proyectos de investigación y desarrollo.

Summary

This paper gives an overview of the breeding program at Dami OPRS and the progress achieved to secure short and longer-term breeding improvement. The results of international trials are presented to highlight the performances and stability of progeny characters in different environments. The objectives of the main R&D projects are also briefly discussed.

Palabras Clave

Mejoramiento genético,
Progenies,
Rendimientos,
Material genético.

1 . Dami OPRS, Papua, Nueva Guinea.
Nota: Traducido por Fedepalma.

Introducción

El programa de mejoramiento de Dami tiene como objetivo principal el mejoramiento continuo del rendimiento de su material Dura x Pisífera, especialmente la producción temprana y altas tasas de extracción de aceite (Dumortier, 1996). La disminución de vigor vegetativo es otro objetivo de la selección para minimizar la competencia entre palmas y permitir ciclos extendidos de resiembra, aunque no se debe lograr a expensas de los rendimientos. La adaptación al ambiente local es cada vez más importante, ya que la palma de aceite se ha venido sembrando en ambientes más marginales y se requiere mucho trabajo para mejorar la tolerancia genética a la sequía, a deficiencias de nutrientes y la resistencia a enfermedades como la *Ganoderma*.

El programa de mejoramiento en Dami se basa en el Sistema de Selección Recurrente Recíproca (SRR), dirigido al mejoramiento continuo de las poblaciones base de Dura y Pisífera por sus habilidades de combinación recíprocas. Su objetivo es asegurar un progreso a corto plazo explotando la variación genética disponible de las poblaciones de Deli y Avros. Al mismo tiempo, se están probando e introgresando otras fuentes de germoplasma en las poblaciones base para ampliar la base genética y asegurar el potencial de mejoramiento a largo plazo.

Programa de pruebas de progenie

El programa SRR se basa en extensos ensayos de progenie para identificar palmas superiores de Dura y Pisífera para producción de semilla y la creación de nuevos viveros. La selección de Ténera también ha venido recibiendo creciente atención en los últimos años para el desarrollo de nuevas fuentes de polen. La Tabla 1 presenta la lista y objetivos de los principales ensayos de progenie actuales, que representan 1.902 familias registradas en un área de 988 hectáreas y pruebas en un total de 746 Dura, 213 Pisífera y 163 Ténera.

Todos estos ensayos de progenie se registran con base en palmas individuales y se han diseñado para estimar el valor genético de los padres, calculando la habilidad general de combinación (HGC) a partir de los resultados de progenie. El diseño de los cruces está estandarizado de acuerdo con el diseño II 'balanceado' incompleto de Carolina del Norte, como lo describe Meunier (1987).

Tabla 1 Pruebas de progenie actuales

Ensayo	Año	Área	No. de familias	No. de palmas probadas			Material probado
				Dura	Pisífera	Ténera	
120	1987	73	70	70	1		Dura ex 210
228,234	1987	30	40	26	10		Polen Binga
244	1990	17	54	35	17		Varias fuentes de pisífera
248	1991	10	34	10	8		Lobe
256	*1993*	*133*	*282*	*20*	*5*		*Ensayos internacionales CCPT-1*
258	1994	15	24	15	6		Dura ex 224
260	1995	54	150	101	5		Dura ex 221 & 224
263	1996	19	54	20	25		IBP DxP
265-269	1997/8	210	550	184	62		Avros Pisífera 2a generación & Dura ex 224-257
270/6	1998/9	56	124	1		124	Varias fuentes de Ténera
277/8	*2000*	*210*	*152*	*137*	*5*		*Ensayos internacionales CCPT-2*
282, 283	2001	25	26	17	14	5	Polen Ghana T&P
284- 289	2001	78	146	46	34	6	Lobe & Dami x Lobe
290/4/5	2002	23	71	24	9	10	Programa obtención ideotipo
296-300	2003	35	125	40	12	18	Varias fuentes de polen
Total		988	1902	746	213	163	

Los valores HGC de los padres usados en este informe se calcularon primero para cada ensayo separadamente y luego combinando todos los ensayos, como se describió anteriormente (Dumortier, 1996).

Avance del mejoramiento en la población de Deli Dura

Las características de las familias Dura se describen en la Tabla 2, dando el promedio de las características de la familia Dura en viveros sucesivos, calculadas a partir de los valores HGC de los padres en cruces individuales DxD.

La principal mejora a lo largo de semilleros sucesivos se caracteriza por un aumento en la tasa de extracción de aceite y el potencial de rendimiento aceite + palmiste, conservando bajo control la altura y el vigor vegetativo. Como parte del objetivo de Dami de desarrollar un ideotipo de palma más compacta, se sembraron en los viveros varias familias con más bajo potencial de rendimiento pero mucho menor vigor vegetativo. Aunque estas familias no se usarán para producción de semilla antes de realizar mayores pruebas y mejoramiento, contribuirán a la variabilidad observada entre familias Dura (Fig. 1).

El segundo vivero sembrado en 1998 contenía una progenie de Dura élite 635.607D autopolinizada, que ha contribuido especialmente al mejoramiento en viveros recientes. Las características de la progenie se describen en los resultados del resumen de 10 años presentados en la Tabla 3. El interés en esta Dura es el alto rendimiento de aceite + palmiste (A+K), transmitido a las progenies DxP, por medio de altas tasas de extracción y vigor vegetativo reducido.

La selección fenotípica intensiva de individuos y familias también se aplicó al seleccionar palmas para producción de semilla, resultando en menos de 20% de las Dura sembradas usadas para producción de semilla. Como consecuencia de esta selección intensiva, se esperan mayores avances considerando la gran variabilidad entre

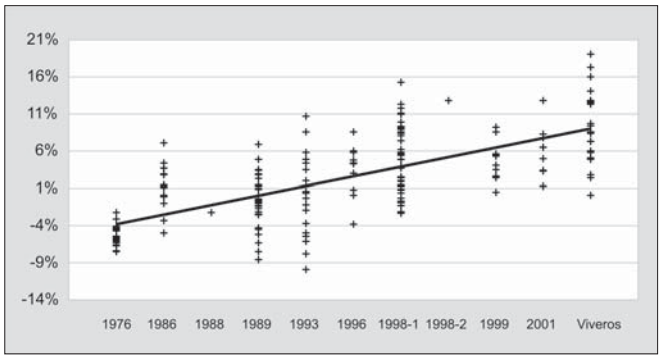

Figura 1 Rendimiento potencial de aceite y palmiste de familias DxD sembradas en viveros sucesivos (calculado a partir de valores HGC, expresados en % de promedios de ensayos de progenie)

Tabla 2 Características promedio de familia DxD en vivero de Dami* (calculadas a partir de valores HGC de cruces Dura)

		Características vegetativas							
Vivero	Rend. RFF	Altura	Peso hoja	Área hoja	Longitud raquis	% Aceite/racimo	% Palmiste/racimo	Rend. aceite+palmiste	# cruces
1976	-2,9	-4,5	1,7	2,0	-0,2	-3,1	-6,3	-5,2	23
1986	3,5	2,2	1,2	2,2	1,5	-1,0	4,7	1,4	14
1988	-0,4	-6,4	-2,4	-1,7	-0,7	-1,1	0,2	-2,2	1
1989	1,2	-2,5	-0,3	-1,1	0,6	-1,9	3,3	-0,8	33
1993	3,1	-1,5	1,2	2,5	1,1	-1,8	1,6	0,0	18
1996	-0,8	-3,6	-2,7	-3,8	-0,5	6,8	-4,6	3,5	11
1998-1	2,5	-1,4	0,6	1,2	0,6	3,6	3,1	4,6	53
1998-2	6,0	-2,6	-3,2	-3,2	-2,2	9,6	-8,9	12,8	1
1999	4,0	-3,1	1,8	1,1	0,2	3,4	-0,1	4,6	12
2001	3,5	-1,1	0,5	-2,9	-0,7	6,0	-4,1	6,1	9
2003	4,1	-3,0	-0,3	-0,6	-0,3	8,3	-4,9	9,3	26

* Datos expresados en porcentaje promedio de progenie.

Tabla 3 Resultados de progenie DxP en ensayo 120

	Rendimiento 1991-2002 T/ha/año	Altura % Tm	Peso hoja % Tm	Área hoja % Tm	Longitud raquis % Tm	% Aceite/ racimo	En % Tm	Palmiste/ racimo	A+K Rendimiento t/ha/año
Promedio ensayo	28,5	100	100	100	100	30,2		4,8	9,4
Coef. Var.	3,4	6,9	7,0	4,8	2,9	4,4		13,0	4,4
Mín.	25,7	86	81	92	93	26,9	89	3,6	8,2
Máx.	30,8	116	114	110	107	33,7	112	7,2	10,2
635.607D x P	28,7	95	95	92	97	33,2	110	4,5	10,2

% Tm: en % de promedio ensayo

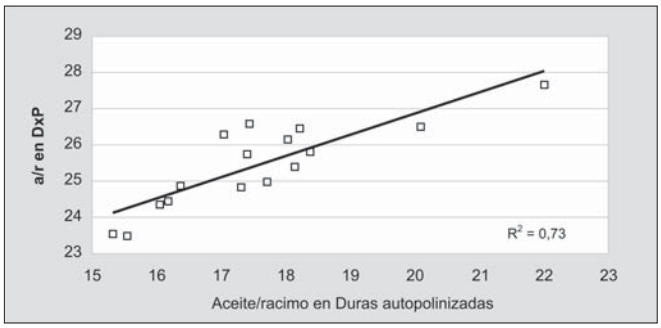

Figura 2 Relación aceite/racimo de Dura autopolinizada y valores a/r HGC obtenidos a partir de las progenies DxP correspondientes

familias Dura y la excelente relación entre familias Dura autopolinizadas y sus progenies DxP correspondientes. Esta relación aceite/racimo se describe en la Figura 2 y se discute con mayor detalle más adelante en este documento.

Avances en pruebas de fuentes de Pisífera

Los valores HGC de pruebas de progenie de varias fuentes de Pisífera obtenidos hasta ahora se resumen en la Tabla 4. Todos los resultados de rendimiento se derivan de ensayos registrados durante por lo menos 5 años, con excepción de los ensayos de Avros P de la segunda generación (2 años) y ensayos de Pisífera fértil (4,5 años).

En general, el origen Avros sigue siendo la fuente de Pisífera con los más altos rendimientos, lo que justifica su uso continuo para producción comercial de semilla a pesar de la disponibilidad de fuentes alternativas con tasas de crecimiento reducidas.

Cuando la Avros Pisífera de la primera generación comenzó a envejecer, se inició un programa de prueba de progenie para Pisífera de segunda generación sembrada en Dami en 1987, y para explorar el potencial en esta población. Esto condujo a la siembra de 550 cruces en 210 hectáreas en 1997 y 1998, probando un total de 62 selecciones de Pisífera.

Los primeros resultados para las mejores 5 Pisífera probadas de Avros de segunda generación indican que se puede progresar aún más en términos de rendimientos de aceite + palmiste y altura, a pesar de la estrecha base genética de esta población. Se puso especial atención en seleccionar Pisífera que pudieran transmitir resistencia a la Pudrición de Cogollo, con el objeto de retener el nivel de resistencia encontrado anteriormente en la primera generación (Dumortier, 1998).

Se observó una estrecha correlación entre altura y rendimiento de A+K (r=0,86) entre las diferentes fuentes de Pisífera representadas en la tabla. Dos Pisífera de la familia Binga Bg271 (origen Ybi x (Deli x Ybi)) dieron rendimientos A+K promisorios en relación con su altura, aunque estos resultados requieren confirmación, pues el linaje entre progenies no fue muy fuerte en los ensayos.

La Pisífera fértil dio algunos de los rendimientos más interesantes en comparación con su altura. Todas las Pisífera fértiles se seleccionaron de la familia Dami DM960 (DM735.409 x BM555.36), que también dio los mejores rendimientos de aceite en palmas pequeñas del ensayo sembrado. Considerando el alto grado de fertilidad de su Pisífera, esa familia recibió especial interés por parte de Eric Rosenquist (1993) y se ha

desarrollado aún más para crear una población apta para 'obtención de ideotipo', y actualmente está bajo prueba de progenie.

Pruebas e introgresión de otras fuentes de germoplasma

Los programas de mejoramiento a largo plazo se basan en pruebas a gran escala de una amplia variedad de germoplasma disponible en las colecciones de Dami, u obtenido a través varios intercambios con otros centros de mejoramiento.

La Tabla 5 resume los datos de 220 cruces sembrados en nueve ensayos en NBPOL entre 1987 y 1992, como parte del Programa Combinado de Mejoramiento de H&C y Unilever mencionado anteriormente. Los valores de progenie se promediaron y registraron durante un período mínimo de ocho años y se expresan en porcentaje de origen Deli x Avros en cada ensayo. Para cada origen, los datos se presentan para todos los cruces y para los mejores cruces separadamente. El origen Avros mencionado en la tabla incluye selecciones DM742 (BM119/31 x BM119/20), mientras que el origen Deli x Avros está representado principalmente por los cruces estándar sembrados en cada ensayo. El origen Dami reagrupa selecciones en varios cruces con origen Avros (de otras selecciones BM119 diferentes a DM742) o con orígenes mezclados Deli x Avros.

La tabla también da el promedio para las mejores progenies, definido como un rendimiento aceite+palmiste superior al 100% con una altura inferior al 100% de la altura del origen Deli-Avros. En general, los orígenes Deli y Dami dieron los mejores resultados para esos dos criterios. Existe buena variabilidad para altura y vigor vegetativo entre las otras poblaciones, con orígenes puros Lobe y Binga dando palmas sustancialmente más cortas. Infortunadamente estas reducciones de altura vienen generalmente acompañadas de reducciones similares en rendimiento. Los orígenes Avros x Binga y Avros x Lobe dieron las peores combinaciones de rendimiento, probablemente debido a su relación cercana.

Para explotar los resultados de este programa, los padres de mejor comportamiento se conservan para autopolinización y se hace prueba de progenie para las selecciones de Ténera y Pisífera de los cruces de mejor comportamiento.

Tabla 4 Valores promedio HGC en ensayos de Dami en varios orígenes Pisífera *

	Características vegetativas					% Aceite	% Palmiste	Rend. aceite	No. palmas
Origen	Rend RFF	Altura	Peso hoja	Área hoja	Longitud raquis	/racimo	/racimo	+palmiste	probadas
Origen Avros									
Avros	4,0	8,5	2,5	0,9	1,5	0,1	3,1	3,4	54
Avros-P 1ª generación	7,5	6,3	3,6	-0,2	1,7	5,7	-0,3	7,5	5
Avros-P 2ª generación	7,8	2,1	3,8	3,5	2,9	6,4	10,8	10,1	5
Origen Dumpy mezclado									
Avr75%-Dumpy25%	-1,3	1,0	-2,3	0,8	-0,3	-4,5	-5,2	-3,9	17
Avr50%-Dumpy12,5%	8,5	5,4	0,7	1,9	1,5	2,2	4,0	6,0	5
Avr25%-Dumpy25%	-6,1	-21,1	-4,5	2,0	-2,5	-8,0	-20,3	-15,8	6
50% Dumpy	-4,8	-10,7	-4,2	0,4	-0,7	-1,9	-5,8	-5,1	23
Otras fuentes									
Avr50%-Deli50%	0,5	3,0	-5,9	-2,9	-3,1	7,0	-14,1	2,8	11
Binga-BG142	-11,7	-1,3	-7,2	0,2	-2,3	1,5	16,8	-8,4	7
Binga-BG143	-7,3	-7,0	-0,4	-0,11	0,87	-3,9	19,4	-1,7	4
Binga-BG271	-9,1	-26,2	0,5	-3,6	1,9	2,8	-14,6	-1,9	2
Binga-BG30	-7,8	-8,4	-8,0	-1,7	-1,6	-2,6	-9,0	-2,0	4
Binga-BG414	2,1	-0,3	-2,2	-0,9	0,8	3,2	10,8	3,7	6
Pisífera fértil	-1,3	-11,8	-2,1	-0,2	1,6	-0,6	13,8	-2,4	12
Lobe	-5,4	2,7	-2,6	-3,2	-2,7	3,9	-5,5	2,7	7

* Datos expresados en porcentaje del promedio de ensayos de progenie (excepto no. palmas probadas)

Tabla 5 Resumen de ensayos CBP, por origen (Datos expresados en % de origen Deli x Avros)

			Características vegetativas				Aceite	Palmiste	Rend. aceite	
Vivero		Rend. RFF	Altura	Peso hoja	Área hoja	Longitud raquis	/racimo	/racimo	+palmiste	No. prog.
Deli-Avros	(todo)	100	100	100	100	100	100	100	100	16
	(mejor)	102	97	101	103	99	101	101	102	2
Deli-Binga	(todo)	96	91	99	98	99	96	103	96	30
	(mejor)	97	94	109	104	101	106	90	104	3
Deli-Dami	(todo)	108	104	107	100	102	102	86	109	15
	(mejor)	104	94	104	97	100	105	86	107	2
Deli-Lobe	(todo)	96	89	100	94	96	96	80	94	11
	(mejor)	88	98	112	96	99	102	110	100	1
Binga-Avros	(todo)	85	91	95	98	101	102	98	88	9
Binga-Binga	(todo)	72	73	79	80	93	90	110	70	26
Binga-Dami	(todo)	89	92	95	92	99	100	84	91	23
	(mejor)	99	93	98	93	102	107	76	103	5
Lobe-Avros	(todo)	84	96	97	95	97	96	91	84	6
Lobe-Dami	(todo)	89	91	98	92	97	93	92	85	52
	(mejor)	101	99	101	98	99	104	84	104	1
Lobe-Lobe	(todo)	76	85	83	86	93	103	77	75	31
Avros-Dami	(todo)	86	98	106	91	102	110	72	95	1

Como el programa fue diseñado para ampliar la base genética de las poblaciones Dami para mejoramiento, se decidió usar la variabilidad genética creada por este programa para ampliar la base genética de la población Avros. Para evitar reducir nuevamente la variabilidad genética en esta fase, se incluyó una amplia gama de orígenes en este programa. Un total de 135 Ténera se seleccionaron de 94 familias y se cruzaron con la Dami Avros Pisífera, con las familias TxP resultantes sembradas en Dami en 1999. Al mismo tiempo, las Ténera también se cruzaron con la Dura élite de Dami 635.607D para evaluar sus habilidades de combinación.

Si las selecciones específicas de Ténera combinan bien con la Avros Pisífera, los cruces TxD correspondientes se pueden considerar como fuentes potenciales de Dura.

Resultados de ensayos internacionales

Aquí se presentan los resultados de la primera fase del Programa Internacional de Selección de Plantas Donantes de Dami (CCPT por sus iniciales en inglés), para resaltar la variación genética y ambiental en rendimiento y tasas de extracción de las progenies y sitios de siembra, y su impacto en las estrategias de selección.

El CCPT se creó para probar las progenies de 20 Dura cruzadas con 5 Pisífera y sembradas entre 1993 y 1995 por varias compañías en Indonesia, Tailandia, Colombia y Papua Nueva Guinea. De acuerdo con el objetivo original del programa, los padres Dura están siendo clonados para poder reproducir las mejores progenies a gran escala, a partir de los clones de Dura resultantes.

Los padres Dura también se han autopolinizado y las progenies resultantes se sembraron en un vivero en 1993. Actualmente, las palmas seleccionadas de las Dura autopolinizadas de mejor comportamiento se están usando para producción de semilla. Una segunda fase de este programa se enfocará en la comparación de las progenies derivadas de Dura autopolinizadas con las progenies derivadas de las Dura probadas en el programa CCPT original, y en la evaluación del mejoramiento genético que potencialmente pueda ser ganado a través de autopolinización. Los ensayos para esta segunda fase también fueron sembrados por varias compañías en Indonesia, Malasia, Colombia y Papua Nueva Guinea, donde recientemente se iniciaron los registros.

Tabla 6 Resumen de rendimientos en varios ensayos (i)

(No. Familias)	NBPOL, PNG (100)	Lonsum, Sumatra (80)	Pt Smart, Sumatra (66)	Las Flores, Colombia (19)	Pt Smart Kalimantan (20)	Univanich, Tailandia (ii) (73)
Características de rendimiento de RFF						
RFF 3-5 ADS (iii)	27,6	25,9	19,9	15,3	14,6	10,3
RFF 6-8 ADS	27,6	28,6	30,1	27,0	24,5	-
RFF/ha	27,6	27,0	25,0	20,3	19,5	10,3
Componentes de racimo						
Formación fruto (%)	51,2	-	50,6	65,7		
Fruto/racimo (%)	64,0	64,1	62,4	66,3		
Mesocarpio/fruto (%)	80,5	80,9	81,4	82,2		
Aceite/mesocarpio	50,3	53,4	55,6	49,7		
Aceite/racimo (%)	25,9	27,7	28,3	27,0		
Palmiste/racimo	5,6	5,8	6,0	5,1		
Rendimientos de producto de palma						
Rendimiento aceite (t/ha)	7,2	7,5	7,1	5,1	-	
Rend. A+K (t/ha)	7,9	8,3	7,8	6,0	-	
Rend. A+K CV (%)	7,5	5,9	8,4	11,4		

(i) Promedios para cruces derivados de Pisífera DM742
(ii) Ensayo con baja densidad de siembra en Univanich, en Tailandia
(iii) ADS = Año después de siembra

Resultados resumidos de rendimiento

Los promedios de los componentes de rendimiento y tasa de extracción de la progenie en diferentes sitios se resumen en la Tabla 6. Generalmente se encuentran grandes diferencias entre sitios, especialmente en los tres primeros años de producción, con los rendimientos más altos llegando a 25,9-27,6 t/ha/año en suelos volcánicos en Sumatra del Norte y Papua Nueva Guinea, comparados con rendimientos aproximados de 14,6-15,3 t/ha/año obtenidos en otros sitios. La Figura 3 da los perfiles de rendimiento en cada sitio, aunque éstos pueden no ser necesariamente típicos debido al impacto del fenómeno de El Niño en 1997, que afectó los ensayos en las diferentes edades dependiendo del año de siembra. El ensayo en Colombia fue globalmente el más afectado por la sequía, con precipitaciones de 999 mm en 1997 y 1.090 mm en 2001.

Las diferencias en tasas de extracción entre sitios fueron sorprendentemente altas. Es difícil establecer la razón, ya que parcialmente pueden ser atribuidas a diferencias en métodos de muestreo y de extracción en laboratorio. La relación aceite/racimo fue particularmente baja en Papua Nueva Guinea, principalmente por la baja formación de frutos y contenido de aceite en el mesocarpio. Es interesante anotar la alta formación de fruto registrada en Colombia.

En promedio, los rendimientos de aceite +palmiste (rendimiento A+K) en los diferentes ensayos están entre 6,1 y 9 toneladas por

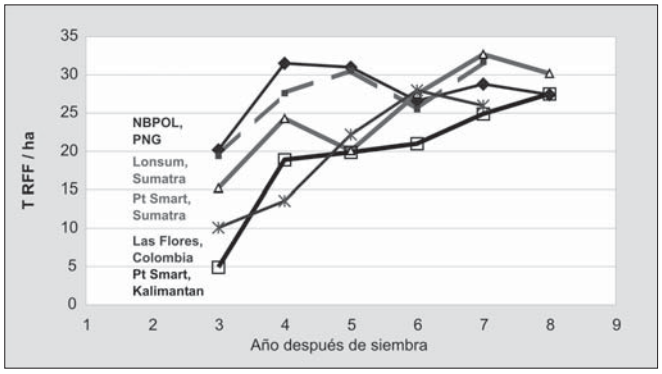

Figura 3 Perfiles de rendimiento de RFF en varios ensayos

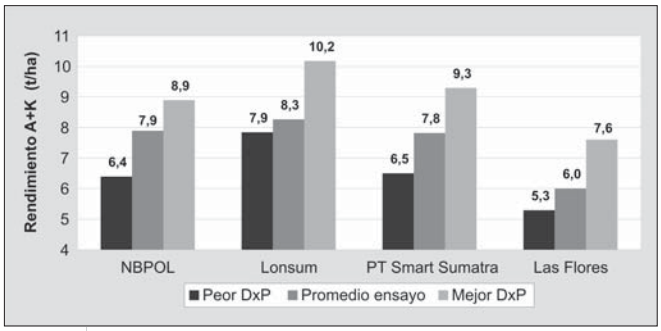

Figura 4 Rendimientos A+K en varios ensayos

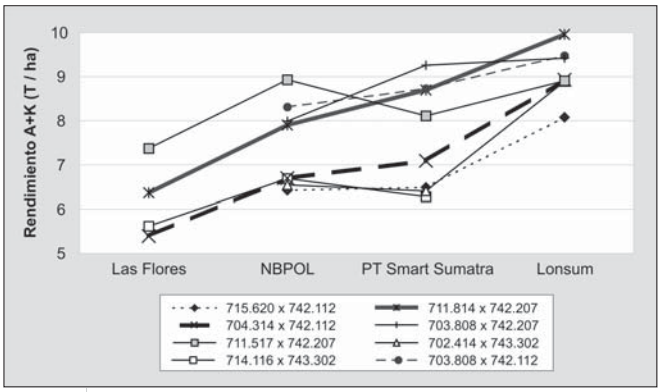

Figura 5 Rendimientos A+K de las cuatro mejores y peores progenies en cuatro ensayos (progenies representadas por lo menos en tres sitios)

Tabla 7 Correlaciones entre características de progenie en NBPOL y otros sitios

	Lonsum Sumatra	PT Smart Sumatra	PT Smart Kalimantan	Las Flores, Colombia
No. racimo	0,77	0,59	0,52	0,26
Peso racimo	0,85	0,81	0,69	0,48
Rend. RFF	0,57	0,53	0,80	0,40
% Aceite/racimo	0,52	0,64	-	0,46
% Palmiste/racimo	0,78	0,71	-	0,77
Rend. A+K	0,50	0,58	-	0,35
% Formación fruto	-	0,62	-	0,40
% Fruto/racimo	0,28	0,67	-	0,50
% Mes/fruto	0,82	0,72	-	0,29
% Aceite/mes	0,55	0,30	-	-0,33
Altura	0,82	0,67	0,84	-
Peso hoja	0,77	0,59	0,77	0,33
Área hoja	0,55	0,59	0,66	0,51
Longitud raquis	0,73	0,61	0,25	0,20
Prod. hoja	0,29	0,35	0,31	-

hectárea (Fig. 4), pero se encontraron grandes diferencias entre progenies de bajo y alto rendimiento en cada sitio. La mejor progenie en cada sitio produjo aproximadamente 13-27% por encima del promedio del ensayo, lo que da un buen margen para mejoras en rendimiento a través de la reproducción de las mejores progenies a gran escala y la siembra donde se comporten mejor.

Características de progenie en diferentes sitios

El comportamiento de la progenie en los diferentes sitios se ha analizado más detalladamente para estimar:

- la estabilidad del comportamiento en los diferentes sitios (2.1)
- la correlación entre rendimientos y sus componentes en los diferentes sitios (2.2)
- la estabilidad de los valores HGC en los diferentes sitios (2.3).

Correlaciones entre sitios

La Tabla 7 presenta la correlación entre características de progenie medidas en NBPOL y el mismo rasgo medido en otros ensayos, por tanto son indicativos de la estabilidad de estas características en los diferentes ambientes.

En general, la mayoría de las características de progenie observadas en NBPOL se expresan razonablemente bien en otros sitios.

Las correlaciones de rendimientos de RFF entre NBPOL y otros sitios fluctuaron entre r=0,4 en Las Flores y r=0,8 en Kalimantan. Para rendimientos de A+K, estas correlaciones fluctuaron entre 0,35 para Las Flores y hasta 0,58 para PT Smart en Sumatra. Se observó una consistencia relativamente buena en todos los sitios para la mayoría de las progenies, como lo muestran las cuatro peores y las cuatro mejores (Fig. 5).

La altura aparece como la característica vegetativa más estable (r=0,67-0,84), mientras que la producción foliar fue la menos consistente (r=0,25-0,31).

Correlaciones con componentes de rendimiento

Las correlaciones entre el rendimiento y sus componentes están dadas por los rendimientos de RFF (Tabla 8) y los rendimientos de A+K (Tabla 9). Se dan dos juegos de correlaciones para vincular rendimientos de progenie en diferentes sitios con los componentes de rendimiento registrados en ensayos en NBPOL (1) o registrados en los mismos sitios (2).

Para rendimientos de RFF, los resultados en la Tabla 8 indican que los rendimientos de la progenie se correlacionan mejor con el número de racimos que con el peso de racimo cuando se registran en los mismos sitios [correlación (2)]. Las correlaciones con las características de progenie en NBPOL [correlación (1)] indican que la selección basada en rendimientos de progenie sería más eficiente que la selección basada en sus componentes. Para los sitios de más bajo rendimiento en Colombia y Kalimantan, las correlaciones con peso de racimo son más altas. Los rendimientos en Colombia también se correlacionan mejor con peso de racimo de progenie en NBPOL.

La Tabla 9 presenta correlaciones entre rendimientos de A+K de progenie en los diferentes sitios y sus componentes, nuevamente registrados en los mismos sitios o en NBPOL.

Entre los cuatro sitios donde se disponía de datos de tasa de extracción, las correlaciones con Las Flores son diferentes a las de los otros sitios.

Para los tres primeros sitios, los rendimientos de A+K se correlacionan mejor con rendimientos de RFF, aceite/racimo y peso de racimo. Las correlaciones con peso de racimo son menores que con número de racimos y no hay correlación entre rendimientos de A+K y palmiste/racimo. Por las correlaciones (1) con componentes en NBPOL, parece que la correlación con los rendimientos de A+K en NBPOL es tan buena o mejor que con sus componentes, por tanto la selección de progenie en Dami se puede basar en rendimientos de A+K más que en sus componentes.

Para Colombia, los dos juegos de correlaciones dan diferentes resultados. Las correlaciones dentro del sitio (2) son similares a las obtenidas

Tabla 8 Rendimientos de RFF. Correlaciones entre rendimientos de RFF de progenie en diferentes sitios y (1) Componentes de RFF en NBPOL, (2) Componentes de RFF en el mismo sitio

	NBPOL PNG	Lonsum Sumatra	PT Smart Sumatra	PT Smart Kalimantan	Las Flores Colombia
Correlación con:		(1) / (2)	(1) / (2)	(1) / (2)	(1) / (2)
No. racimos	0,54	0,31 / 0,56	0,24 / 0,75	0,60 / 0,60	0,02 / 0,65
Peso racimo	0,34	0,11 / 0,14	0,22 / 0,44	0,54 / 0,52	0,61 / 0,27
Rend. RFF	1	0,57 / 1	0,53 / 1	0,80 / 1	0,40 / 1

Tabla 9 Rendimientos A+K. Correlaciones entre rendimientos de A+K de progenie en los diferentes sitios y (1) Características de progenie en NBPOL, (2) Características de progenie en el mismo sitio

	NBPOL - PNG	Lonsum - Sumatra	PT Smart - Sumatra	Las Flores - Colombia
Correlación con:	(1 y 2)	(1) / (2)	(1) / (2)	(1) / (2)
No. racimos	0,44	0,37 / 0,61	0,16 / 0,68	-0,03 / 0,70
Peso racimo	0,23	-0,02 / 0,00	0,14 / 0,33	0,47 / 0,09
Rend. RFF	0,77	0,50 / 0,89	0,37 / 0,87	0,24 / 0,93
% Aceite/racimo	0,76	0,31 / 0,43	0,51 / 0,62	0,22 / 0,53
% Palmiste/racimo	-0,08	-0,11 / -0,23	0,05 / 0,05	0,33 / 0,30
Rend. A+K	1	0,50 / 1	0,58 / 1	0,31 / 1

en otros sitios, mientras que la correlación (1) indica que el rendimiento de A+K en Las Flores se correlaciona mejor con el peso de racimo de progenie en NBPOL. Se requiere más información para estudiar si progenies o cepas con mayor peso de racimo se comportan mejor en zonas climáticas con precipitación deficiente o variaciones marcadas.

Estabilidad de valores HGC de los padres

La consistencia del comportamiento de los padres en los diferentes sitios se analizó usando los valores HGC calculados a partir de los promedios de progenie en cada sitio, con el número de padres representado en cada sitio, como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10 Número de padres representados en cada sitio

	NBPOL	Lonsum	PT Smart Sumatra	Las Flores Colombia	PT Smart Kalimantan
Dura	20	20	20	12	12
Pisífera	5	5	5	5	5

Los valores HGC se estandarizaron primero para ajustar la variación mayor encontrada en Las Flores y luego se analizó para probar las diferencias entre padres en los diferentes sitios (Anova 1). Se encontraron diferencias altamente significativas entre padres Dura para todas las características incluyendo rendimiento, tasa de extracción y características vegetativas. También se encontraron diferencias similares entre padres Pisífera, para todas las características con excepción de producción de hojas, formación de fruto, mesocarpio/fruto y aceite/mesocarpio.

Estos resultados confirman las buenas correlaciones encontradas anteriormente entre rendimientos de progenie en los diferentes sitios. Estos se ilustran claramente en las Figuras 6 y 7, mostrando resultados de rendimiento de A+K para las cuatro mejores y peores Dura (Fig. 6) y para todas las cinco Pisífera (Fig. 7). Se encuentra algún nivel de interacción de sitio con comportamiento de padres, que se debe tomar en cuenta para optimizar la selección.

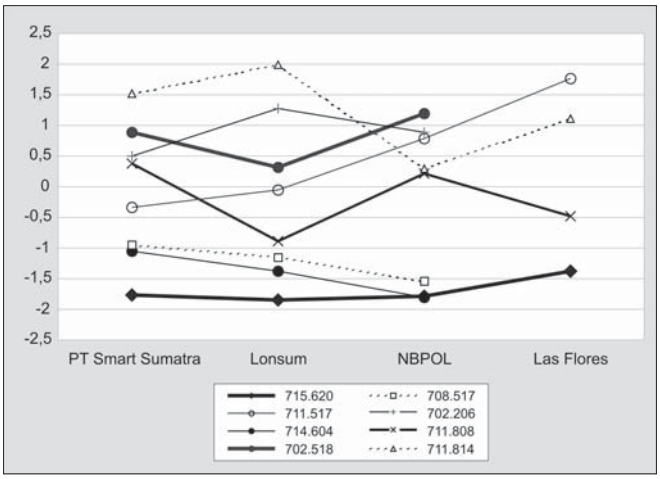

Figura 6 Valores HGC de Dura para rendimientos de A+K en diferentes ensayos (valores HGC expresados en desviaciones estándar)

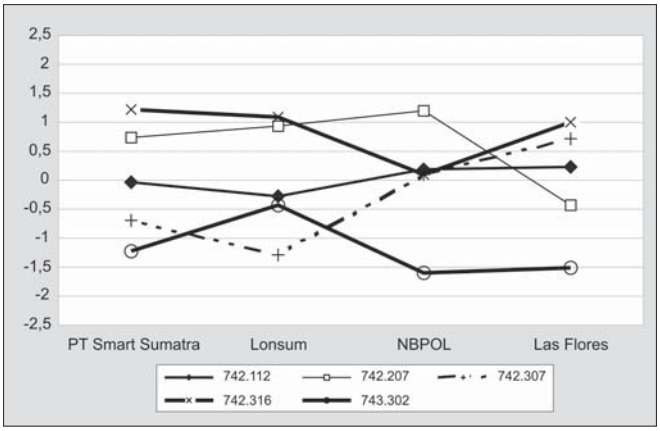

Figura 7 Valores HGC de Pisífera para rendimientos A+K en diferentes ensayos (valores HGC expresados en desviaciones estándar)

Relación entre progenies Dura y DxP

La relación entre Dura autopolinizadas y las progenies DxP correspondientes, se resume para varias características en la Tabla 11, presentando las correlaciones entre los promedios de progenie de las Dura autopolinizadas sembradas en el vivero en Dami y los valores HGC para las Dura correspondientes, calculados a partir de los resultados de progenie DxP en NBPOL.

De acuerdo con los valores altamente correlacionados presentados en la primera columna de la tabla, las características expresadas en las

Dura autopolinizadas en general también son fuertemente expresadas en las progenies DxP. Es interesante observar que también se encontró una muy alta correlación para fruto/racimo (r=0,93), que generalmente muestra pobre heredabilidad cuando se calcula a partir de datos de palmas individuales.

Aunque las características pueden ser transmitidas a las progenies DxP y Dura autopolinizadas, es importante ver cuáles de estas se correlacionan mejor con las principales características que se van a mejorar. La relación fue marcadamente fuerte entre formación de fruto en Dura autopolinizadas y aceite/racimo (r=0,82) o rendimientos de A+K (r=0,66) en las progenies DxP, indicando que sólo la formación de fruto podría explicar el 44% de la variación entre rendimientos A+K de progenies DxP (Fig. 8).

Otras características de las Dura autopolinizadas que se correlacionaron fuertemente con los rendimientos de Aceite+Palmiste de progenies DxP fueron altura (r=0,64), peso de hoja (r=0,60), Mg foliar (r=0,56) y fruto/racimo (r=0,54). Sin embargo, todas estas características se correlacionaron positivamente con la altura.

Entre otras características, palmiste/racimo y producción foliar se correlacionaron positivamente con rendimientos de A+K en DxP pero no con altura, mientras que la proporción de área de hoja se correlacionó negativamente tanto con rendimientos de A+K como con altura.

La Pudrición de Cogollo en Dura autopolinizadas se correlacionó negativamente con los rendi-

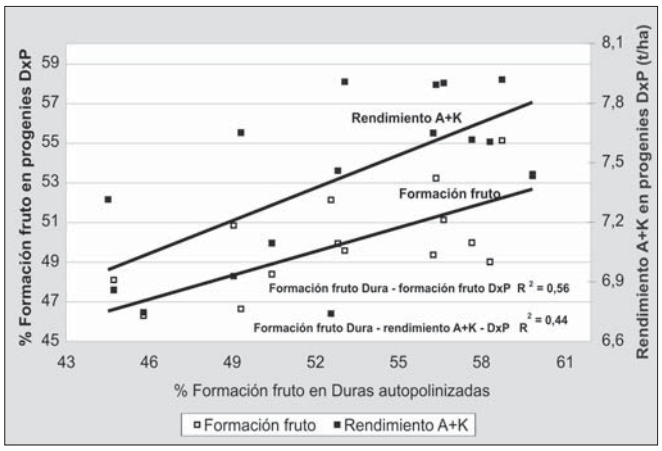

Figura 8 Relación entre % de formación de fruto en Duras autopolinizadas y rendimiento A+K y % de formación de fruto en progenies DxP en NBPOL

Tabla 11 Correlaciones entre Duras autopolinizadas y valores HGC de Dura (i)

	Correlación con valores HGC calculados de progenies DxP						
Característica en Duras autopolinizadas	Misma característica	Rend. RFF	Aceite /racimo	Palmiste /racimo	Altura	Longitud raquis	Rend. A+K
% Formación fruto	0,75	0,03	0,82	0,33	0,40	0,20	0,66
% Fruto/racimo	0,93	-0,15	0,77	0,57	0,32	0,04	0,54
% Mes/fruto	0,72	-0,12	0,21	-0,80	0,35	0,05	-0,08
% Aceite/mes	0,64	0,08	0,52	-0,01	0,40	0,66	0,39
% Palmiste/racimo	0,78	-0,03	0,28	0,78	-0,07	-0,03	0,32
% aceite/racimo	0,85	-0,13	0,85	-0,10	0,60	0,41	0,47
Altura	0,90	0,26	0,64	-0,06	0,90	0,58	0,64
Prod. hojas	0,67	0,30	0,15	0,05	-0,14	0,22	0,28
Peso hoja	0,89	0,61	0,15	0,07	0,74	0,80	0,60
Área hoja	0,76	0,86	-0,28	0,11	0,31	0,56	0,47
Longitud raquis	0,82	0,69	0,03	-0,14	0,51	0,82	0,51
LAR	0,66	0,18	-0,47	0,01	-0,56	-0,37	-0,23
Mg foliar	0,54	0,01	0,66	0,39	0,42	0,35	0,56
RFF 3-4 ADS (ii)	0,86	0,68	0,00	-0,10	0,40	0,52	0,51
% Pudrición Cogollo	0,69	-0,63	0,15	-0,08	-0,36	-0,26	-0,41

(i) Valores HGC de Dura estimados a partir de los resultados de progenie DxP en NBPOL
(ii) Rendimientos en año 3 y 4 después de siembra

mientos de A+K en progenies DxP (r=-0,41), lo que justifica la fuerte selección contra esta característica.

Claramente, la buena relación entre Dura autopolinizadas y progenies DxP se debe tomar en cuenta en el proceso de selección y las estrategias de mejoramiento.

Influencia de la formación de fruto y tamaño de racimo en las tasas de extracción de aceite

El análisis de datos de racimo del ensayo CCPT y otros ensayos de mejoramiento sembrados en NBPOL se usaron aquí para investigar los factores principales que afectan las tasas de extracción y sus componentes.

La recolección de datos es así:

Ensayo CCPT: 8.246 racimos de Ténera analizados entre 1995 y 2003

Ensayo 239: 15.256 racimos dura analizados entre 1993 y 1999

Ensayo 260: 8.855 racimos de Ténera analizados entre 1999 y 2003

Muestras de Planta proceso: 1.089 muestras de racimos de Ténera de planta de beneficio entre mayo-julio 2001.

Después de la investigación inicial de los datos, parece que la formación de fruto y tamaño de racimo son los principales componentes responsables de las fluctuaciones estacionales y de largo plazo, respectivamente. Por tanto, los datos se organizaron en clases de acuerdo con los dos factores para permitir el cálculo del promedio mínimo cuadrado para cada clase de

Tabla 12 Valores de varios componentes de racimo, por clase de formación de fruto

Clase de formación de fruto	Peso Fruto ind. (g)	Peso racimo (kg)	Fruto /racimo (%)	Mes /fruto (%)	Agua /mes (%)	Aceite /mes (%)	Aceite /fruto (%)	Palmiste /fruto (%)	Aceite /racimo (%)	Palmiste /racimo (%)	Frutos sueltos (no./kg)
< 30	14,4	12,4	52,2	82,1	34,0	51,5	42,3	7,9	22,0	3,7	1,77
30-40	12,5	14,1	59,1	81,2	34,3	51,9	42,1	8,4	24,9	4,8	1,54
40-50	11,6	14,4	63,5	80,5	35,9	50,6	40,7	8,9	26,0	5,5	1,46
50-60	10,9	16,7	66,4	79,6	36,7	50,0	39,8	9,3	26,5	6,1	1,22
60-70	10,3	18,1	69,3	79,5	37,5	49,6	39,4	9,5	27,4	6,5	1,44
70-80	9,8	19,3	70,8	79,2	38,2	48,9	38,7	9,7	27,5	6,8	1,02
80-90	9,1	19,5	71,8	78,2	38,8	48,4	37,8	10,2	27,3	7,3	1,26
90-100	9,5	19,8	71,7	76,7	40,7	46,5	35,6	10,5	25,7	7,5	1,18

Tabla 13 Valores de varios componentes de racimo, por clase de número de inflorescencias por racimo

Clase - Número inflorescencia	Peso fruto Ind (g)	Peso racimo (kg)	Fruto /racimo (%)	Mes /fruto (%)	Agua /mes (%)	Aceite /mes (%)	Aceite /fruto (%)	Palmiste /fruto (%)	Aceite /racimo (%)	Palmiste /racimo (%)	Frutos sueltos (no./kg)
<75	11,1	6,8	66,5	81,4	35,8	52,6	42,8	8,6	28,5	5,6	3,17
75-100	11,6	8,8	66,8	81,4	35,6	52,4	42,7	8,6	28,4	5,6	2,07
100-125	11,8	12,0	66,5	80,9	36,5	51,0	41,2	8,9	27,3	5,9	1,36
125-150	11,3	14,6	66,3	79,5	37,0	49,6	39,4	9,3	26,1	6,1	1,16
150-175	11,1	16,9	65,7	78,9	36,9	49,2	38,8	9,6	25,4	6,2	0,83
175-200	10,7	19,7	64,7	78,6	38,2	47,4	37,2	9,8	24,1	6,3	0,80
200-225	10,2	22,1	63,7	78,6	38,9	47,1	37,0	9,7	23,5	6,2	0,76
225-250	10,2	21,9	64,5	77,6	37,4	48,0	37,2	9,8	23,9	6,3	0,68

formación de fruto (Tabla 12) y tamaño de racimo (Tabla 13). La formación de fruto se define como el porcentaje de flores que se desarrolla como un fruto normal. El número de inflorescencias por racimo se usó como el indicador de tamaño de racimo en vez del peso de racimo, que es afectado por la formación de fruto.

La variación en los componentes de tasa de extracción en respuesta a la formación de fruto o número de inflorescencias se describe y explica a continuación:

1. Ambos factores inducen un aumento en el número de frutos por racimo asociado con una disminución en el peso individual del fruto. Al parecer, el aumento en formación de fruto induce una disminución más severa en el peso del fruto.

2. Tanto la relación mesocarpio/fruto como la relación aceite/mesocarpio disminuyen drásticamente cuando aumenta la formación de fruto o tamaño de racimo, resultando en una caída significativa en aceite/fruto.

3. A medida que la formación de fruto aumenta, la relación fruto/racimo mejora drásticamente y compensa la disminución en la relación aceite/fruto, resultando en un aumento neto en la relación aceite/racimo. Esta relación también se observó claramente en otros ensayos (Fig. 9).

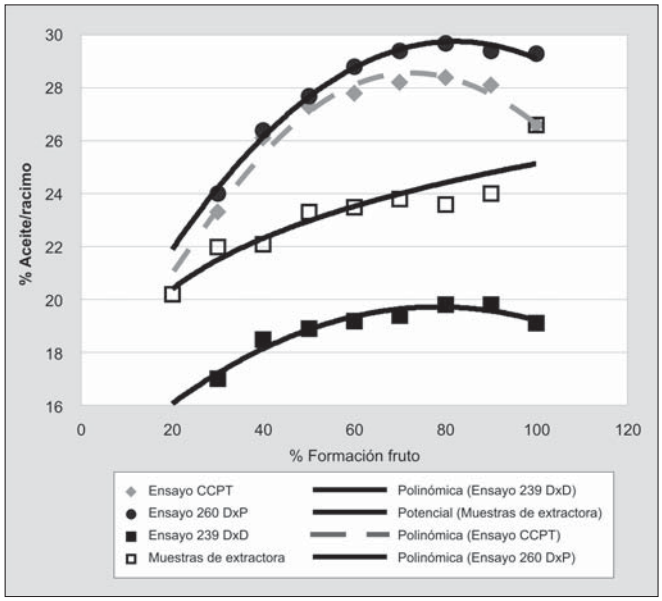

Figura 9 Relación entre formación de fruto y aceite/racimo en varios ensayos

4. La relación palmiste/racimo aumenta con el aumento de formación de fruto y el número de inflorescencias.

5. La relación aceite/racimo disminuye con el tamaño de racimo, ya que la disminución en la relación aceite/fruto no se compensa con el aumento en fruto/racimo. Con el ajuste del promedio mínimo cuadrado para formación constante de fruto, la relación entre número de inflorescencias y formación de fruto se investigó aún más, usando datos sin ajustar de las bases de datos de los diferentes ensayos. Como se observa en la Figura 10, la relación entre estos dos factores puede variar drásticamente en los diferentes ensayos.

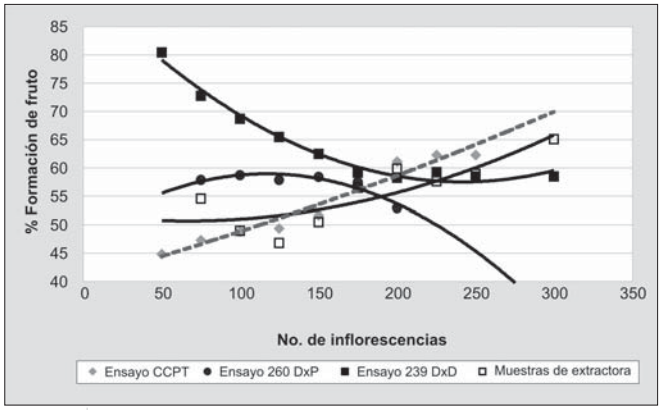

Figura 10 Relación entre el número de inflorescencias y formación de fruto en varios ensayos

Aunque los racimos grandes se asocian con mayor formación de fruto, el aumento correspondiente en fruto/racimo no compensa la disminución en la relación aceite/fruto, y la disminución en aceite/racimo asociada con el aumento en tamaño de racimo se observó consistentemente en todos los ensayos (Fig. 11).

La Figura 12 muestra los efectos acumulativos del número de inflorescencias y la formación de fruto en la relación aceite/racimo en el ensayo CCPT en NBPOL. A pesar de la significativa interacción revelada por el análisis de variación, los efectos de estos dos factores en la relación aceite/racimo aparentemente permanecen esencialmente aditivos.

El efecto del tamaño de racimo en la relación aceite/racimo a lo largo de los años y en diferentes años se ilustra en la Figura 13. Se

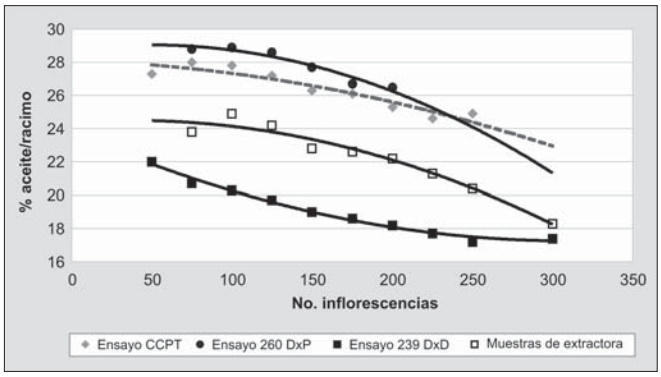

Figura 11 Relación entre número de inflorescencias y aceite/racimo en varios ensayos

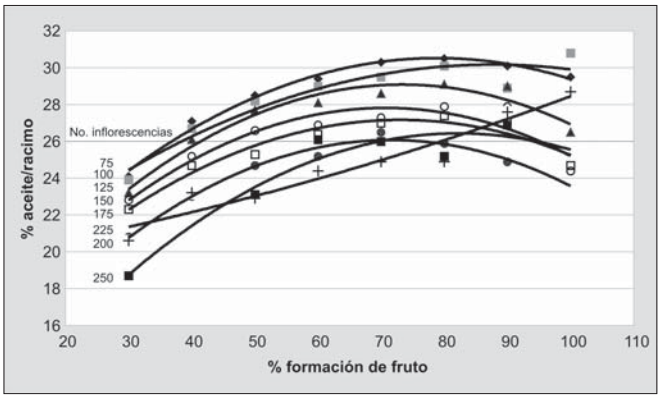

Figura 12 Efecto acumulativo de formación de fruto y número de inflorescencias en la relación aceite/racimo

sospecha que el aumento en número de inflorescencias con la edad de la palma es la razón principal para la disminución progresiva observada en la relación aceite/racimo con el paso de los años, pero no se puede descartar que factores climáticos o de fertilidad puedan también tener un efecto con el tiempo.

En años individuales, se observó claramente el efecto negativo del número de inflorescencias en la relación aceite/racimo en la mayoría de los años, aunque fue menos aparente en los dos primeros y en el último.

El tamaño de racimo se asocia con bajas tasas de extracción y se podría decir que esto puede ser causado por un bajo estándar de madurez. En NBPOL, todos los racimos se cosechan con el mismo criterio mínimo de un fruto suelto en el suelo, lo que conduce a un menor número de frutos sueltos por kilogramo en racimos grandes (Tabla 13).

Por esta razón, el efecto del estándar de madurez se investigó más detalladamente por grupos y calculando el promedio de la relación aceite/mesocarpio por clase de número de inflorescencias y porcentaje de frutos sueltos (0-10%, por clase de 0,5%). El promedio mínimo cuadrado calculado a partir de estos resultados indica que el porcentaje de frutos sueltos tiene efectivamente un impacto significativo en la relación aceite/mesocarpio (Fig. 14) y esto se debería tomar en cuenta para adoptar diferentes criterios de

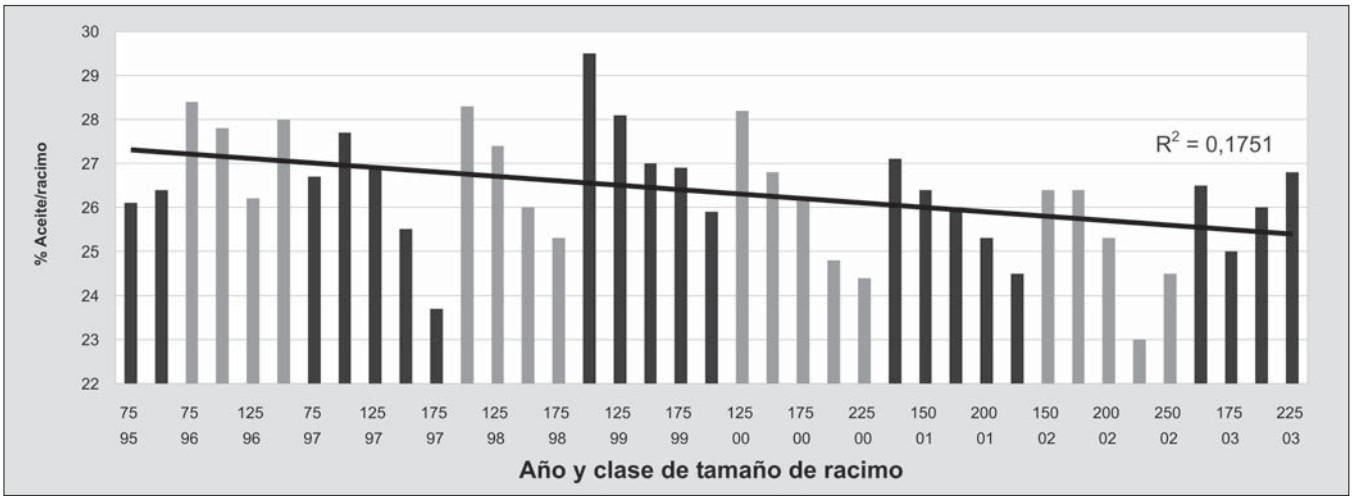

Figura 13 Evolución de la relación aceite/racimo, por año y clase de número de inflorescencias

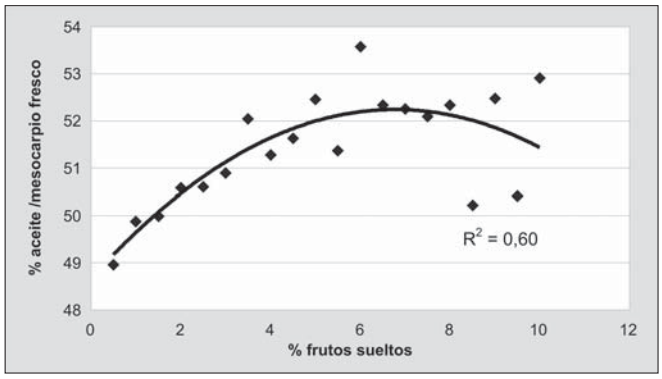

Figura 14 Aceite/mesocarpio con respecto al porcentaje de frutos sueltos (promedio mínimo cuadrado ajustado por tamaño de racimo)

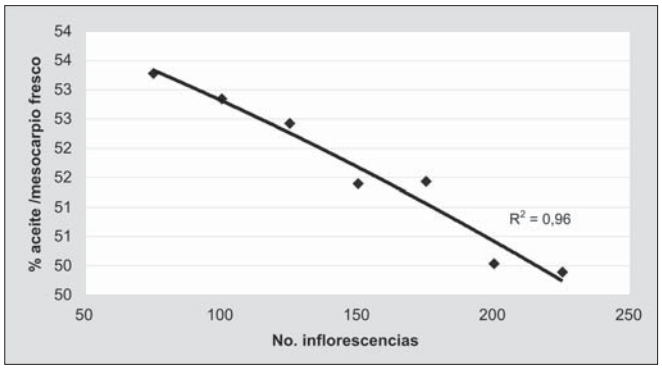

Figura 15 Aceite/mesocarpio con respecto al número de inflorescencias (promedio mínimo cuadrado ajustado por estándar de madurez)

madurez para diferentes tamaños de racimo o grupos de edad. Sin embargo, el efecto del tamaño de racimo en la relación aceite / mesocarpio sigue siendo muy fuerte, aun con las cifras ajustadas por niveles de madurez (Fig. 15).

Proyectos de investigación y desarrollo

Como apoyo a su programa de mejoramiento, Dami está llevando a cabo proyectos de investigación y desarrollo, que tendrán un creciente impacto en sus programas de mejoramiento y estrategias en los próximos años.

Cultivo de tejidos

El principal objetivo del programa de cultivo de tejidos es conservar y multiplicar los mejores padres Dura y Pisífera, permitiendo producción a gran escala de las progenies de mejor comportamiento en ambientes específicos. Este objetivo sólo requiere copias limitadas de los padres que se van a reproducir, lo que limita el riesgo de anormalidades en floración. Las semillas se pueden producir a través de técnicas de producción convencional de semilla, evitando los problemas asociados con adaptación a gran escala y transporte de plántulas de cultivo de tejido. Mientras tanto, otras formas para explotar los beneficios del cultivo de tejidos se están investigando, incluyendo la producción de clones Ténera y el desarrollo de palmas doble-haploide.

Selección asistida por marcador molecular

Dami está realizando investigaciones sobre marcadores moleculares en colaboración con la Universidad de Cambridge desde 1999, con el objetivo de producir un juego de marcadores moleculares confiables y desarrollar aplicaciones para el trabajo de mejoramiento (Price, 2003). El proyecto tendrá aplicaciones prácticas en el futuro cercano, como por ejemplo la identificación de pedigree. Uno de los principales objetivos es identificar vínculos de marcadores con características útiles de palma de aceite (QTLs) para ayudar a la selección de palmas individuales y Pisífera en particular.

Siembra a escala de plantación por progenies identificadas

Para complementar su programa de prueba de progenie, Dami desarrolló un método para ayudar en siembras a escala comercial, por hileras completas de progenies identificadas. Como procedimiento estándar, ya se han producido semillas Dami y despachado a viveros por progenies identificadas. Con modificaciones menores a la organización del vivero y transplante a campo, el concepto se ha extendido para permitir una siembra sistemática por progenies identificadas. Con este sistema ya se han sembrado más de 3.000 hectáreas en NBPOL desde 2001 y otras compañías que colaboran con Dami han decidido iniciar prácticas similares. En Sinar Mas, la siembra de progenies identificadas se ha iniciado con la resiembra de plantaciones fuertemente afectadas por *Ganoderma* en Sumatra, para ayudar a la identificación de posibles fuentes de tolerancia genética a esta enfermedad. En Las Flores, en Colombia, todas las nuevas resiembras se harán en esta forma en el futuro para identificar mejores fuentes de tolerancia a la sequía.

Viveros en otros países

Dami ha establecido viveros para expandir sus esfuerzos de mejoramiento y localizar su producción de semilla en sociedad con otras plantaciones en otros países como Colombia (Murgas & Lowe), Sumatra (Sinar Mas) y Malasia (Kulim). La colaboración con estas compañías tendrá un impacto importante en el programa de mejoramiento, a medida que se presenten nuevos sitios para seleccionar progenies mejor adaptadas a ambientes específicos.

Conclusiones

El alcance del mejoramiento a corto plazo sigue siendo promisorio con la explotación de la significativa variabilidad genética todavía existente en la población de Deli Dura y la apertura de nuevos viveros para reproducir Dura con tasas de extracción de aceite sustancialmente más altas. Las pruebas intensivas de progenie de Pisífera de la segunda generación de Avros también contribuirá a un mayor mejoramiento a corto plazo y a asegurar suficiente disponibilidad de polen para su creciente programa de producción de semilla. Para ampliar la base genética de sus poblaciones, Dami está probando una amplia gama de material genético de orígenes no relacionados, con un gran número de selecciones ya introgresadas en la población de Avros.

Todavía queda mucho por hacer para entender y mejorar la adaptación de progenies a varios ambientes. Los resultados del ensayo internacional CCPT muestran el rango de rendimientos obtenidos de material Dami en diferentes sitios y la ganancia potencial lograda con la reproducción y siembra de las progenies de mejor comportamiento en cada sitio. La selección de progenie en Dami para altos rendimientos de aceite y palmiste en otros sitios se debe basar en esta característica, en vez de en sus componentes. Se debe investigar con más detalle la importancia del peso de racimo en ambientes con déficit de precipitación.

Las características de la progenie y los valores HGC de los padres son en general consistentes en todos los ensayos, y por tanto se pueden seleccionar para un rango de ambientes. Padres individuales o progenies pueden presentar algún nivel de interacción GxE que se debe tomar en cuenta para optimizar la selección.

La relación entre el comportamiento de progenies DxP y el comportamiento de progenies autopolinizadas de padres Dura parece ser muy fuerte, y probablemente tendrá un impacto en futuros programas de mejoramiento y selección en Dami. A ese nivel, la heredabilidad de características de formación de fruto y fruto/racimo aparece muy alta y explica en gran parte los rendimientos A+K en las progenies DxP en NBPOL.

Como se demuestra con el análisis de datos disponibles de racimo de ensayos sembrados en NBPOL, la formación de fruto y tamaño de racimo están estrechamente relacionados con las tasas de extracción. El aumento en cualquiera de estos dos factores resulta en más baja relación aceite/fruto, asociada con una reducción en tamaño de fruto. El aumento en la relación fruto/racimo como resultado de mejor formación de fruto compensa la disminución en la relación aceite/fruto y resulta en tasas de extracción más altas. Un aumento en tamaño de racimo, medido por número de inflorescencias, aparece sistemáticamente asociado con tasas de extracción más bajas. Estos dos factores requieren mayor estudio y se deben tomar en cuenta tanto a nivel de selección como a nivel de administración de plantación, para maximizar rendimientos futuros de aceite. El porcentaje de frutos sueltos también parece tener un impacto significativo en el contenido aceite/mesocarpio, que se debe considerar al establecer estándares de madurez.

Para apoyar sus programas de mejoramiento, Dami adelanta varios proyectos ambiciosos de investigación y desarrollo. Estos incluyen cultivo de tejidos de sus palmas padres élite, el desarrollo de aplicaciones de marcadores moleculares y la siembra a nivel de plantación de progenies identificadas en diferentes ambientes. La colaboración de compañías extranjeras también impulsará su capacidad de producción de semilla y mejorará drásticamente las posibilidades de obtener mejor adaptación a diferentes ambientes.

Agradecimientos

La administración y personal del Centro de Investigación de Palma de Aceite, Dami, y New Britain Palm Oil Ltd. quieren aprovechar esta

oportunidad para reconocer y agradecer el apoyo y contribución recibidos del personal administrativo y de investigación de todas las compañías que participan en el programa CCPT. También reconocemos y agradecemos los comentarios cruciales recibidos de los Dres. Corley y Bos.

Bibliografía

DUMORTIER, F. 1996. Selection and Breeding progress in planting material at Dami OPRS, Papua New Guinea. Seminar on Sourcing of Oil Palm Planting Materials for Local and Overseas Joint-Ventures. ASGARD, Selengor, Malaysia.

DUMORTIER, F. 1998. Environment and genetic aspects of oil palm precocity in Dami DxP progenies. International Conference on Development in Oil Palm Plantation industry for the 21st Century. ISOPB, Bali, Indonesia.

DUMORTIER, F. 2000. Utilisation of Oil Palm Genetic Resources at the Dami Oil Palm Research Station. The International Symposium on Oil Palm Genetic Resources and Utilisation. MPOB, Kuala Lumpur, Malaysia.

MEUNIER, J. 1987. Incomplete factorial designs for estimating variances in the palm *Elaeis guineesis* Jacq. Proceedings of the 1987 International oil palm conferences. Porim. Kuala Lumpur, Malaysia.

PRICE, Z. 2003. The development and initial applications of DNA-based genetic markers to the New Britain Palm Oil Ltd (PNG) breeding programme. Poster presented at the MPOB International Palm Oil Congress. Kuala Lumpur, Malaysia.

ROSENQUIST. 1993. The Ideotype Breeding Programme (IBP). Notes in 'Visit to Dami OPRS, March 1993, by M.J. Redshaw & E.A. Rosenquist'. NBPOL internal report.