

# ASEGURANDO EL MEJORAMIENTO CONTINUO

## y la calidad de las semillas Dami

# ENSURING THE CONTINUOUS IMPROVEMENT

## and Quality of Dami Seeds

### AUTORES



**Frederic Dumortier,**

Consultor Dami Consultant,  
59, rue Victor Horta,  
1348 Louvain-la-Neuve,  
Bélgica

**Dr S. Lord,**

**T.K. Lim**

Estación de Investigación de Palma  
de Aceite Dami, PO Box 165  
Kimbe, West New Britain Province,  
Papua Nueva Guinea

### Palabras CLAVE

Semillas de palma,  
mejoramiento continuo,  
sostenibilidad agroindustrial.

Palm seeds, continuous  
improvement, agro-industrial  
sustainability.

Traducido por Fedepalma.  
Versión original en inglés  
disponible en el Centro de  
Documentación de Fedepalma.

### RESUMEN



La sostenibilidad de la industria de la palma de aceite requiere, además de la disponibilidad de material vegetal de alta calidad, el mejoramiento continuo para permanecer competitiva. El mejoramiento continuo a corto plazo se basa en las pruebas intensivas a gran escala de las progenies de Pisífera y Dura, para la estimación de sus capacidades combinatorias. Esto permite la selección exclusiva de material de Pisífera, comprobado para la producción de semilla y la multiplicación de los progenitores mejorados de Dura, y el establecimiento de nuevos huertos de semilla. El mejoramiento a largo plazo requiere la ampliación de la base genética de las poblaciones base, con el fin de mantener un progreso continuo. El artículo describe las fuentes de germoplasma desarrolladas en Dami en varios programas de fitomejoramiento y la estrategia que se sigue para la evaluación, multiplicación e incorporación de este nuevo germoplasma en el programa de mejoramiento genético. La selección de las palmas para la producción de semilla se basa en estrictos criterios de selección, según los resultados de las pruebas de progenie y los genotipos familiares e individuales. Los procedimientos de producción de semillas se concentran en alcanzar una alta productividad de las palmas seleccionadas para mantener una alta intensidad de selección. La polinización en blanco y el estricto control de calidad garantizan niveles extremadamente altos de pureza de la semilla. La unidad de producción de semilla está organizada de tal forma que garantiza una plena posibilidad de rastreo de todas las semillas Dami. Se han modificado el vivero NBPOL y los procedimientos de siembra en el terreno con el objeto de mantener la integridad del pedigrí en las plantaciones. La siembra resultante, a gran escala, por progenies identificadas, ofrece nuevas oportunidades de investigación y ayudará en la selección de progenies mejor adaptadas a entornos específicos.

## SUMMARY

The sustainability of the oil palm industry not only requires the availability of high quality planting material but also its continuous improvement to remain competitive. The short-term continuous improvement relies on large scale intensive progeny testing of pisifera and dura to estimate their combining abilities, allowing the exclusive selection of proven pisifera for seed production, and the multiplication of improved dura parents for the creation of new seed gardens. The long-term improvement requires the widening of the genetic base of the base populations to sustain continuous progress. The paper describes the germplasm sources developed at Dami in various breeding programs and the strategy followed to evaluate, multiply and incorporate these new germplasm into the breeding program. Selection of palms for seed production relies on strict selection criteria, based on progeny testing results as well as family and individual phenotypes. Seed production procedures focus on achieving high productivity from selected palms to maintain high selection intensity. Blank pollinations and other stringent quality control guarantee extremely high levels of seed purity. The seed production unit is organized in a way which guarantees full traceability of all Dami seeds and the NBPOL nursery and field planting procedures have been modified to maintain the pedigree integrity in the plantations. The resulting large-scale planting by identified progenies offers new opportunities for research and will help to select progenies better adapted to particular environments.



## INTRODUCCIÓN

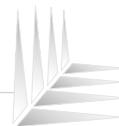
La disponibilidad de material vegetal superior constituye un aspecto clave en la sostenibilidad de una compañía de plantaciones de palma de aceite, como sucede en cualquier industria agrícola. El potencial genético del material vegetal permitirá determinar el potencial máximo de rendimiento del producto, que la industria de plantaciones tratará de alcanzar con pérdidas mínimas (N. Thompson, 2003). Así, la selección del material vegetal es una de las primeras decisiones que afecta la rentabilidad y sostenibilidad de las operaciones.

Harrison & Crosfield reconocieron, cuando se inició el primer proyecto de desarrollo de la palma de aceite en Papua Nueva Guinea, en 1967, la importancia de garantizar la disponibilidad de material vegetal grado A para lograr una adecuada rentabilidad. Las colecciones de germoplasma se importaron del programa de fitomejoramiento existente en Banting en Malasia y, con el fin de garantizar el mejoramiento continuo de la palma de aceite y la producción de

semilla de alta calidad para la expansión de la industria de la palma de aceite, se estableció la estación de investigación de palma de aceite Dami (OPRS).

En los últimos años, gracias al compromiso y al apoyo continuo de la compañía, se ha ampliado el programa de fitomejoramiento y de producción de semilla. En la actualidad se producen las semillas en el marco de una alianza celebrada con líderes reconocidos de la industria de Colombia e Indonesia, y en poco tiempo se contará con la participación de Malasia. Hoy día, en el mundo de la palma de aceite se reconoce a Papua Nueva Guinea por la calidad de las semillas Dami.

Este artículo describe algunos de los aspectos específicos del programa de mejoramiento Dami y las técnicas de producción de semilla encaminadas a garantizar el mejoramiento continuo de las semillas y el material vegetal producido en Dami. Una mayor información sobre el programa de mejoramiento Dami puede encontrarse en artículos presentados recientemente en conferencias internacionales (Dumortier, 1996, 2000 y 2003), al igual que en otros informes internos y boletines.



## EL PROGRAMA DE FITOMEJORAMIENTO

### Mejoramiento para obtener una palma ideotipo

El objetivo primario del programa de mejoramiento Dami es la producción de material vegetal con mayor potencial de rendimiento por hectárea, en producto total de palma. Se hace hincapié especialmente en:

- altos rendimientos tempranos, que brindan una ventaja en el flujo de fondos, y
- altas tasas de extracción, más estables para el entorno y que en las plantaciones no se reflejen en costos adicionales de cosecha, transporte o molienda.

Es importante contar con una reducción en el vigor vegetativo y en la altura, para reducir al mínimo la competencia entre palmas y permitir ciclos de resiembra más largos, siempre que esto no afecte el rendimiento.

El índice de cosecha o de racimos es un criterio útil para el mejoramiento de las palmas, a fin de lograr mayor eficiencia a escala fisiológica, es decir, una mayor proporción de material vegetativo total producido por la palma y que se utiliza en la producción de racimos y de aceite.

A medida que el cultivo de la palma de aceite se extiende a entornos ecoclimáticos subóptimos, se vuelve más importante contar con una adaptación a los ambientes locales. Es preciso ensayar e identificar las progenies que presentan mayor tolerancia a la sequía, plagas y enfermedades, y deficiencias en micronutrientes. Estos factores se han convertido en objetivos importantes del programa de fitomejoramiento.

### Objetivos a corto y largo plazo del programa Dami de fitomejoramiento

En la Tabla 1 se presenta la clasificación de las actividades de mejoramiento de acuerdo con su alcance y objetivos.

Los métodos de ensayo y selección difieren de acuerdo con el objetivo: se requieren diseños rigurosos de pruebas de progenie y alta intensidad de selección para la selección de los progenitores que se multiplicarán y seleccionarán para la producción de semilla. En una etapa temprana de selección, los métodos de tamizaje individual y familiar de las palmas, a gran escala, pueden ser más eficientes para la evaluación de una amplia base de germoplasma.

#### Mejoramiento a corto plazo

El objetivo a corto plazo del programa de fitomejoramiento es el mejoramiento continuo de las poblaciones base que se utilizan para la producción de semilla. Esto precisa la realización de pruebas intensivas de las progenies de Pisífera y Dura para estimar sus habilidades combinatorias, la selección de las mejores Pisífera para la producción de semilla y la multiplicación de los mejores progenitores de Dura para el establecimiento de nuevos huertos de semilla. La selección de familias y palmas semilleras individuales para la producción de semilla es muy intensiva para garantizar progresos adicionales en fitomejoramiento de los caracteres heredables más deseables y para eliminar los caracteres indeseables, que se expresan mejor en las cruces de autogamia y endogamia.

**Tabla 1.** Clasificación de las actividades de mejoramiento de acuerdo con su alcance

Alcance	Largo plazo	Mediano plazo	Corto plazo
Producto	especulativo	—————→	No especulativo
Objetivo	Ampliar la base genética	Desarrollo de ideotipos Concentración de caracteres deseables Eliminación de caracteres indeseables	Desarrollo de poblaciones base, utilizadas para producción de semilla
Método	Adquisición de germoplasma	Evaluación a través de cruces superiores & pruebas de progenie	Pruebas de progenie
	Evaluación & tamizaje	Introgresión	Multiplicación de palmas élite
	Conservación BPRO	Recombinaciones, autogamia, endogamia	Selección de palmas semilleras
Selección	Familiar & entre familias	Habilidades combinatorias generales o específicas	Habilidades combinatorias generales Selección de palmas semilleras por familias & entre familias

### Mejoramiento a largo plazo

La ampliación de la base genética de las poblaciones base es una parte esencial del programa de fitomejoramiento para sostener el progreso a largo plazo. La incorporación del nuevo germoplasma en el programa de fitomejoramiento puede describirse en tres fases:

- 1) En la primera fase los programas específicos de fitomejoramiento están diseñados para evaluar y mejorar el nuevo germoplasma obtenido de otras compañías de mejoramiento.
- 2) La segunda fase consiste en la selección individual y de familias de palmas para evaluar su habilidad combinatoria con una palma élite representativa de cada población base (cruza superior). Las habilidades combinatorias de las palmas élite se evalúan en forma más precisa, a través de ensayos tradicionales de progenie, que se basan en el diseño II incompleto de Carolina del Norte.
- 3) En la tercera fase se seleccionan las palmas que transmiten los caracteres deseables a sus progenies para realizar cruces complementarios, autogamia e introgresión de las poblaciones base.

Así mismo, la introgresión y autogamia de las palmas más promisorias pueden realizarse al mismo tiempo que las pruebas de progenie, tomando en cuenta el largo proceso de ensayos e incorporación del nuevo germoplasma en el programa de mejoramiento. Así, las Pisífera y Ténera estarán disponibles de los cruces de autogamia o complementarias, tan pronto como se identifiquen las palmas superiores, mediante pruebas de progenie. Por tanto, puede repetirse sin retraso un nuevo ciclo de mejoramiento, autogamia y retrocruces.

### Origen del germoplasma Dami

En la Tabla 2 se presenta el origen del germoplasma Dami, organizado por ensayo, de acuerdo con los programas de mejoramiento establecidos al realizar el intercambio o adquisición de germoplasma.

Este incluye:

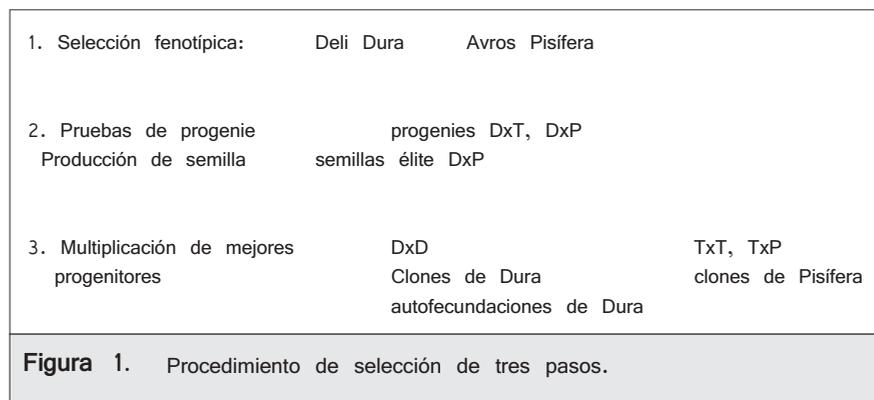
- Poblaciones base de Dami Deli y Avros, transferidas de Banting, Malasia.
- El programa de mejoramiento del ideotipo está encaminado al desarrollo de la palma 'ideotipo', mediante la combinación de los caracteres deseables de varias fuentes de germoplasma obtenidas de Banting y de otras estaciones, o desarrolladas progresivamente en Dami.
- El programa combinado de mejoramiento incluye material de los programas de mejoramiento de Binga y Lobe de Unilever.
- El antiguo programa Nifor evalúa el material de Nifor, obtenido de Ghana.
- El germoplasma de oleífera en Dami es muy limitado y tiene sus orígenes en ASD, Costa Rica.

### Mejoramiento continuo de poblaciones base

El mejoramiento continuo de las poblaciones base de Dami tiene como punto de partida la selección recíproca recurrente (SRR), con miras a mejorar continuamente estas poblaciones en relación con sus habilidades combinatorias mutuas. Por tanto, el procedimiento de tres pasos, que se subraya en la Figura 1, se realiza en forma continua.

#### Paso 1. Selección fenotípica intensiva.

En los huertos de semillas se seleccionan las palmas de Dura para producción de semilla o para la realización de pruebas de progenie a través de la selección intensiva basada en el desempeño fenotípico individual. Se aplican criterios estrictos para los caracteres más deseables y heredables, especialmente bajo incremento en altura, altas tasas de extracción de aceite y de pal-



<b>Tabla 2. Origen del germoplasma en los ensayos de mejoramiento de Dami</b>				
<b>Ensayos &amp; Programas Dami</b>	<b>Tipo</b>	<b>Año sembrado</b>	<b>No. Cruces</b>	<b>Origen</b>
<b>Poblaciones Base (huertos Dura &amp; Pisífera)</b>				
201, 210, 224, 229, 239, 257, 267, 273, 275,279, 303	Deli DxD	1968-2004		Deli Dura - Banting (BM 8, BM 20) y Chemara (UR 404, UR 416, UR 427, UR 435)
204, 227, 281	TxT, TxP	1968,1987, 2001	19	Origen Avros - Banting (BM 29, BM 33, BM 118, BM 119)
<b>Fuentes de ideotipo de polen</b>				
202, 214	TxD, DxT	1968,1983	21	Banting ( BM 8, BM 29, BM 33, BM 89, BM 118) Chemara (UR 435, UR 416, UR 404, UR 427) Ndian (KL.14 / 25)
203	TxD	1968	11	Banting (BM 119), Chemara (UR 404, 416, 435, 427)
206	TxT	1968	8	Banting (BM 29, BM 30, BM 31)
208	TxP	1968	3	Banting (BM 119), Dami (DM 743, DM 742)
209	TxT	1978	22	Selecciones Dami (ex DM 735, 736, 743, 775)
215	TxP	1982	10	Banting (BM 555), selecciones Dami & fuentes fértiles de Pisífera (DM 742, 743, 735.408)
262	TxP,TxT	1996	36	Binga (N51, 312/3, Bg1103), Lobe (Lb144, 244), Cowan (1480TN), Bah Lias (BL238), Fuentes Dumpy (DM775) y selecciones Dami
273, 274, 900	TxP	1999-2000	135	Inntrogresión Avros : Dami T x Avros P
281	TxP, TxT	2001	34	Inntrogresión Avros : Avros T x polen Ghana
291, 296	TxT, T autofec.TxP	2002, 2003	34	Cconservación Lobe & Dami
<b>Fuentes de ideotipo de Dura</b>				
221	DxD	1984	30	Gunung Melayu (GM 10, 11, 12, 32, 35, 52, 53, 55, 56) Dami Deli x Gunung Melayu
264	DxD	1996	61	L Lobe (Lb 328), Socfindo (SF3028), Bah Lias (BL250), Selecciones Dami (DM108, 110, 112, 635, 711)
292	DxD	2002	49	D introgresión Deli : Polen Dami Deli x Ghana Conservación Gunung Melayu
<b>Programa de mejoramiento combinado</b>				
CBP No.2: 227-236	TxT,DxT	1987-1989	146	Selecciones Binga (Bg 030, 142, 143, 271, 414), Dami
CBP No.10: 241	TxT	1981	16	Binga (Bg 3, 99, 120, 143, 194, 414, 424, 449, 469, 699)
CBP 11-14: 242, 243, 249, 250	TxT,TxDDxP	1990,1992	23	Programa de mejoramiento Lobe. Orígenes de Cowan, Nifor, Ndian, Calabar, Ekona (Lb130,158) y LaMe
<b>Antiguo Nifor (Ghana)</b>				
279	D autofec	2001	19	Serdang, Angola, Chemara
279		2001	16	Aba, Angola, calabar, sibiti, Ufuma, Yangambi (antiguo Ghana)
<b>Oleífera</b>				
211,293	Oleífera	1980	6	OxG, BC1

miste, rendimiento superior temprano y la ausencia de enfermedad de la corona. Los caracteres secundarios incluyen alta área foliar, menor peso de las hojas y longitud del raquis, alto índice de racimos y excelente relación frente a la altura. En la selección de la Pisífera también se toma en cuenta el magnesio foliar.

### **Paso 2. Revisión de la selección de acuerdo con los resultados de las pruebas de progenie.**

Las palmas seleccionadas para las pruebas de progenie tradicionalmente se han cruzado según el diseño de apareamiento II de Carolina del Norte, y las progenies se siembran en un diseño de bloque

aleatorio completo. Recientemente se han adoptado diseños mejorados de cruces (Meunier, 1987) y los diseños incompletos de bloque también se utilizan cuando el número de progenies ensayadas es alto.

El registro del rendimiento de las progenies se inicia dos años después de la siembra. La selección de los progenitores se basa en las habilidades combinatorias generales calculadas para los componentes de rendimiento y racimo y las características vegetativas. La selección se basa en observaciones de cinco años, cuando se comparan las progenies de Deli x Avros y de diez años cuando se incluyen diferentes orígenes en los ensayos.

### Paso 3. Nuevos huertos de semillas.

Se han establecido por medio de intercruces de progenitores con características complementarias. Así mismo, los progenitores se someten a autogamia o clonación, si combinan varias características deseables.

### Mejoramiento en población Dami Deli Dura

El origen limitado de la población Deli ha llevado a que muchos programas de mejoramiento concluyan que el fitomejoramiento adicional en esta población puede estar limitado y que no se justifica realizar esfuerzos intensivos de mejoramiento. En estos programas, que se denominan 'Ensayos de Progenie de Pisífera' (EPP), las pruebas de progenie se encaminan esencialmente a ensayar las nuevas líneas de Pisífera.

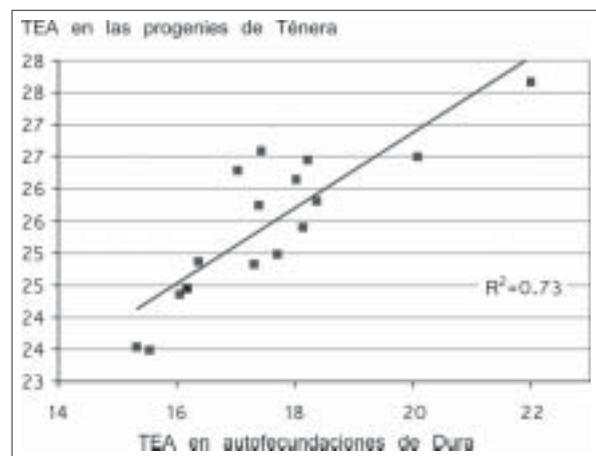
A pesar de su origen, limitado en teoría, y de la uniformidad relativa de la población Deli, la variabilidad aún permanece entre y dentro de las familias sembradas en los huertos semilleros Dami. Como un ejemplo, la Figura 2 ilustra la variabilidad en la tasa de extracción de aceite para los progenitores Dura (promedio de autofecundaciones) y sus progenies correspondientes. No solamente es amplio el rango en las tasas de extracción de aceite en las autofecundaciones de Dura (15.5%-22%) sino que también es muy fuerte la relación con las progenies de Ténera ( $r^2=0.73$ ), lo que indica que para este carácter se pueden lograr progresos significativos.

Por tanto, los estudios de progenie están diseñados para ensayar en forma sistemática tanto Pisífera como Dura, con la multiplicación de los progenitores superiores para el establecimiento de nuevos huertos

semilleros. Recientemente se identificó una Dura especialmente promisoría, con progenies que producían hasta 33,2% de TEA y 10,2 toneladas de rendimiento de aceite y palmiste (A+P) (Tabla 3). Esta Dura se ha cruzado y autofecundado en combinación con otras selecciones de Dura para la producción de huertos semilleros que actualmente se utilizan para la producción de semilla.

En la Tabla 4 y en la Figura 3 se puede apreciar el mejoramiento logrado en huertos semilleros sucesivos con base en los valores parentales HCG de las familias de Dura sembradas en cada huerto semillero y expresado en porcentaje de la media de las pruebas de progenie. A pesar de la estrecha base genética de la población Deli, el intensivo trabajo de pruebas de progenie y de selección ha permitido avances genéticos significativos en la población Dami Deli. Los valores de mejoramiento de los progenitores multiplicados en los últimos cinco huertos semilleros oscilaron en promedio entre +4,6% y +12,8% sobre las medias del ensayo para el rendimiento A+P y de +3,4% a +9,6% para la relación aceite a racimo. En comparación, los valores de mejoramiento de los progenitores seleccionados para el segundo huerto semillero, sembrado en 1976, fueron en promedio de -5,2% para el rendimiento A+P y de -3,1% para la relación aceite a racimo.

Recientemente, Breure (2002) confirmó el menor potencial de extracción del anterior huerto semillero,



**Figura 2.** Tasa de extracción de aceite (TEA) de las autofecundaciones de Deli Dura, en relación con las progenies correspondientes de Ténera.


**Tabla 3.** Desempeño de progenies de Dura 635.607 en ensayo 120 (sembrado en 1987)

	Rendimiento FFB 1991-2002 t/ha/año	Aceite /Racimo (%)	A+A Rendimiento (t/ha/año)	Altura (% Tm)	peso hojas (% Tm)	Área Foliar (% Tm)	Longitud Raquis (% Tm)
Media de ensayo:	28,5	30,2	9,4	100	100	100	100
Coef. Var:	3,4	4,4	4,4	6,9	7	4,8	2,9
Media progenie							
Min:	25,7	26,9	8,2	86	81	92	93
Max:	30,8	33,7	10,2	116	114	110	107
Elite dura 635.607D x P	28,7	33.2%	10,2	95%	95%	92%	97%

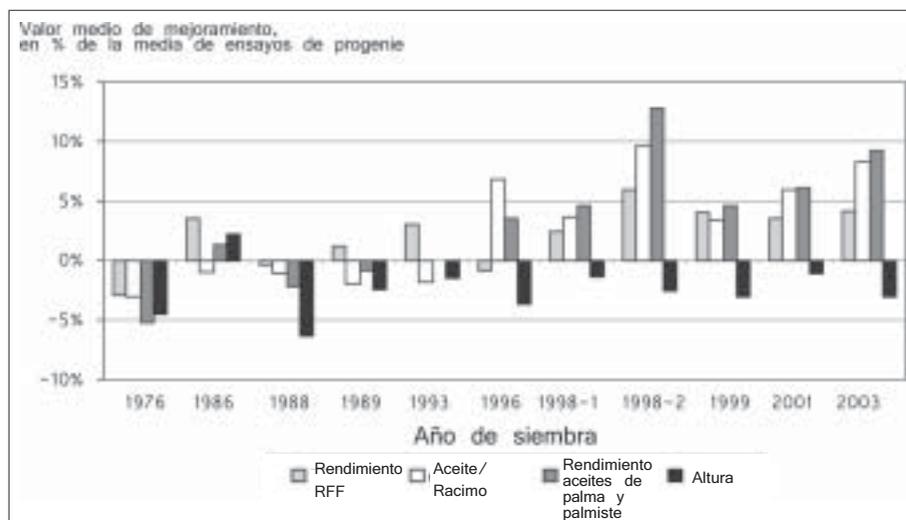
**Tabla 4.** Características promedio de la familia DxD en el huerto semillero Dami (\*)  
(calculadas de los valores parentales HCG de las cruza de dura)

Huerto semillero	Siembra	rendim. racimo	Características vegetativas				% aceite/ racimo	% almendra/ racimo	aceite + rendim palmiste
			altura	peso hojas	área foliar	longitud raquis			
201	(1968)	-2,9	-4,5	1,7	2,0	-0,2	-3,1	-6,3	-5,2
210	(1978)	3,5	2,2	1,2	2,2	1,5	-1,0	4,7	1,4
224	(1986)	-0,4	-6,4	-2,4	-1,7	-0,7	-1,1	0,2	-2,2
239	(1989)	1,2	-2,5	-0,3	-1,1	0,6	-1,9	3,3	-0,8
257	(1993)	3,1	-1,5	1,2	2,5	1,1	-1,8	1,6	0,0
264	(1996)	-0,8	-3,6	-2,7	-3,8	-0,5	6,8	-4,6	3,5
267	(1998)	2,5	-1,4	0,6	1,2	0,6	3,6	3,1	4,6
273	(1998)	6,0	-2,6	-3,2	-3,2	-2,2	9,6	-8,9	12,8
275	(1999)	4,0	-3,1	1,8	1,1	0,2	3,4	-0,1	4,6
279	(2001)	3,5	-1,1	0,5	-2,9	-0,7	6,0	-4,1	6,1
303	(2004)	4,1	-3,0	-0,3	-0,6	-0,3	8,3	-4,9	9,3

(\*) datos expresados como porcentaje de la media de las pruebas de progenie

al comparar varias fuentes de Dura con Dami Dura disponible en Costa Rica, derivado de selecciones realizadas en el huerto semillero de 1976.

Los mayores rendimientos de A+P y potencial de TEA se obtuvieron de un segundo huerto semillero sembrado en 1998. Este huerto semillero se sembró exclusivamente con autofecundaciones de élite Dura 635.607. Las autofecundaciones de élite Dura también se sembraron en un huerto semillero en el extranjero. En Colombia, Murgas y Lowe lo sembraron en Marialabaja, como el cuarto huerto semillero.


**Figura 3.** Progreso estimado en el mejoramiento de huertos semilleros sucesivos de Dami.

## Mejoramiento de la población Pisífera Dami Avros

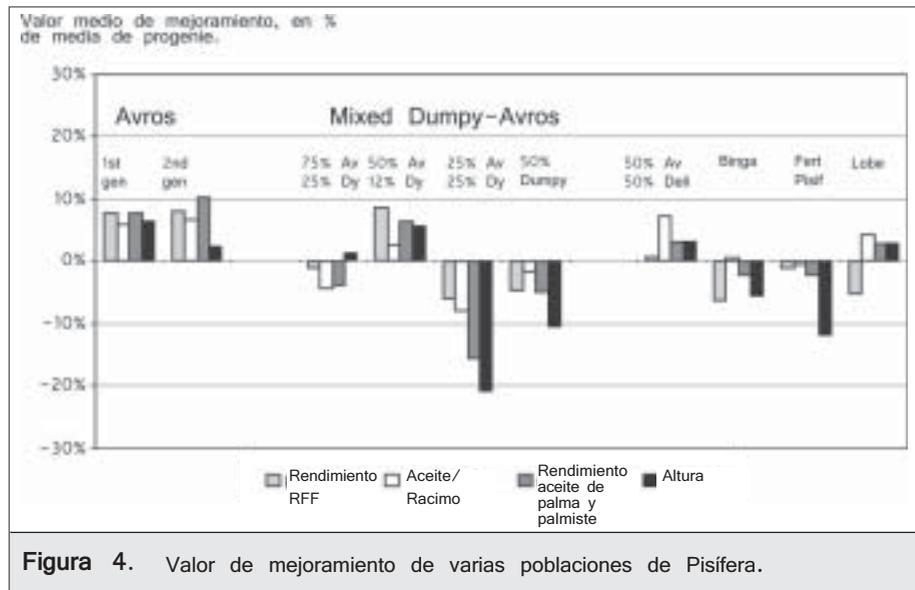
La Figura 4 compara los valores de mejoramiento de varias fuentes de polen ensayadas en las pruebas sem-

bradas en Dami. Varios orígenes que transmiten una menor altura y dumpy mixto y los orígenes de Pisífera fértil también ofrecen rendimientos interesantes en comparación con la altura. Mientras que adicionalmente se desarrollan los orígenes, la producción de semilla en Dami aún se concentra en Pisífera de origen Avros, que es consistente en la producción de mayores rendimientos de aceite. Además, estas Pisíferas producen grandes cantidades de polen, es decir, que solamente las mejores palmas individuales deben seleccionarse para la producción de semilla.

### **Ensayo y selección de Avros Pisífera de segunda generación**

Se ha investigado el alcance del mejoramiento adicional en el origen Avros, con una prueba de progenie, a gran escala, de 61 Pisíferas derivadas de una segunda generación de cruces de Avros TxP (sembradas en 1987), que comprendía el registro de más de 500 progenies DxP sembradas en 1998.

A pesar de la estrecha base genética del origen Avros, se ha encontrado que es posible un mejoramiento adicional, como se ilustra en la Figura 5, para la combinación general de altura y rendimientos A+P, para las Pisíferas derivadas de 6 cruces Avros TxP. En esta etapa se seleccionaron 10 Pisíferas (resaltadas con cuadrados verdes) para la producción de semilla que representa una mejoría menor pero adicional de +3,3% para rendimiento A+P y reducción en altura de -1,4%, en comparación con las tres Avros Pisíferas DM742 de la primera generación (resaltada en triángulos azules). Así mismo, todas las nuevas selecciones de Pisífera transmiten muy bajos niveles de enfermedad de la corona a sus progenies, un carácter que presenta grandes diferencias entre Pisíferas DM742 (Dumortier, 1998).



**Figura 4.** Valor de mejoramiento de varias poblaciones de Pisífera.

### **Evaluación, mejoramiento e introgresión del nuevo germoplasma**

La ampliación de la base genética de la población base es una parte esencial de los objetivos de mejoramiento, a largo plazo, del programa de fitomejoramiento.

- La evaluación e incorporación del nuevo germoplasma en el programa de mejoramiento se basa en los ciclos de mejoramiento e introgresión, según la siguiente estrategia:
- Evaluación, mejoramiento y conservación como Población Genética de Origen Restringido (PGOR). El material se evalúa en esta etapa por su propio mérito y el tamizaje se basa en la selección de familias e individual.
- Las pruebas de progenie para evaluar las habilidades combinatorias con la población base de Deli y Avros. Normalmente esto se realiza después de una primera ronda de evaluación y selección de germoplasma, pero también debe iniciarse con cualquier nuevo polen que se reciba.

Se pueden considerar las dos opciones de prueba que se presentan a continuación:

- Prueba a gran escala de cruce superior con una sola Dura o Pisífera seleccionada como probador representativo de las poblaciones base. Este método es particularmente conveniente para la selección de una amplia gama



de germoplasma. Se requieren recursos limitados para la siembra y registro y para poder completar rápidamente el programa de cruce. Generalmente el polen de Dura élite 635.607D se utiliza para el ensayo de las progenies TxD de Ténera.

- Prueba de progenie en diseño estándar incompleto Carolina del Norte II. Se requiere más terreno y mano de obra para establecer y registrar; el diseño también brinda un mejor estimativo de las habilidades combinatorias para evaluar las fuentes más promisorias de germoplasma.
- La autofecundación, el cruzamiento complementario y la introgresión en las poblaciones base representan la tercera fase del ciclo de mejoramiento, a largo plazo, con miras a conservar, eliminar los genes nocivos y mejorar la homociguidad (por medio de la autofecundación), el desarrollo mediante acumulación de caracteres de ideotipo (cruzamiento complementario) y la incorporación en la población mejorada (mediante introgresión y retrocruzamiento).

Con el objeto de ahorrar tiempo, esta tercera fase puede iniciarse al mismo tiempo que la prueba de progenie, con la selección inicial basada en las familias de palmas e individuos y posteriormente se confirmará con los resultados de las pruebas de progenie.

## EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO COMBINADO

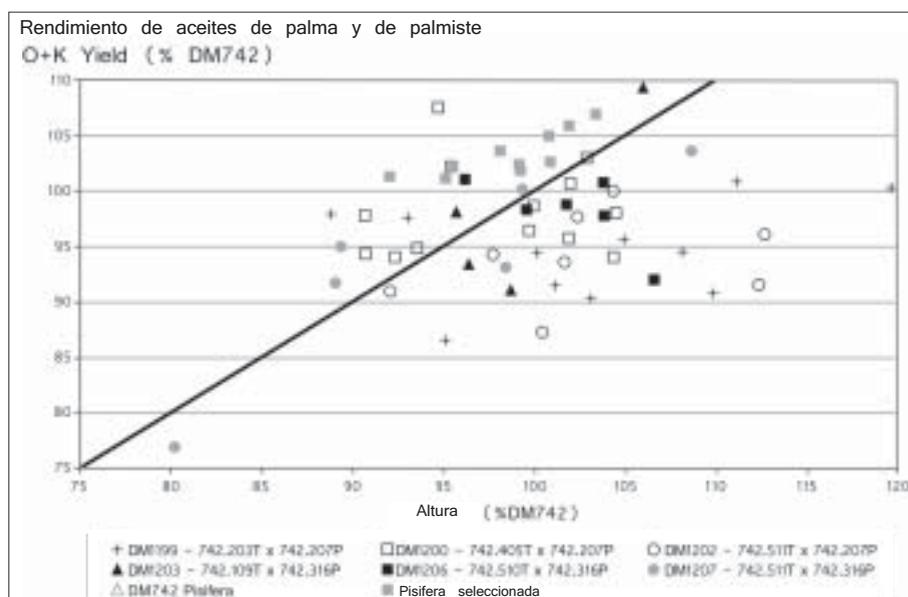
El programa combinado de mejoramiento (PCM) se estableció a mediados de los años ochenta para el intercambio de germoplasma entre Harisson & Crossfield y Unilever. Aunque aún no se ha confirmado ningún origen que sea superior al origen Avros, se ha generado un alto grado de variabilidad y actualmente se aprovecha esta variabilidad para la introgresión de nuevos genes en las poblaciones Avros. Los resultados también confirmaron que los mejores rendimientos se obtuvieron con el origen Deli (Dumortier, 2003). Por tanto, es importante evaluar el nuevo germoplasma por su habilidad combinatoria con ese origen, a fin de realizar un estudio adecuado de su potencial de mejoramiento.

### El programa de introgresión Avros

El programa de introgresión Avros se encamina a introducir caracteres deseables en la población Avros, que incluye material de diversos orígenes. Al respecto, se incluyó una amplia gama de orígenes para garantizar que la variabilidad genética no se pierda y se seleccionó un total de 135 Téneras de 94 familias.

Este programa estaba diseñado para evaluar la habilidad combinatoria de estos Téneras con la élite

Dura 635.607D, y para cruzar estos con polen de la Pisífera comercial Avros, con el propósito de generar cruces TxP como fuente de polen. El resultado fue la siembra en 1998 y 1999 de 108 progenies TxD y 128 cruces TxP. Los primeros resultados del ensayo TxD son alentadores e indican que varias de estas Téneras transmiten mejores rendimientos y altura reducida, en comparación con Avros Pisífera (Figura 6). Actualmente se están seleccionando Pisíferas y Ténera en las familias



**Figura 5.** Habilidades combinatorias para altura y rendimiento A+P de Avros de segunda generación.

correspondientes TxP para una segunda ronda de pruebas de progenie, mientras que se mejoran y conservan simultáneamente a través de cruzamiento complementario, autofecundaciones de Ténera y retrocruces.

### El programa de mejoramiento del ideotipo

El programa de fitomejoramiento del ideotipo (PMI) combina los orígenes con las características deseables para desarrollar poblaciones de palmas más compactas, con buenos rendimientos y mejores tasas de extracción. Fuentes de ideotipo de Dura y Pisífera se habían desarrollado como poblaciones separadas.

La Figura 7 presenta los resultados de los rendimientos A+P en relación con la altura para las progenies TxT sembradas en el ensayo 262, en 1996. Varias progenies transmiten rendimientos interesantes de aceite con altura reducida y vigor vegetativo en comparación con los cruces estándar (resaltadas con triángulos azules); pero una evaluación comparativa entre progenies es difícil ya que el ensayo no está enlazado y el nivel de entrecruzamiento varía. Al respecto, es difícil aplicar el concepto original de selección individual de palmas y familias. Actualmente, el material se evalúa por su habilidad combinatoria con las poblaciones base, a través de pruebas de progenie.

### Germoplasma del antiguo Nifor

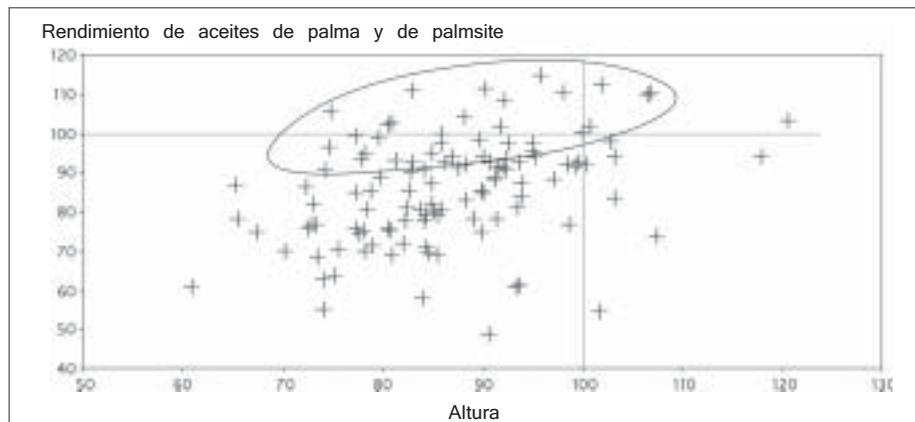
Las fuentes de polen del antiguo Nifor se encuentran disponibles en Dami y están representadas en la

siembra en el año 2000 de 17 cruces de varias fuentes de polen, que incluyen Aba, Angola, Ufuma, Calabar, Sibiti y Yangambi. Además del material que se conserva como BPRO, también se recibió polen de 25 palmas.

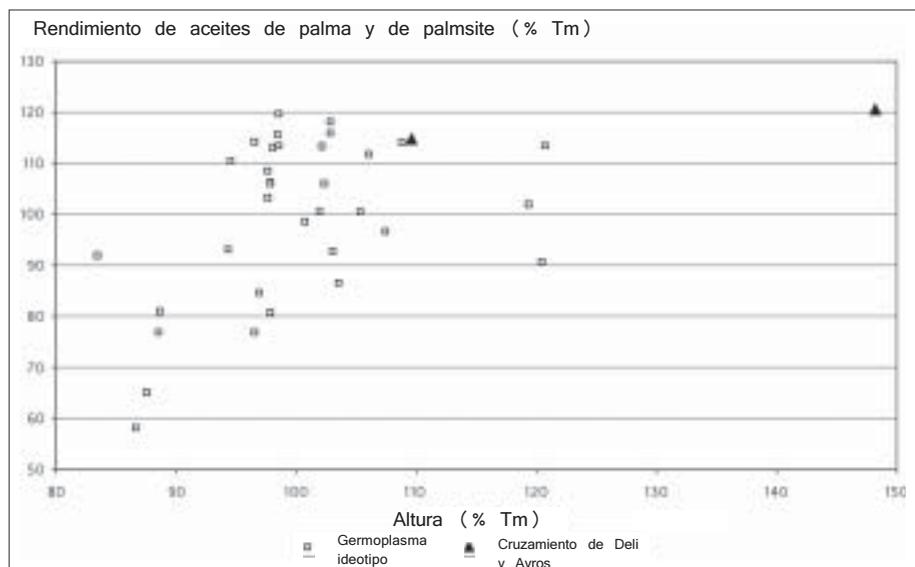
Este polen se ha utilizado en los cruces de:

- Deli dura, para evaluar las habilidades combinatorias generales como fuente de polen
- Y con Avros Ténera, para introgresión y creación de fuentes de polen mixtas de Avros-Nifor.

El germoplasma de Dura obtenido de Ghana incluye 20 cruces de origen Serdang, Angola y Chemara.



**Figura 6.** Rendimiento de aceite y almendra y altura de progenies TxD. (Datos expresados en % de cruces Std que utilizan polen de Avros Pisífera).



**Figura 7.** Rendimiento A+P en relación con altura para el ideotipo de progenies TxT (ensayo 262, 1996) (Resultados expresados en % de la media del ensayo).



## PRODUCCIÓN DE SEMILLA

### Selección de palmas élite para la producción de semilla

La selección de palmas élite para la producción de semilla se basa en los resultados de los ensayos de prueba de progenies, que actualmente cubren más de 1.000 hectáreas en Papua Nueva Guinea y en el extranjero.

La estimación de las habilidades combinatorias generales calculadas para estos ensayos se utiliza para confirmar a Pisífera como fuente de polen y además para ayudar en la selección de las mejores familias Dura que se utilizarán en la producción de semilla. Se aplica una selección intensiva adicional para la selección de palmas semilleras individuales, sobre la base de los fenotipos familiares e individuales (FFI), que resulta en menos de 20% de Dura que se utiliza para producción de semilla.

Se ha comprobado que esta selección fenotípica es justificada, considerando la excelente relación que se encontró entre las progenies de Dura y Ténera, como se demuestra en la alta correlación obtenida entre las autofecundaciones de Dura y las progenies de Ténera correspondientes (Tabla 3).

La selección fenotípica familiar e individual (SFFI) se alcanza de la manera presentada a continuación:

A escala familiar:

- Los valores HCG por encima del promedio, sobre la base de los valores parentales HCG para los rendimientos de A+P, aceite/racimo y altura (expresados en el porcentaje de la media de los ensayos de progenie).
- Relación familiar media aceite / racimo > 18,5% y buen rendimiento A+P en relación con la altura.

A escala de la palma individual:

- relación aceite a racimo > 20%, basada en un mínimo de 5 análisis de racimos, con cifras por encima de la media del ensayo para la relación mesocarpio a fruto y aceite a mesocarpio.
- Media del racimo de fruto fresco (FFB) en los dos primeros años > 80% de la media del ensayo

- Longitud del raquis < 105% Tm y peso de las hojas < 110% de la media del ensayo
- Puntaje máximo de enfermedad de la corona (0-5) <= 2, de estudios mensuales sobre enfermedad de la corona que se realizaron de los 6 a los 18 meses después de la siembra.
- Ausencia de características negativas visuales, como manchas naranjas, deficiencias de boro o magnesio.

### Productividad en la producción de semilla

En la mayoría de las operaciones, el objetivo primario es lograr una alta productividad con miras a mantener un bajo costo de producción. Para la producción de semilla, el costo de producción es un factor secundario frente a los objetivos cualitativos. No obstante, la productividad de la semilla sigue siendo un objetivo esencial, ya que es preciso satisfacer las necesidades de semilla en la plantación y lograr el uso de semillas superiores grado A.

En promedio se espera que las palmas produzcan entre 10-12.000 semillas al año, pero se requiere brindar atención especial a los siguientes aspectos:

- Aplicar a las palmas semilleras fertilizante o compost adicionales.
- Generalmente, el número máximo de hojas que se conserva en las palmas debe ser de 2-3 hojas por debajo de los racimos cosechados.
- Realizar un estudio de las palmas semilleras, dos veces al mes, para controlar la producción de nuevas inflorescencias.
- Utilizar una técnica correcta de empaque, para garantizar que la inflorescencia no se dañe y que las diferentes operaciones se realicen en la etapa correcta.
- Utilizar polen fresco, de menos de seis meses de edad, a una tasa de 1 gramo por cada 10 inflorescencias.
- Repetir la polinización al día siguiente después del inicio de la antesis.

Es preciso contar con un estrecho control y ejecución de los procedimientos de beneficio de las semillas para garantizar el logro de tasas máximas de germinación y que se disponga de más del 80% de

las semillas para despacho. Hoy día estos niveles de germinación se alcanzan en forma rutinaria (Tabla 4), pero se requiere una continua participación de la administración para controlar los siguientes factores:

- Existencias mínimas de semilla. Los niveles de producción de semilla deben adaptarse a las ventas esperadas de semilla, con el objeto de mantener niveles mínimos de existencias de semillas.
- Mantenimiento de normas de calidad para las semillas. Evitar y descartar las semillas dañadas por el desfibrador. Además, rechazar las semillas pequeñas o completamente blancas.
- Evitar la contaminación por hongos. Las áreas de almacenamiento y beneficio de las semillas deben mantenerse muy limpias y el personal debe poder verificar visualmente los niveles correctos de humedad.
- El logro de excelente germinación y bajas tasas de rechazos. Esto requiere la aplicación estricta de procedimientos para la producción de semillas. Se han logrado progresos significativos con la aireación adicional de las áreas calientes, cada quince días. Además, es preciso reducir los factores que pueden afectar la germinación, y clasificar las semillas de manera que se evite un desarrollo anormal en la germinación.

### **Pureza de la semilla**

La contaminación de Dura es una fuente continua de preocupación para los productores de semillas de palma de aceite. El resultado es el desarrollo de embriones en una variedad de Dura de cuesco grueso. Si no se utilizan técnicas de marcadores moleculares disponibles para evaluar la pureza de la semilla, estas semillas contaminadas no podrán detectarse sino cuando palmas empiecen a producir fruto. En esta etapa el reemplazo es demasiado tarde, lo que conlleva menores tasas de extracción en las plantas y un menor retorno económico para la compañía.

En Dami se siguen procedimientos estrictos para garantizar los más altos niveles de pureza de las semillas.

- Calidad de la polinización controlada. Solamente se utilizan las bolsas de polinización de alta calidad Terylene® para la polinización controlada. Estas

bolsas combinan características de resistencia y flexibilidad que garantizan el cierre completo y evitan la contaminación del polen. Las técnicas de empaque han demostrado que son eficaces para evitar que los insectos rastreros introduzcan polen extraño.

- Pureza del polen. En la recolección de polen se utilizan bolsas de calidad similar y el procesamiento se hace en un laboratorio dedicado exclusivamente a este proceso, con medidas de aislamiento y desinfección diseñadas para evitar la contaminación con polen extraño. Un laboratorio separado de mejoramiento maneja todo el polen no comercial, que se utiliza para mejoramiento genético.
- Polinización en blanco. La polinización en blanco se realiza utilizando talco, para controlar la presencia de algún posible nivel de contaminación. Este proceso conduce al desarrollo de frutos fértiles que se controlan y cuentan cada tres meses después de la polinización. Posteriormente, se cuentan como porcentaje del número total de flores. Las polinizaciones en blanco se realizan a una tasa de 1 por cada 100 inflorescencias empacadas para cada empacador individual. La tasa de contaminación actual para el año fue de 0.025%, que es menor a la norma interna aceptable, fijada en 0,1%. No obstante, nuestra meta es lograr un nivel de contaminación de 0%.
- Almacenamiento y manejo de las semillas. Las semillas comerciales y genéticas se benefician y se conservan en áreas separadas para evitar una posible mezcla.

### **Seguimiento y siembra de progenies identificadas**

En Dami se realizan esfuerzos para producir, beneficiar y despachar todas las semillas de progenies identificadas. Esto permite un pleno seguimiento de todas las semillas producidas de progenitores individuales.

Al respecto, se está utilizando un programa de informática especialmente diseñado para registrar los detalles del pedigrí, al igual que todos los otros detalles de polinización controlada y beneficio para todos los racimos de semillas, que se identifican con un código único. El programa controla la situación de cada racimo individual de semilla e imprime una lista del trabajo



diario de acuerdo con los procedimientos establecidos en las guías para el manejo de la producción de semilla.

Dami OPRS siempre recomienda la siembra de semillas en el vivero por progenies identificadas, a fin de aumentar la uniformidad y facilitar el descarte, permitiendo reconocer las diferencias posibles en el desarrollo de la progenie. Los datos de descarte en el vivero también se reportan separadamente por progenie, para poder identificar las progenies con bajo desempeño.

Recientemente se revisaron los procedimientos del vivero, para mantener la integridad de la progenie hasta el trasplante en el vivero principal y la siembra en el terreno. (Hoare & Dapey, 2004). En NBPOL, desde el año 2001, ese se ha convertido en un procedimiento rutinario para todas las nuevas siembras y resiembras, y desde entonces se ha utilizado esa técnica para el establecimiento exitoso de más de 5.000 hectáreas.

En la plantación, la siembra a gran escala de las progenies identificadas ha creado nuevas oportunidades para el programa de mejoramiento. Por primera vez, es posible realizar el tamizaje sistemático de todas las progenies producidas por la unidad de producción de semillas, para que así se pueda proceder a la revisión de la lista de las palmas semilleras.

Además, los ensayos de fertilizantes también pueden ser más eficientes, al incluir el origen genético en sus diseños, que también tendrán en cuenta las interacciones GxE en las recomendaciones de fertilizantes.

Finalmente, la siembra sistemática de las progenies identificadas también ofrece una oportunidad única para relacionar las plantaciones con los extensos esfuerzos de tamizaje necesarios, con miras a la identificación de las progenies mejor adaptadas a los entornos específicos.

- Por ejemplo, en NBPOL este tamizaje puede ayudar a la selección de las progenies que son más tolerantes a las deficiencias en Mg u otros micronutrientes,
- En Sinar Mas se ha iniciado la siembra por progenies identificadas, con las plantaciones más afectadas por Ganoderma, pero una vez que el concepto se extienda a las otras plantaciones de la compañía, será posible tamizar las progenies, para lograr una amplia gama de entornos.

- En Las Flores, en Colombia, la resiembra con las progenies identificadas contribuirá en la identificación de las progenies con mayor tolerancia a la sequía, debido al severo déficit hídrico que se encuentra en la zona del país donde está ubicada dicha plantación.

## CONCLUSIONES

- El programa de mejoramiento Dami está encaminado a garantizar el mejoramiento a corto y largo plazo de este material vegetal. El mejoramiento a corto plazo se realiza aprovechando la variabilidad restante en las poblaciones de base Deli y Avros y seleccionando nuevas poblaciones de Pisífera y Dura, de acuerdo con los resultados del intensivo programa de pruebas de progenie. Se ha multiplicado Dura con mayores tasas de extracción, para el establecimiento de nuevos huertos semilleros que se utilizan actualmente para la producción de semillas. Aunque el alcance del progreso se limita a la población Avros, también se está utilizando una segunda generación de Pisífera para transmitir mejores rendimientos de aceite y almendra y un menor incremento en altura.
- Se están realizando esfuerzos adicionales para ampliar la base genética de las poblaciones genéticas Dami. Estos incluyen la evaluación del germoplasma que proviene de las estaciones de mejoramiento en Congo, Camerún y Nifor. La prueba y el uso sistemático de este germoplasma sigue un procedimiento claro de evaluación de las habilidades combinatorias de las poblaciones de base Deli y Avros, y para su conservación e incorporación. Los primeros resultados son alentadores e indican un buen enfoque para la identificación de fuentes mejoradas de Dura y Pisífera para la producción de semilla.
- Se siguen criterios estrictos para la selección de los mejores individuos que se utilizarán en la producción comercial de semilla, y esto resulta en una alta intensidad de selección. Se han elaborado procedimientos para garantizar que se pueda obtener la mejor productividad de semillas de estas palmas semilleras, con un promedio de producción de 10-12.000 semillas por palma y más del 80% de germinación de las semillas

disponibles después de la clasificación. La producción de semillas y las pruebas de polinización en blanco se someten a una estrecha vigilancia para garantizar niveles cercanos a cero de contaminación por Dura.

- Se ha desarrollado un programa de informática encaminado a ayudar en la organización de las operaciones en el terreno y las actividades de beneficio de la semilla, que permite el seguimiento

completo de las semillas producidas. Desde el año 2001 se ha procedido a la identificación por progenie de los viveros y siembras en el terreno, situación que ofrece nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia de los estudios de fertilizantes y para investigar las interacciones GxE. Además, habrá una mayor contribución en la identificación de las progenies mejor adaptadas a los entornos específicos.



## BIBLIOGRAFÍA

Breure, K. 2002. Preliminary results of performances of ASD's genetic material at Bina Sawit Makmur in South Sumatra, In '2002 International Oil Palm Conference and Exhibition - Chemistry, Technology & Economics', Nusa Dua, Bali, July 8 - 12, 2002

Dumortier F, Konimor J. 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. In: Proc. Agric. Conf. "International Conference on Development in Oil Palm Plantation industry for the 21<sup>st</sup> Century." International Society of Plant Breeder, 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, KL, Malaysia.

Dumortier, F. 2003. Breeding for high yielding progenies at Dami OPRS. International Pipoc Conference "Palm Oil: The Powerhouse for the Global Oils & Fats Economy". Putrajaya, Malaysia.

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

Thompson, N. 2003. Managing for growth and profit. The inaugural Kulim Conference, 2003, Johor Bahru, Malaysia, sept 20-Act 1, 2003.