

Materiales de siembra de palma de aceite del PORIM*

PORIM oil palm planting materials

Kushairi, A.; Rajanaidu, N.; Jalam, B.S.; Mohd Rafii, Y.; Mohd Din, A1.

RESUMEN

Después de describir las tres formas de fruto que se presentan en palma de aceite - *dura*, *ténera* y *pisífera* - caracterizados por el grosor del cuesco y su uso en la formación del cruce *dura* x *pisífera* (DxP), de gran valor en el aumento de la producción de aceite, los autores hacen un recuento histórico y del desarrollo de la palma de aceite desde su introducción en Java, Indonesia en 1848, y la posterior utilización de esas palmas para desarrollar la población *Deli dura* y comparar estas palmas con las *Deli* africanas, y concluyen que las *Deli dura*, a pesar de su estrecha base genética, es un genotipo muy valioso para el fitomejoramiento y la producción de semillas. La industria de la palma de aceite en Malasia se desarrolló sobre la población *Deli dura*. Para aumentar la diversidad genética se hicieron varias expediciones en la búsqueda de recursos genéticos y nuevos genes, y como resultado de ello se creó el banco de germoplasma del PORIM en 1979. También se ha utilizado el germoplasma PORIM-Nigeriano para hacer selecciones por enanismo que ayuda a facilitar la cosecha, por alto índice de yodo para la producción de un aceite de palma más líquido y por el alto contenido de palmiste para aumentar la producción de aceite láurico. En el programa de fitomejoramiento del PORIM se sigue utilizando material AVROS *pisífera* como fuente de polen en la producción de semillas debido a su excelente habilidad combinatoria general. Actualmente, el PORIM produce cuatro tipos de materiales de siembra DXP, a saber: *Deli* x AVROS para rendimiento, PORIM Serie 1 para enanismo y rendimiento, PORIM Serie 2 para alto índice de yodo y rendimiento y PORIM Serie 3 para alto contenido de palmiste y rendimiento. En el artículo se discuten la Colección *Deli dura*, la colección PORIM-Nigeriana, la AVROS *pisífera*.

SUMMARY

After describing the three fruit forms which occur in the oil palm – *dura*, *tenera* and *pisifera* – characterized by the shell thickness and its use in the formation of the *dura* x *pisifera* (DxP) cross, of great value for the increase of oil production, the authors make a historical recount and a narration of the oil palm development, since its introduction in Java, Indonesia, in 1848, and the subsequent utilization of those palms to develop the *Deli dura* population and compare these palms with the African *Deli*, and they conclude that the *Deli dura*, despite its narrow genetic base, is a genotype which is very valuable for plant breeding and the production of seeds. The oil palm industry in Malaysia was developed on the *Deli dura* population. In order to increase the genetic diversity, several expeditions were made in search of genetic resources and new genes and as a result of these, PORIM's germoplasm bank was created in 1979. The PORIM-Nigerian germoplasm has also been used to make selections for dwarfness, that helps to facilitate the harvest, for its high iodine value for the production of a more liquid palm oil and for the high kernel content to increase the production of lauric oil. In the PORIM's oil palm breeding program, AVROS *pisifera* material is still being used as a source of pollen in the production of seeds, due to its excellent general combining ability. At present, PORIM produces four types of DXP planting materials, which are: *Deli* x AVROS for yield, PORIM Series 1 for dwarfness and yield, PORIM Series 2 for high iodine value and yield and PORIM Series 3 for high kernel content and yield. The article discusses the *Deli dura* Collection, the PORIM-Nigerian collection and the AVROS *pisifera*.

PALABRAS CLAVES: Palma de aceite, Materiales de siembra, Semillas, Mejoramiento genético, Colecciones de plantas.

*Tomado de: PORIM Bulletin (Malasia) no, 38, p. 1-13. 1999.

Traducido por Fedepalma.

1 Palm Oil Research Institute of Malaysia, P.O. Box 10620, 50720. Kuala Lumpur, Malasia.

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) tiene tres formas de frutos - *dura*, *tenera* y *pisífera* - caracterizados por el espesor del cuesco, heredado monogénicamente (Beirnaert y Vanderweyen 1941). La *tenera* tiene un cuesco delgado y es el híbrido entre *dura*, de cuesco grueso, y *pisífera*, sin cuesco. El fruto de *tenera* tiene un mesocarpio que produce más aceite (60-90%) que el de *dura* (20-65%). El contenido de palmiste de las dos formas de fruto es similar (5-10%). El gene para el espesor del cuesco ha sido explotado comercialmente en la forma del cruce *dura* x *pisífera* (DxP). La producción de aceite se aumentó al 30%, mediante el cambio de *dura* a materiales de siembra DxP (*tenera*). La *pisífera*, por lo general, es femenina estéril y, por lo tanto, no se utiliza como material de siembra.

La palma de aceite es nativa de África Occidental tropical. En 1848, cuatro plántulas duras fueron introducidas al Jardín Botánico Bogor en Java, Indonesia. Las progenies de estas palmas evolucionaron y se convirtieron en la población de Deli *dura* (Fig. 1). Las palmas de esta población son de alta producción, con buenas características de fruto, y son uniformes en su desempeño (Hardon y Thomas 1968; Hartley 1988). Los frutos de la Deli *dura* tienen un color más oscuro, son más grandes y contienen una proporción más alta de mesocarpio y, por lo tanto, un porcentaje más alto de aceite que las duras africanas. Las características superiores del fruto de Deli *dura* se reconocieron en época tan temprana como 1930, cuando se reportó que estaba constituido por 62-63% de mesocarpio, 30% de cuesco y 7-8% de palmiste (Hartley 1988). A diferencia de la *dura* africana, las espiguillas de los racimos de las Deli *dura* terminan en espinas cortas en vez de largas. La Deli *dura* produce menos racimos, pero son racimos más pesados si se comparan con los racimos de las *tenera* y las *dura* africanas. A pesar de la estrecha base genética, la Deli *dura*, afortunadamente, es un genotipo distintivamente valioso para el fitomejoramiento y la producción de semillas. La población sigue siendo considerada la mejor *dura* para la

producción de aceite. En vista de que hasta recientemente se hicieron unas pocas introducciones de germoplasmas nativos de palmas de aceite (Rajanaidu 1994), la mayor parte de los esfuerzos de fitomejoramiento en Malasia se limitaron a la selección dentro de la Deli *dura*. La industria de la palma de aceite de Malasia se desarrolló de esta población, cuando semillas adquiridas en Sumatra se sembraron a lo largo de la avenida Rantau Panjang, en 1911. De este humilde comienzo de varias palmas ornamentales, la industria de la palma de aceite en Malasia ha crecido y se ha convertido en una industria floreciente.

Desde el comienzo de la industria de la palma de aceite, el fitomejoramiento y la selección se enfocaron hacia la producción de materiales de siembra para obtener una alta producción de aceite. La producción de semillas ha dependido sólo de la Deli *dura* como progenitor femenino, con el uso exclusivo de la AVROS *pisífera* como fuente de polen. Desde hace mucho tiempo, la industria ha experimentado los riesgos de depender de una base genética limitada.

La fragilidad de las producciones de cultivos debido a un "pool" genético limitado es una amenaza constante. El progreso en la selección también se obstaculiza debido a los reducidos antecedentes genéticos. Al mismo tiempo, es alarmante anotar la erosión genética en el centro de la diversidad, debido a cambios de cultivo y de los desarrollos modernos. Fue por estas razones que se montaron varias misiones de expedición a África para conservar los recursos genéticos y encontrar nuevos genes para ampliar el "pool" genético de las actuales poblaciones de fitomejoramiento de palma de aceite. La primera misión se llevó a cabo en Nigeria en 1973, conjuntamente por el Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) y el Nigerian Institute for Oil Palm Research (NIFOR). Las accesiones introducidas a Malasia fueron conservadas, evaluadas y utilizadas. Los materiales fueron heredados por el Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM) en 1979. Palmas del germoplasma PORIM-Nigeriano

han sido seleccionadas por enanismo para facilitar la cosecha, el alto índice de yodo para obtener un aceite de palma más líquido y por el alto contenido de palmiste para la producción de aceite láurico. Actualmente, la AVROS *pisífera* todavía se mantiene como la fuente de polen en la producción de semillas debido a su excelente habilidad combinatoria general. Más tarde se utilizarán *pisíferas* de los materiales en perspectiva. Actualmente el PORIM produce cuatro tipos de materiales de siembra de DxP.

- Deli x AVROS para rendimiento.
- PORIM Serie 1 (PS1) para enanismo y rendimiento.
- PORIM Serie 2 (PS2) para alto índice de yodo y rendimiento.
- PORIM Serie 3 (PS3) para alto contenido de palmiste y rendimiento.

Colección Deli Dura

El programa de fitomejoramiento del PORIM fue iniciado con materiales reunidos por el DOA en la Plantación Elmina y la Avenida Serdang en la década de los 20. Las primeras tres pruebas replicadas se establecieron con las selecciones de Elmina entre 1937 y 1940 en Serdang y, hasta 1953, los esfuerzos del DOA giraron en torno a estos materiales. Después del descubrimiento de la herencia de un solo gene para el espesor del cuesco, el DOA inició la primera siembra de DxP en el país, en 1953, en Jerangau. Polen de *pisífera* importado de Nigeria (PN) se utilizó para crear dos progenies de DxP y se plantaron juntas con dos cruces de Ulu Remis *dura*. El propósito de la Prueba 0.18 fue evaluar el valor potencial para la industria de la palma de aceite del cruce Deli x *pisífera* con relación a las palmas Deli *dura*. En el mismo año, la Prueba 0.19 se estableció con progenies de DxP que involucraba, por primera vez, la *pisífera* Serdang S27B, la cual fue cruzada con las progenies

autofecundadas de Dumpy E206. Un cruce de DxP utilizando Polen Nigeriano (PN) también se plantó en la prueba. Desde 1953 fue común para el DOA plantar cruces de DxP en bloques experimentales. Similarmente, la comunidad de plantaciones cambió

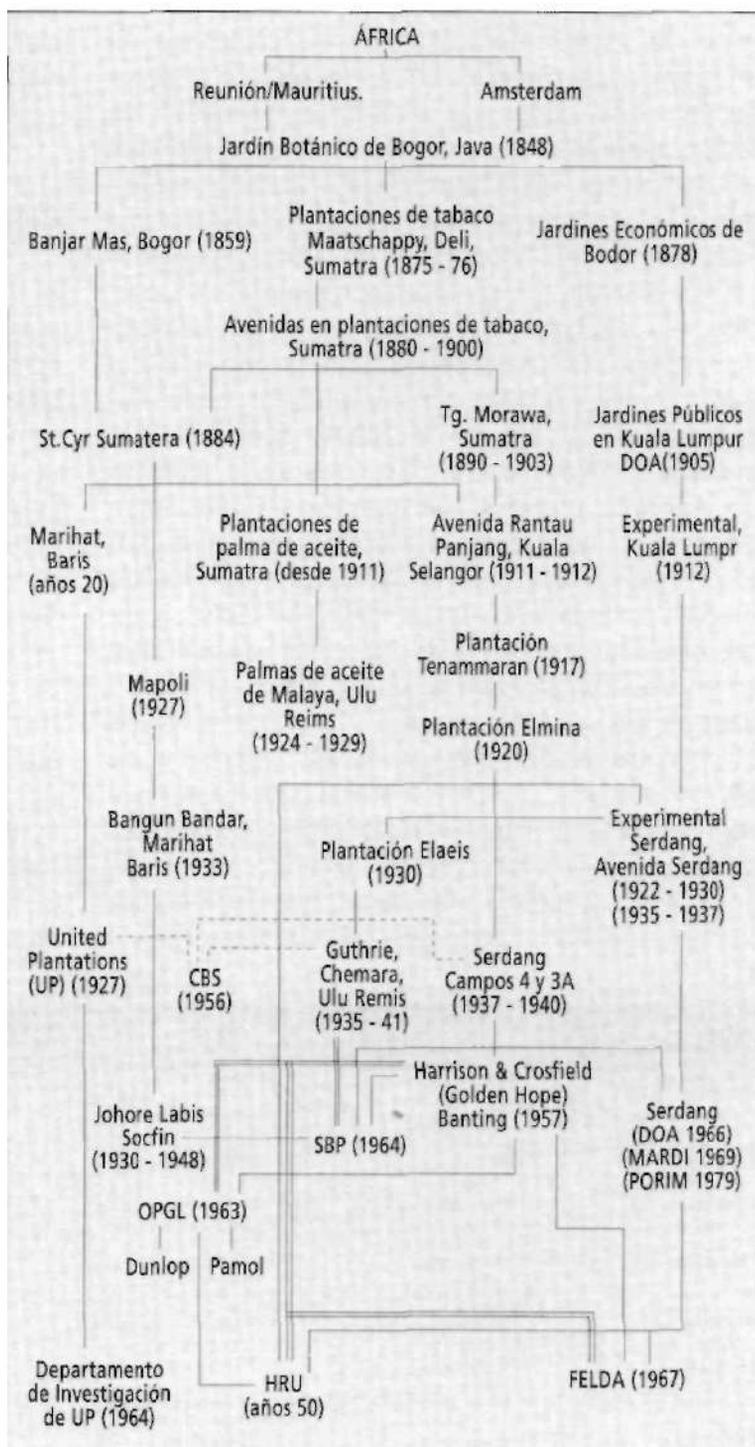


Figura 1. Historia y desarrollo de la Deli *dura* en Indonesia y Malasia hasta 1979. Fuente: Kushairi (1992).

gradualmente de la dura a los materiales de siembra DxP desde finales de 1959.

A lo largo de cinco décadas, desde los 20, el DOA logró acumular materiales genéticos de palma de aceite, mediante programas de intercambio con institutos locales (Fig. 1) y África Occidental. El intercambio de polen y semillas de *pisífera* y *tenera* en conexión con un programa cooperativo de fitomejoramiento con institutos de África Occidental se concluyó en 1954 (Heath 1955). La mayor parte de las colecciones realizadas por el DOA se obtuvo mediante el Plan Cooperativo de Fitomejoramiento (PCF) y el Programa de Fitomejoramiento de Sabah (PFS). En 1969, con la formación de MARDI, la tarea de investigación en palma de aceite se transfirió a la nueva institución. Diez años después, al convertirse la palma de aceite en un cultivo cada vez más importante para la economía de Malasia, el gobierno decidió dedicar toda la investigación sobre la palma de aceite a una nueva organización, el PORIM. Los materiales genéticos de la palma de aceite fueron heredados finalmente por el PORIM en 1979. Entre las colecciones de Deli *dura* disponibles en el PORIM se encuentran la Elmina, la Ulu Remis (URD), la Banting (BD) y la Johore Labis (JL). Algunas de las colecciones de pisíferas son: AVROS, Serdang, La Mé, WT, LN y LC. Debido a que la propiedad de la tierra en Serdang la mantiene el MARDI, los materiales genéticos en el terreno fueron trasladados a Kluang entre 1977 y 1990. Más tarde, estos materiales fueron distribuidos a otras Estaciones de Investigación

del PORIM. Actualmente, el instituto tiene un total de aproximadamente 120 hectáreas de Deli *dura* (Tabla 1). Como un servicio a la industria, el PORIM está alquilando palmas dura, polen pisífera y materiales genéticos para el establecimiento de jardines de semilla. Actualmente por lo menos 10 organizaciones están interesadas en participar en el programa, o ya están involucradas en él.

Colección PORIM-Nigeriana

El material actual para el fitomejoramiento de la palma de aceite tiene un origen genético reducido. Esto ha restringido un poco el progreso genético que se pudo haber logrado mediante el fitomejoramiento para diferentes caracteres de interés. El desarrollo de nuevos tipos de materiales de siembra de palma de aceite depende de la disponibilidad de variabilidad genética dentro de la población. Esta comprensión proporcionó el ímpetu para buscar nuevos genes en el centro de origen. El primer esfuerzo comprensivo y sistemático para la colección de germoplasma de palma de aceite se hizo en Nigeria, en 1973, entre el MARDI y el NIFOR. El equipo tomó muestras de materiales de 45 lugares por todo el país, cubriendo varios climas y nichos ecológicos. En cada lugar se tomaron muestras al azar de 20 palmas y de cada palma se colectaron 200 semillas. Las 919 accesiones se compartieron igualmente entre los institutos. Un total de 180.000 semillas fueron enviadas por avión a Malasia, después de recibir tratamiento de cuarentena en el Jardín Botánico Real, Kew, Reino Unido.

Se hicieron germinar exitosamente alrededor de 30.000 semillas. Una muestra representativa de los materiales se plantó entre 1975 y 1976 en Kluang, cubriendo más de 200 hectáreas (Tabla 2). El resto de las semillas se distribuyó a miembros de la industria. Ésta y

Tabla 1. Colecciones de materiales genéticos Deli *dura* en el PORIM en 1999.

LUGAR	AÑO DE SIEMBRA	MATERIALES	No. DE PALMAS EXPERIMENTALES	HECTÁREAS
Kluang	1985 - 1994	Deli	9.853	66,3
Ulu Paka	1991	Deli	1.904	12,8
Keratong	1996 - 1997	Deli	1.616	11,0
PORIM/UKM Bangui	1998 - 1992	Deli	2.944	19,8
Sessang	1993	Deli	992	6,7
Lahad Datu	1993 - 1997	Deli	576	3,9
Total			17.885	120,5

Tabla 2. Acciones originales de la colección de germoplasma de PORIM-Nigeriana.

PRUEBA No.	UBICACIÓN	FECHA DE SIEMBRA	No. DE PROGENIES	No. DE PALMAS EXPERIMENTALES	HECTÁREAS
0.140	Kluang	Sep 1975	512	9.216	106,8
0.150	Kluang	Abr 1976	216	5.184	62,7
0.151	Kluang	May 1976	200	2.400	20,8
0.152	Kluang	May 1976	50	600	8,2
0.153	Kluang	Jun 1976	10	540	10,2
Total			919*	17.940	208,7

otras colecciones de germoplasma formaron parte del banco de genes del PORIM en Kluang (Rajanaidu 1994). El lanzamiento del banco de genes se realizó en septiembre de 1994.

Los materiales colectados en Nigeria fueron evaluados, entre otras cosas, en cuanto a rendimiento, contenido de aceite, composición de ácidos grasos, parámetros fisiológicos, características vegetativas, contenido de caroteno y vitamina E. Los materiales están siendo utilizados para elevar el potencial de rendimiento, mejorar la calidad nutricional y tratar retos futuros que enfrenta la industria. La evaluación e identificación del nivel de variación genética dentro de la colección de germoplasma allanó el camino

materiales fueron plantados en varios lugares, ocupando 185 hectáreas (Tabla 3).

AVROS *Pisífera*

La AVROS *pisífera* tiene su origen en la famosa palma Djongo en el Jardín Botánico de Eala, en Yangambi, Zaire (Hardon et al. 1976). Semillas de Yangambi fueron importadas a Sumatra en 1921 por Algemene Vereniging van Rubberplanters ter Ooskust van Sumatra (AVROS). La palma SP540 teñera, plantada en 1923 en Sungai Pancur, era derivada de la palma Djonga (Pamin 1995). La palma SP540 fue autofecundada y cruzada con *teneras* de la Estación Experimental de Bangun Bandar en Sumatra (Hardon et al. 1982). Las *pisíferas* descendientes directamente por medio de autofecundaciones de la SP540 son referidas como "SP540 p/s/fera". La SP540 cruzada con materiales de la Estación Experimental Bangun es conocida como "AVROS *pisífera*". Las SP540 *pisíferas* no son fértiles, pero algunas AVROS *pisíferas* produjeron frutos fértiles (Hartley 1988; Pamin 1995). El rendimiento de las SP540 y AVROS *pisíferas* son similares, y ambas muestran

Tabla 3. Dura de los materiales de germoplasma de la segunda generación en el PORIM en 1999

UBICACIÓN	FECHA DE SIEMBRA	MATERIALES*	No. DE PALMAS EXPERIMENTALES	HECTÁREAS
Kluang	1991 - 1997	NGA	528	3,6
Ulu Paka	1991 - 1994	NGA	2.848	19,3
Keratong	1994 - 1996	NGA x Deli, NGA, CMR, ZRE	7.104	47,9
PORIM/UKM Bangui	1992	NGA x Deli	144	1,0
Sessang	1993 - 1995	NGA, ZRE	7.440	50,2
NGA x Deli				
Lahad Datu	1993 - 1997	NGA, ZRE	9.408	63,6
Total			27.472	185,6

* NGA = Nigeria. ZRE = Zaire. CMR = Camerún.

altos valores de habilidad combinatoria general en muchos cruces.

Las semillas de AVROS tenera x pisífera (TxP) de Sumatra fueron importadas a Malasia conjuntamente por el DOA y Harissons & Crosfield y plantadas en el terreno de estos últimos en Klanang Bahru, Banting en 1957 (Heath 1958; Haddon y Tong 1959; Lee y Yeow 1985). El material llegó a ser conocido como BM 119. Progenies de *tenera x tenera* (TxT) de Klanang Bahru fueron plantadas por el DOA en la Prueba 0.79 en Serdang en 1965. Los cruces TxT y TxP de Serdang fueron plantados en Kluang en 1977 (Prueba 0.159), 1981 (Prueba 0.174) y 1982 (Prueba 0.182). Los materiales AVROS fueron ampliamente distribuidos y han sido establecidos como una fuente importante de buen progenitor pisífera en la producción de semillas. Las progenies DxP son altamente productivas, exhibiendo altas relaciones mesocarpio a fruto (M/F) y aceite a racimo (A/R), pero confieren gran altura a las palmas, como se muestra en la Tabla 4 (Kushairi et al. 1998).

Deli x AVROS

El Deli *dura* x AVROS pisífera quizás es el material de siembra más común en el mundo entero y efectivamente lo es en Malasia. Aunque las semillas DxP fueron producidas mucho antes por el DOA y MARDI, no fue sino hasta 1986 que el PORIM lanzó una producción a escala semicomercial en Sendang para contrarrestar la escasez de materiales de siembra que enfrentaba la industria. Con el cierre de la Estación de Investigaciones de Serdang, las semillas Deli x AVROS están siendo producidas actualmente por PORIM Kluang y PORIM/UKM en Bangi. El desempeño de las progenies Deli x AVROS en la prueba de progenie mostró que los materiales son de producción temprana y de alto rendimiento (Kushairi et al. 1997; 1998). Las características de las progenies Deli x AVROS se muestran en la Tabla 5. Los altos tamaños de las palmas posiblemente se deben a la historia de selección anterior del material que favoreció la selección de palmas individuales de crecimiento vigoroso y de alto rendimiento. Siete años después de su siembra, el incremento de la altura fue de 53,20 cm/año, con una altura promedio de 2,66 m, que varía entre 2,47m y 2,85m.

Tabla 4. Desempeño de grupos de AVROS *pisífera* en Kluang, Selangor

GRUPO DE PISIFERA	RFF (Kg/PALMA/AÑO)	NOR (No./PALMA/AÑO)	PPR (Kg)	M/F (%)	A/R (%)	PR (%)	ALTURA (m)	PET (Kg/PALMA/AÑO)
1	195,99	13,36	14,71	79,09	25,46	6,52	2,62	58,28
2	186,88	12,42	15,31	77,08	24,75	6,84	2,61	54,78
3	181,15	12,43	14,89	80,87	25,94	6,24	2,65	54,06
4	189,51	12,58	15,69	80,41	27,11	6,25	2,79	63,73
5	192,29	12,89	15,24	79,05	24,21	6,23	2,73	55,09
6	166,38	10,79	15,89	80,23	25,41	5,97	2,65	49,49
7	184,52	12,23	15,32	77,49	25,05	6,46	2,85	54,56
8	190,93	13,23	14,50	81,48	27,08	5,69	2,57	61,63
9	174,24	10,34	17,04	78,87	25,08	6,80	2,47	52,49
Pomedio	184,43	12,22	15,42	79,37	25,54	6,34	2,66	55,91

Sembradas en suelo costero en la Plantación Highlands en 1978.

Registros de rendimiento 1985-1995, RFF = Racimo de fruta fresca, NOR = Número de racimos, PPR = Peso promedio de racimo.

Análisis de racimo 1985-1991, A/R = Aceite a racimo, P/R = Palmiste a racimo, PET = Producto económico total. Medidas vegetativas 1985, AT = altura de la palma.

El análisis de correlación mostró que las progenies altas produjeron rendimientos más altos, tales como racimos de fruta fresca (RFF) y producto económico total (PET) (Kushairi et al. 1998). En prácticas de las plantaciones, las palmas de baja altura son preferidas a las altas, debido a la facilidad de cosecha y a una vida económica más larga de la plantación. El análisis de varianza no mostró diferencia significativa para la mayoría de las características económicamente importantes (Kushairi et al. 1998), sugiriendo que los materiales fueron uniformes en su desempeño. La baja variación genética probablemente se debió a la anterior presión de selección

Tabla 5. Desempeño de las progenies Deli x AVROS

CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO	CARACTERÍSTICAS	PROMEDIO
Racimo de fruta fresca (kg/palma/año)	184,43	Aceite/mesocarpio húmedo (%)	46,69
Número de racimos (No./palma/año)	12,22	Aceite/racimo (%)	25,54
Peso promedio de racimo (kg/palma/año)	15,42	Palmiste/racimo (%)	6,34
Fruto/racimo (%)	68,67	Aceite/palma/año (kg)	48,77
Peso promedio del fruto (g)	10,69	Palmiste/palma/año (kg)	11,89
Mesocarpio/fruto (%)	79,37	Altura (m)	2,66
Palmiste/fruto (%)	9,21	Aumentos en altura (cm/año)	53,20
Cuesco/fruto (%)	11,42	Índice de racimo	0,51
Aceite/mesocarpio seco (%)	76,76	Producto Económico Total (kg/palma/año)	55,91

Sembradas en suelo costero en la Plantación Highlands en 1978. Registros de rendimiento 1985-1995. Análisis de racimos 1985-1991.

de ambos progenitores, resultando en progenies homogéneas de DxP. El rendimiento consistente y los valores generalmente altos para la mayoría de las características son ventajas en siembras comerciales.

PORIM SERIE 1 (PS1)

Los materiales de siembra de palma de aceite actuales crecen a una tasa de 40-75 cm/año. El cultivo se vuelve demasiado alto después de 20 años y la cosecha se vuelve difícil de manejar. El fitomejoramiento para obtener palmas de aceite de baja altura ha sido una de las principales prioridades en el programa de fitomejoramiento. Algunos de los esfuerzos son:

- Selección de la palma Dumpy E206.
- Dumpy-AVROS pisífera en cruzamientos DxP.
- Híbridos interespecíficos de *E. oleífera* x *E. guineensis*.
- Retrocruzamientos de los híbridos interespecíficos.
- PORIM Serie 1 (PS1).

El muíante enano E206, seleccionado por Jagoe (1952), se ha convertido en una fuente importante del gene enano en el programa de fitomejoramiento. Sin embargo, el rendimiento de esta palma es bajo, comparado con otros materiales, haciéndola poco atractiva para la explotación directa. No obstante, la E206 fue manipulada mediante introgresiones con *pisíferas* para producir materiales de siembra de más baja altura (Soh et al. 1981). Los cruces iniciales en el desarrollo de la Dumpy-pisíferas fueron iniciados por el DOA, utilizando las Serdang *pisíferas* S27B y S29.36. La HRU Dumpy-AVROS *pisífera* fue generada de las combinaciones {(E206 x S27B) x AVROS } x AVROS (Soh 1983), la Dumpy-AVROS *pisífera* de Golden Hope es similar a la de HRU, excepto que se utilizó S29.36 en la combinación, en vez de S27B (Lee y Yeow 1985). Los materiales de siembra comerciales de Deli

x Dumpy-AVROS son alrededor del 20% mas bajos, con rendimientos comparables a los de la Deli x AVROS. La especie aliada de la palma de aceite, *E. oleífera* (Kunth) Cortés, originaria de Latinoamérica, posee genes para palmas de baja, pero cuyo rendimiento es más bajo que el de *E. guineensis*. Los híbridos entre las dos especies y sus programas de retrocruzamiento son vías posibles en el desarrollo de palmas bajas de altura y compactas

Mientras tanto, el PORIM ha desarrollado los materiales de siembra PS1 con aumentos de altura más lentos después de una selección intensiva de la colección de germoplasma del PORIM-Nigeriano (Rajanaidu et al. 1998; 1999). Siete familias de *dura* (Tabla 6) de la colección fueron seleccionadas para obtener las siguientes características:

- Alto rendimiento.
- Enanismo.
- Alto número de racimos.

Las palmas enanas de alto rendimiento han sido puestas a la disponibilidad de miembros de la industria para un desarrollo paralelo. Las *teneras* enanas

Tabla 6. Familias de *dura* PORIM-Nigerianas seleccionadas para obtener alto rendimiento y bajos incrementos en la altura

FAMILIA	RFF		NOR (Kg/PALMA/AÑO)	PPR (Kg)	AUMENTOS EN ALTURA (cm/AÑO)
	(Kg/PALMA/AÑO)	(t/ha/AÑO)			
1	204	30,3	20	10,08	16
2	217	32,2	17	13,63	15
3	226	33,5	13	17,64	19
4	207	30,7	19	11,94	15
5	211	31,3	17	12,28	18
6	225	33,4	22	10,46	18
7	218	32,3	23	9,92	19

RFF = racimos de fruta fresca, NOR = número de racimos, PPR = peso promedio de racimo.

prominentes de la colección fueron cruzadas con las Deli *duras* de la industria para pruebas de progenie. Los progenitores involucrados en los cruces fueron autofecundados para la próxima generación de selección y producción de semilla. En la prueba de progenie, utilizando Deli *dura* x PORIM-Nigeriana tenera, se registraron altos rendimientos de más de 200 kg/palma/año, comparadas con el control de DxP, con 180 kg/palma/año (Tabla 7) (Rajanaidu et al. 1998; 1999). La relación A/R de las *teneras* es de alrededor del 28% y las palmas son por lo menos un 30% más bajas de altura que el control de las Deli x AVROS.

Tabla 7. Desempeño de la Deli *dura* x PORIM-Nigeriana Tenera en Sungai Tekam, Pahang.

PROGENIE	PROGENIE (URD x NGA)	RFF(Kg/PALMA/AÑO)		A/R (%)	P/R (%)	AUM. ALT (cm/AÑO)
		1992-1997	1997			
DT 5	FK 41 x 150/1269 (10-15)	158,8	211,8	28,0	5,0	46
E 23	FK 41 x 150/3207 (19-06)	170,0	218,5	27,5	4,1	42
E 25	FK 40 x 150/3207 (19-06)	172,3	230,3	25,7	5,0	44
E 27	GA 27 x 150/1791 (18-08)	153,9	224,8	27,7	3,9	46
E	29 FR 48 x 150/2973 (9-03)	169,0	230,4	28,2	5,1	45
DxP testigo			180,0	25,0	4,0	75

Plantadas en 1989/90. URD = Ulu Remis Dura, NGA = PORIM-Nigeriana germoplasma. RFF = racimos de fruta fresca. A/R = aceite a racimo, P/R = palmiste a racimo. Aum. alt. = aumentos en altura.

Adicionalmente, la Población 12 del germoplasma de la PORIM-Nigeriana fue notoria por altos RFF y enanismo. Varias familias dentro de la población fueron sometidas a pruebas de progenie. En una prueba en Kota Tinggi, el rendimiento, por lo general, fue bajo probablemente debido a un medio ambiente inadecuado (Tabla 8). Ciertas progenies de la Población 12, tales como PK910, tuvieron un rendimiento más alto que el control DxP (Rajanaidu et al. 1998; 1999). El alto rendimiento se debió al alto número de racimos. Los resultados preliminares mostraron que la relación A/R es más baja

que la del control DxP. Sin embargo, el bajo valor de la relación A/R es compensado por el alto contenido de palmiste que tiene como resultado un alto producto económico total. Las palmas seleccionadas de la Población 12 fueron autofecundadas y cruzadas para crear un nuevo linaje básico. Varios cruces de TxT de la población están siendo probados para desarrollar pisíferas enanas para la próxima generación de materiales de siembra, el PS1.1.

PORIM SERIE 2 (PS2)

Actualmente, Malasia es el principal productor y exportador de aceite de palma en el mundo y, para permanecer en la vanguardia, se tienen que desarrollar nuevos materiales de siembra con diferentes composiciones de aceite para satisfacer las necesidades siempre cambiantes del mercado. El PORIM ha tomado la iniciativa de producir materiales de siembra PS2 con alto índice de yodo para obtener un aceite de palma más líquido y más insaturado (Raja-

Materiales de siembra de palma de aceite del PORIM

Tabla 8. Desempeño de Progenies DxT de la población 12 en Kota Tinggi, Johor.

No. DE PROGENIE	RFF (Kg/PALMA/AÑO)	NOR (No./PALMA/AÑO)	P/R (%)	A/R (%)	A/R (%)
PK 910 (Mejor cruce de la población 12)	82,3	18,8	4,4	18,9	9,0
Promedio de 29 cruces de la población 12	52,6	14,0	3,8	18,9	8,5
Promedio del DxP testigo	50,4	10,9	4,6	23,2	6,1

Sembradas en julio de 1992.

Datos recopilados desde febrero de 1995 hasta diciembre de 1997.

RFF = racimo de fruta fresca, NOR = número de racimos. PPR = precio promedio de racimo.

A/R = aceite a racimo. P/R = palmiste a racimo.

naidu et al. 1998; 1999). Un aumento en la insaturación es deseable debido a las demandas de los consumidores de aceites y grasas ricos en enlaces monoinsaturados y poliinsaturados. Un nivel más alto de insaturación en el aceite de palma permite una mejor penetración en el mercado de aceite líquido. La composición de ácidos grasos del aceite de palma, en los materiales de siembra actuales, limita su participación en los mercados de aceites líquidos y para ensalada en los países templados. El aceite de palma es semisólido a temperatura ambiente (28°C) y puede ser fraccionado en 70% oleína líquida y 30% estearina sólida. La calidad del aceite de palma se puede mejorar reduciendo los niveles de estearina y aumentando los de oleína en el aceite de palma crudo.

Más de 3.000 palmas del germoplasma PORIM-Nigeriano han sido examinadas en busca de un alto índice de yodo, con las perspectivas de reducir el ácido palmítico y aumentar el ácido oleico. Muchas palmas individuales de las colecciones tenían un índice de yodo en exceso del 60, lo cual es más alto que el del aceite de palma corriente con valores de 52-53. Con un fraccionamiento adicional de aceite de palma crudo, se proyecta que el índice de yodo del componente de oleína podría alcanzar 70 (Rajanaidu et al. 1999).

Las palmas *dura* y *tenera* seleccionadas han sido desarrolladas para producir materiales de siembra con aceite de palma con un alto índice de yodo Tres

familias de la *dura* PORIM-Nigeriana (Tabla 9) fueron seleccionadas por las siguientes características:

- Alto rendimiento.
- Alto índice de yodo (insaturado).

Tabla 9. Familias de *dura* PORIM-Nigerianas seleccionadas por su alto índice de yodo.

FAMILIA	RACIMO DE FRUTA FRESCA (Kg/PALMA/AÑO)	(t/ha/AÑO)	ÍNDICE DE YODO
1	179,5	26,6	61,1
2	217,2	32,1	63,4
3	193,5	28,6	64,4

Las palmas con alto rendimiento y alto índice de yodo de las familias seleccionadas fueron autofecundadas y plantadas para la producción de materiales de siembra PS2. Las observaciones tempranas (Rajanaidu et al. 1998; 1999) sugieren que el índice de yodo es transmitido de los padres a las progenies (Tabla 10).

Se notó que el contenido de caroteno de estas progenies era de 2.000 a 3.200 ppm, comparado con 500 ppm en la Deli *duras*, sugiriendo que esta

Tabla 10. Índice de yodo en palmas PORIM-Nigerianas seleccionadas y sus progenies de autofecundación.

PLANTAS PROGENITORAS		PROGENIE	
No. DE PALMA	ÍNDICE DE YODO	CÓDIGO DE LA PROGENIE	ÍNDICE DE YODO
0.151/814	61,4	PK 486	61,4
0.151/146	65,4	PK 488	60,0
0.151/1861	61,4	PK 591	61,9
0.151/305	61,4	PK 543	59,0
0.151/971	64,4	PK 549	60,8
0.151/48	61,9	PK 515	64,2
0.151/903	63,9	PK 533	59,5
0.151/1662	66,4	PK 597	58,8
0.151/618	61,2	PK 507	64,6
0.151/128	63,4	PK 540	61,6
Promedio de la progenie			61,2

característica está relacionada estrechamente con el índice de yodo.

Las palmas *dura* con alto índice de yodo de la selección PORIM-Nigerianas fueron probadas por progenie con *pisíferas* del Applied Agricultural Research (Rajanaidu et al. 1998; 1999). Aunque los RFF y la relación A/R fueron más bajos que el testigo, el índice de yodo fue más alto que el de la progenie comercial (Tabla 11). Sin embargo, se debe anotar que estos cruces fueron creados utilizando palmas con alto índice de yodo de sólo uno de los padres (*dura*). Se puede esperar un índice de yodo en exceso de 60 si ambos padres fueran seleccionados por esta característica. Siguiendo esta línea, las duras con alto índice de yodo están en pruebas de progenie con la palma tenera con alto índice de yodo 0.151/128 (Tabla 10). Palmas autofecundadas de la 0.151/128 (también llamadas 128T) habían sido plantadas para generar *pisíferas* para la próxima generación de materiales de siembra con alto índice de yodo, las PS2.1.

PORIM SERIE 3 (PS3)

La selección por un alto contenido de palmiste para aumentar la productividad en palma de aceite había sido propuesta por Hartley (1988). El pronóstico a largo plazo realizado por los economistas sugiere que la demanda y el precio del palmiste están aumentando.

Se proyectó que al aumentar la relación palmiste a racimo (P/R) del 5% al 10%, la industria generaría una ganancia neta de alrededor de US\$300 por cada 100 toneladas de RFF (Rajanaidu et al. 1996). Si en el mercado mundial se mantiene a largo plazo la fuerte demanda de aceites láuricos, el cultivo del material de siembra PS3 con alto contenido de palmiste podría ser un negocio beneficioso. El aceite de palmiste y el aceite de coco son fuentes de aceite láurico en la industria oleoquímica. Es muy probable que Filipinas, que tradicionalmente ha sido el principal productor de aceite de coco, pierda su liderazgo debido a un descenso en la producción total de sus envejecidas palmas de coco. El aceite de palmiste se está volviendo cada vez más importante y se espera que llenará el vacío dejado por el aceite de coco. Malasia debe aprovechar el surgimiento de la demanda de aceite de palmiste en el mercado.

Tabla 11. Desempeño de *duras* con alto índice de yodo cruzadas con *Tenera* y *Pisífera*.

PEDIGREE	RFF (kg/PALMA/AÑO)	NOR (No./PALMA/AÑO)	NOR (Kg)	A/R (%)	ÍNDICE DE YODO
0151/971 (20,02) (D) X 0126/37 (P)	142,6	20,3	7,0	23,6	57,7
0151/971	140,4	19,6	7,2	22,8	59,5
0151/1662	86,1	19,4	4,6	24,9	N.A.
0151/1662	118,8	20,1	5,9	24,3	59,0
0151/1662	115,1	19,9	5,8	23,0	N.A.
DxP testigo	156,2	16,0	9,6	25,7	53,0

Las 0,151/xxxx son PORIM-Nigerianas.

Las 0126/37 y =126/12 son Yangambi-AVROS.

Las 0127/13 y 0124/5 son Dumpy-AVROS.

n.a. = no están disponibles.

Colecciones de datos desde octubre de 1993 hasta diciembre de 1997.

RFF = racimos de fruta fresca NOR = número de racimos. P/R = peso promedio de racimo. A/R = aceite en un racimo.

La relación palmiste a racimo (P/R) del actual material de siembra es del 5-10%. La característica es heredada maternalmente y puede ser fijada con facilidad mediante el fitomejoramiento (Hartley 1988; Rajanaidu et al. 1996). Un examen de la colección de germoplasma PORIM-Nigeriano mostró que las poblaciones a las que se les tomaron muestras en la región del norte de Nigeria, donde el clima era más seco, tienen un nivel más alto de P/R. Palmas con más del 10% de P/R fueron seleccionadas (Tabla 12) para la producción de materiales de siembra PS3. (Rajanaidu et al. 1996). Las *duras* seleccionadas están siendo sometidas a pruebas de *progenies* con la AVROS *pisífera*. Las *teneras* y

No. DE PALMA	RFF (kg/PALMA/AÑO)	NOR (No./PALMA/AÑO)	PPR (Kg)	P/F (%)	P/R (%)	A/R (%)	APA (Kg)
0149/7021	168,9	24	7,4	17,6	11,44	13,1	22,13
0149/3077	171,2	19	10,0	19,3	12,56	14,3	24,48
0149/14376	197,7	17	11,6	17,5	11,38	16,8	33,21
0149/1094	162,2	8	22,8	16,2	10,53	13,5	21,90
0149/3231	174,8	13	14,6	20,4	13,26	13,9	24,30
0149/10702	167,1	17	11,0	17,0	11,05	13,5	22,56
0149/10426	189,5	12	13,6	20,0	13,00	16,8	31,84

RFF = racimo de fruta fresca. NOR = número de racimos. PPR = peso promedio de racimo. P/F = palmiste a fruto. P/R = palmiste a racimo. A/R = aceite a racimo. APA = aceite/palma/año.

pisíferas de la colección de germoplasma están siendo examinadas para explotar sus potenciales como fuentes de polen para la producción de PS3. Las *pisíferas* Serdang, que son conocidas por su alto contenido de palmiste, ofrecen alternativas para la producción de semillas. La próxima generación de materiales de siembra mejorados, por el alto contenido de palmiste será la PS3.1

CONCLUSIÓN

Los programas actuales de mejoramiento de la palma de aceite y producción de semillas se enfocan en las *Deli dura* y *AVROS pisífera* para obtener alto rendimiento de aceite. Los materiales de siembra *Deli x AVROS* tienen buenas características de fruto, son de altos rendimientos y son uniformes en el desempeño en una amplia gama de ambientes. Sin embargo, ha habido una creciente preocupación sobre la reducida base genética actual de las poblaciones de fitomejoramiento de la palma de aceite. La sostenibilidad de la industria depende, en gran parte, de la diversidad genética de la población para el mejoramiento y la provisión de materiales

de siembra mejorados. El banco de genes de palma de aceite en el PORIM, además de ser un activo global en conservación genética, ha sido explotado para el bienestar de la industria. Genes exóticos de las colecciones están siendo utilizados para mejorar la variación genética de las poblaciones actuales de fitomejoramiento, proporcionando un alcance más amplio en fitomejoramiento y selección. Nuevos materiales de siembra con características especiales han sido desarrollados de las accesiones. La introducción de materiales de siembra de las Series PORIM, seleccionados por enanismo, alto índice de yodo y

alto contenido de palmiste, han proporcionado a los empresarios una selección de materiales de siembra para satisfacer las necesidades siempre cambiantes de la industria. Con un respaldo genético diversificado, se espera que los materiales de siembra de las series del PORIM promuevan la industria de plantaciones para mejorar el crecimiento de los mercados de aceite de palma líquido y margarinas de aceite láurico. Los materiales de siembra PS1, PS2 y PS3 están siendo mejorados y convertidos en PS1.1, PS2.1 y PS3.1, respectivamente. Adicionalmente, se están continuando los esfuerzos para desarrollar nuevos materiales de siembra con otras características especiales. Los próximos materiales de siembra de la Serie PORIM se enfocarán por un alto índice de yodo y de caroteno y alta vitamina E para encajar en un mercado de aceites hechos a la medida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Director General del PORIM por el permiso para publicar este artículo. También agradecen al FELDA, al Applied Agricultural Research,

a United Plantations y a Eastern Plantation Agency por suministrar los datos de las pruebas de progenie de las selecciones PORIM-Nigerianas.

BIBLIOGRAFÍA

Beirnaert, A.; Vaderweyen, R. 1941. Contribution a l'etude Genetique et Biometrique des Varietes d'Elaeis guineensis Jacq. INEAC, Bruselas (Serie Science no. 27).

Haddon, A.V; Tong, Y.L. 1959. Oil palm and selection - a progress report. Malaysian Agricultural Journal (Malasia) v.42, p. 124-156.

Hardon J.J.; Corley, R.H.V.; Lee, C.H. 1982. Breeding and selecting in the oil palm. In: 8th Long Ashton Symposium on Improvement of Vegetatively Propagated Crops. Proceedings. p.64-79.

Gascón, J.P.; Noiret, J.M.; Tam, G.Y.; TAM, T.K. 1976. Major oil palm programmes. In: R.H.V Corley; J.J. Haddon; B.J. Wood (Eds.). Oil Palm Research. Elsevier, Amsterdam.

Thomas, R.L. 1968. Breeding and selection of oil palm in Malaya. Oléagineux (Francia) v.23 no.2, p.85-90.

Hartley, C.W.S. 1988. The Oil Palm. 3rd ed. Longman, London. 706p.

Heath, R.G. 1955. Annual Report of the Department of Agriculture for the Year 1954. Federation of Malaya. Department of Agriculture Malaya, Kuala Lumpur.

1958. Annual Report of the Department of Agriculture for the Year 1956. Federation of

Malaya. Department of Agriculture Malaya, Kuala Lumpur.

Jagoe, R.B. 1952. Deli oil palms and early introductions of *Elaeis guineensis* of Malaya. Malaysian Agricultural Journal (Malasia) v.35, p.4-11.

Kushairi, A. 1992. Prestasi baka kelapa sawit dura x pisifera di Malaysia. Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangui. (M.Sc.Thesis).

Jalani, B.S.; Ariffin, D.; Rajanaidu, N. 1997. Seed production and export oil palm planting materials. The Planter (Malasia) v.75 no.853, p.185-200.

Rajanaidu, N.; Jalani, B.S. 1998. The performance and genetical variation for agronomic traits in four progeny triáis on coastal and inland soils. PORIM Viva Committee. Viva No. 0061 (16). PORIM, Bangui.

Lee, C.H.; Yeoh, K.H. 1985. Progress in breeding and selection for seed production at HMPB oil palm research. The Planter (Malasia) v.61, p.18-31.

Pamin, K. 1995. Obituary - SP540T. ISOPB Nesletter (Malasia) v.11 no.1, p.1-2.

Rajanaidu, N. 1994. PORIM Oil Palm Genebank. PORIM, Bangi.

Jalani, B.S.; Kushairil, A. 1998. Oil palm genetic sources - the development of novel planting materials. In: Jatmika, A.; Bangun, D.; Asmono, D.; Sutarta, E.S.; Pamin, K.; Guritno, P.; Prawirosukarno, S.; Wahyono, T.; Herwan, T.; Hutomo, T.; Darmosakono, W.; Adiwiganda, Y.T.; Poeloengan, Z. (Eds.). 1998 International Oil Palm Conference - Commodity of the Past, Today and the Future. Proceedings. Indonesian Oil Palm Research and Indonesian Palm Oil Producers Association. p.208-220.

1999. the development of dwarf (PS1) and high iodine valué (PS2) planting materials. Paper presented in 1999 PORIM International Palm Oil Congress.

Emerging Technologies and Opportunities in the Next Millenium (Diskette of the 1999 PIPOC Agriculture-1 - a:\P12\paperja). PORIM, Bangi. 21p.

Mohdrafil; Mohd, A. 1996. Breeding for high kernel planting material: PORIM Series 3 (PS3). PORIM Information Series (Malasia) no. 59.

Soh, A.C. 1983. Choiceof planting materials. Casual Paper on Oil Palm. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur.

Vanialingam, T.;Taniputra, T.;Pamin, K. 1981 .Derivatives of the Dumpy palm:Some Experimental Results.The Planter (Malasia) v.57, p.227-239.