

## **Historia de las colecciones de germoplasma de palma aceitera de ASD de Costa Rica**

*F. Sterling, A. Alvarado<sup>1</sup>*

### **Introducción**

Las plantaciones comerciales de palma aceitera alrededor del mundo, se caracterizan por poseer una base genética muy reducida, en general, circunscrita a la limitada diversidad encontrada en las líneas paternas Deli *dura* y AVROS. Esto contrasta con la recomendación observada con frecuencia en la literatura especializada, acerca de ampliar la base genética del material de siembra utilizado en plantaciones comerciales.

ASD de Costa Rica ofrece comercialmente cuatro de los más importantes materiales genéticos disponibles internacionalmente: Deli x BM119 (Ex AVROS), Deli x Ekona (Ex N'Dian), Deli x Calabar (Ex NIFOR) y Deli x La Mé. Además, dispone de otras opciones derivadas de las poblaciones Bamenda (tierras altas de Camerún) y Kigoma (Tanzania), los cuales son tolerantes a temperaturas consideradas bajas para el cultivo.

La gran diversidad genética de los materiales comerciales DxP distribuidos por ASD de Costa Rica, hace posible que la explotación de la palma aceitera se lleve a cabo en un ámbito amplio de condiciones ambientales.

Los objetivos de selección y mejoramiento genético en ASD, se han orientado al desarrollo y reproducción de materiales de siembra con alto potencial de producción de aceite y almendras por unidad de área, junto con un reducido crecimiento vegetativo, y pueden ser resumidos de la siguiente forma:

1. Explotación de los "genotipos compactos" para aumentar la densidad de siembra.
2. Reducción del crecimiento vegetativo dentro de las líneas convencionales.
3. Producción de nuevos híbridos comerciales con características de adaptación a condiciones marginales para el cultivo.

Algunos proyectos de investigación en desarrollo son:

- a. tolerancia a bajas temperaturas
- b. tolerancia a la sequía
- c. resistencia o tolerancia a la "marchitez vascular por fusarium"
- d. aumento de la proporción de ácidos grasos insaturados en el aceite
- e. estudios de la interacción genotipo x ambiente.

---

<sup>1</sup> ASD de Costa Rica, a.alvarado@asd-cr.com

**Cuadro 1.** Inventario del germoplasma *Elaeis guineensis* de ASD de Costa Rica

Fuente	Tipo	Año de siembra	No de accesiones	Palmas	Origen
Banting	Deli	1969	3	179	BM8, BM20
Chemara	Deli	1969	3	398	UR404, UR2424, UR427, UR435
SOCFIN	Deli	1971	3	147	Johore Labis
Dami	Deli	1979	13	1604	BM8, BM20, UR404, UR435
Mardi	Deli	1979	1	64	0.102, UR932
S. Alejo	Deli(pol)	1980	2	353	Lancetilla, 1926 introduction
Chemara	URT	1969	1	92	URT383 x 389
Mardi	URT	1979		97	0.99
Banting	AVROS	1969	12	164	BM119
Mardi	AVROS	1979	3	302	0.79
Banting	AVROS	1980	4	312	BM119
Highlands	AVROS(pol)	1982	2	130	BM385, BM387
SOCFIN	Yangambi	1971	2	112	Johore Labis
IRHO	Yangambi	1980	5	371	YA3, YA4, YA69
Ghana	Yangambi	1982	1	85	IRHO A 43-2-4T
Highlands	Yangambi(pol)	1982	1	19	126.4/7P
Lobe	Ekona	1970	14	813	2/2311T, 3AR/7239, other
SOCFIN	La Mé	1971	1	57	21120 x 21131
IRHO	La Mé	1980	4	325	L2T, L7T, others
Highlands	NIFOR	1978	1	154	EWS 81/11T x NIF22T
Ghana	NIFOR	1979	6	288	Calabar, UFUMA, Aba
IRHO	NIFOR	1980	5	362	WA10, Wa11
Ghana	NIFOR	1981	2	120	Calabar
NIFOR	NIFOR(pol)	1982	2	305	46/387T, 46/1012P
Ghana	NIFOR(pol)	1982	1	68	32.3005T
Ghana	Angola	1979	2	96	NIFOR Angola
Ghana	Angola	1981	1	60	NIFOR Angola
Ghana	Angola(pol)	1982	3	288	NIFOR Angola
Lancetilla	W.Africa	1969	6	118	Old accessions
S. alejo	Deli w.Africa	1970	2	136	San Alejo SP
Mardi	IRHO	1979	1	97	IRHO 1039
Dami	Compost	1979	17	1235	DAM 735, 736, 743, 774, 775
Lobe	Bamenda	1969	9	328	Wild
Tanzania	Mobai	1978	5	275	Wild
Sierra Leona	Mobai	1983	9	140	Wild
Zambia	Zambia	1990	2	136	Wild
Uganda	Entebbe	1990	4	46	Mixtures
Malawi	Kagoro	1992	4	190	Wild

Los siguientes párrafos y esquemas describen la diversidad de orígenes sembrados en la colección de germoplasma de ASD.

## Generalidades

Las primeras semillas de palma aceitera plantadas por ASD de Costa Rica (antigua United Fruit Co.) en Centro América entre 1926 y 1929, provenían de Malasia, Indonesia y Sierra Leona (Richardson 1995). A partir de 1967, y con el auspicio de convenios internacionales de intercambio de germoplasma, ASD consolidó una de las más diversas e importantes colecciones genéticas de palma aceitera existentes en el mundo (Cuadro 1). Este banco de recursos genéticos contiene las más importantes poblaciones mejoradas de origen genético restringido de la especie *E. guineensis*, y ha sido enriquecido con poblaciones de origen silvestre colectadas en ambientes muy particulares. La diversidad genética de la especie *E. oleifera* contenida en los biotipos Brasil, Surinam, Colombia, Panamá, Costa Rica y Nicaragua, también está representada en esta colección.

### **Poblaciones mejoradas de origen genético restringido (PMOGR) utilizadas como líneas femeninas**

#### **Deli *dura***

La PMOGR Deli *dura* es la línea femenina de uso universal entre los más reconocidos productores comerciales de semilla de palma aceitera. Este germoplasma garantiza una descendencia con muy buenas características de producción de fruta y de composición del racimo. Sin embargo, en Africa existen algunas estaciones experimentales, que utilizan otras fuentes de progenitores *dura*, debido a que sus objetivos de mejoramiento se han orientado a la búsqueda de materiales con resistencia a la "marchitez vascular por fusarium", y a la sequía.

La población Deli *dura* se derivó de cuatro palmas, que fueron originalmente sembradas con carácter ornamental en el Jardín Botánico de Bogor, Sumatra en 1848. Posteriormente, sus descendientes fueron sembrados en la provincia Deli (Sumatra), y de ahí fueron introducidos a otros programas de mejoramiento en Indonesia y Malasia, y luego a Costa Rica (Figs.1a, 1b)

En la población Deli *dura* se han identificado algunas sub-poblaciones, descritas en detalles por Rosenquist (1986, 1992). ASD contiene algunas de ellas, denominadas *duras* Serdang (S), *duras* Ulu Remis (UR), *duras* Banting (BM8 y BM 20) y *duras* Johore Labis (JL).

Con la colaboración del Dr. H. Hardon, en 1969, la población Ulu Remis fue introducida a Costa Rica, proveniente de la Estación Chemara de Malasia (Ex Oil Palm Genetic Laboratory) (Fig. 2a). En el mismo año, pero esta vez desde la Cía Harrison & Crossfield, se recibieron las líneas BM8 y BM20 desarrolladas a partir de 1957 en la Estación de Banting (Fig. 2b). Luego, en 1970, por medio de un convenio establecido con la compañía SOCFIN, con la colaboración del Dr. J. C Knetch, se lograron introducir las Deli *duras* Johore Labis, desde Indonesia (Fig. 2c). Aunque se dispone de poca información sobre los detalles del trabajo de selección y propagación de los materiales JL antes de su introducción a Costa Rica, las autofecundaciones  $F_1$  produjeron rendimientos superiores a las poblaciones originales hasta en un 60%, mientras que en las generaciones  $F_2$  el incremento fue 40% superior con respecto a la  $F_1$ , según los resultados de las pruebas de progenies.



**Fig.1a.** Origen de las poblaciones *Deli dura* introducidas a Costa Rica

En 1978, con la cooperación de E. Rosenquist (Harrison and Crossfield), se introdujeron a Costa Rica once progenies *Deli dura*, provenientes de la Estación Experimental de Dami, en Papúa, Nueva Guinea. Estas familias provienen a su vez de las poblaciones Ulu Remis y Banting, y fueron seleccionadas del programa de Banting antes de su introducción a Dami (Fig. 2d).

También en 1978, y con la ayuda de Ooi Swe, fueron recibidas varias líneas *Deli dura* provenientes de la estación de Mardi en Malasia. De ellas, se siguen utilizando en forma intensiva los derivados de la familia MAR559 para producción de semillas; debido a su alto efecto genético aditivo en la mayoría de las características de importancia económica, particularmente en el crecimiento y en la composición del racimo.

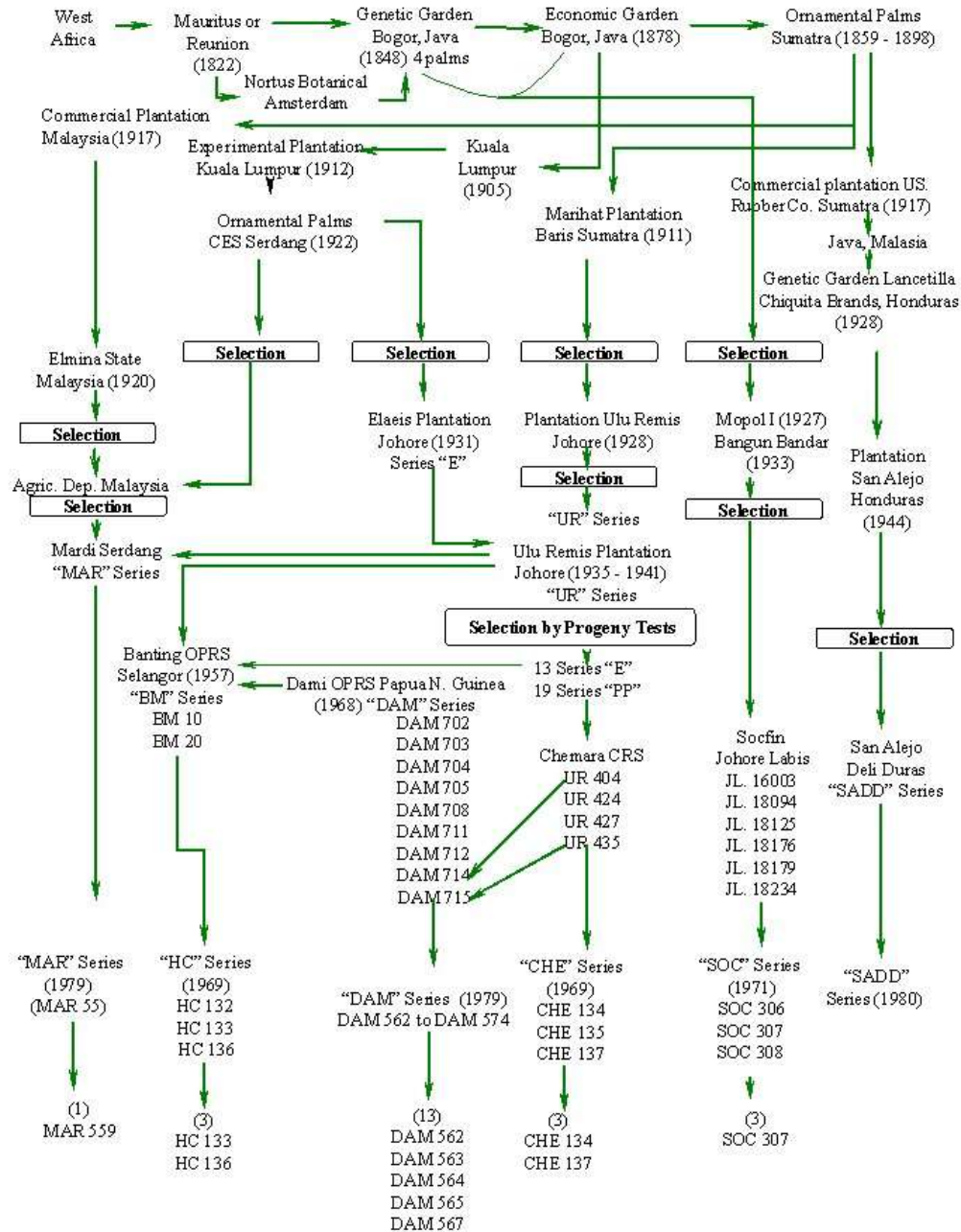
### Otras fuentes de progenitores femeninos

Cuando se requieren materiales de siembra con un mayor grado de rusticidad, y mejor adaptados a condiciones ambientales marginales, se recurre a la población o línea femenina Angola, que carece de ascendencia *Deli*. Esta línea fue previamente seleccionada por el Dr. J. Meunier en Costa de Marfil, a través del CIRAD (Ex IRHO); de ahí se introdujo a la Estación Experimental Kade en Ghana, desde donde fue obtenida por ASD en 1979 (Fig. 2e).

### Fuentes silvestres de *duras* como líneas femeninas

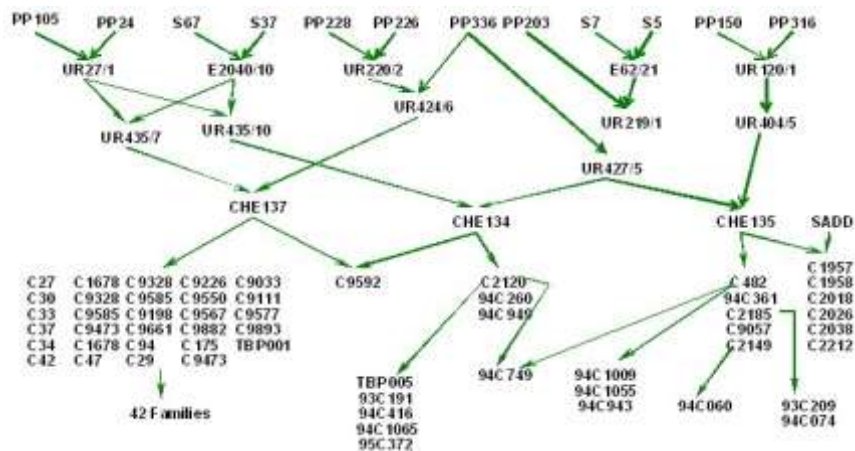
Otras líneas maternas pueden ser usadas en la producción de semillas, cuando los materiales deben ser sembrados en condiciones consideradas marginales. Dos de estas fuentes son las palmas tipo *dura* seleccionadas de poblaciones de origen silvestre de las regiones de Kigoma, Tanzania (Richardson y Chaves, 1986) y Bamenda, Camerún (Blaak 1974), adonde crecen y producen bien en áreas con temperaturas bajas.

**Bamenda (Camerún).** Varias poblaciones silvestres que crecen en las tierras altas y frías de Bamenda (Camerún), fueron estudiadas por G. Blaak, quien colectó 25 accesiones. Nueve de ellas fueron introducidas a Costa Rica en 1970. Esta población original fue evaluada fenotípicamente en Lobé, Camerún y en Coto, Costa Rica. Los resultados mostraron un crecimiento vegetativo reducido, baja producción de racimos y bajo contenido de aceite debido



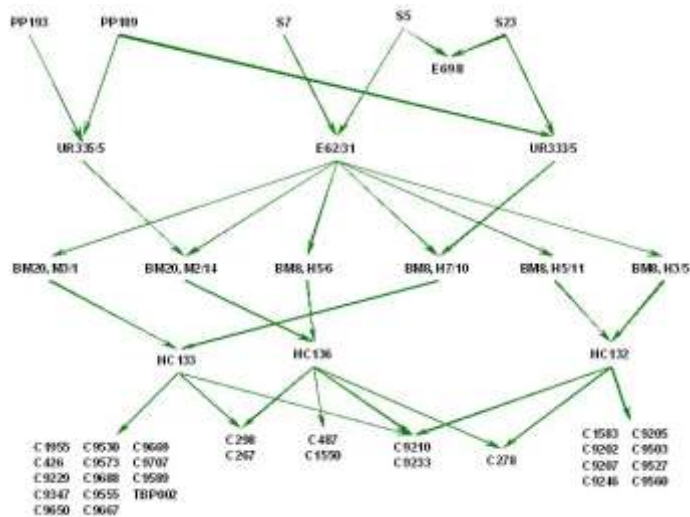
**Fig.1b.** Origen (detallado) de poblaciones Deli *dura* introducidas a Costa Rica

principalmente, a la reducida proporción de mesocarpo en el fruto (Cuadro 2). Experimentalmente, las progenies DxP de origen Bamenda x AVROS, han mostrado buenas características del racimo con un alto potencial de rendimiento y un crecimiento vegetativo reducido. Otros resultados experimentales (Blaak y Sterling 1996) en Etiopía a 1000 msnm, mostraron que los materiales de origen Bamenda poseen habilidad de transmitir tolerancia a las temperaturas bajas.



**Fig.2a.** Origen de la población Ulu Remis Deli *dura* introducida a Costa Rica

**Kigoma (Tanzania).** La población Kigoma se originó a partir de semillas obtenidas de polinización abierta, colectadas en seis palmas silvestres que crecían en las tierras altas del distrito de Kigoma, cerca del Lago Tangañica en Tanzania. El área de recolección se localizó en una región alta y fría, arriba de 850 msnm, con temperaturas extremas por debajo de los 12°C. Cuatro de las progenies fueron obtenidas de palmas tipo *tenera* que crecían en la región de Kwitanga; otra muestra de semillas fue obtenida de una palma tipo *tenera*, que se colectó en Simbo, y finalmente, otra provino de una palma tipo *dura* localizada en el distrito de Ilagala (Richardson y Chaves 1986). Fenotípicamente, las características más sobresalientes presentes en este germoplasma se relacionan con su alto potencial de producción de racimos, su reducido crecimiento vegetativo, frutos con nueces de cáscara sumamente delgadas y muy altos contenidos de almendra (Cuadro 3). Las progenies de origen Kigoma x AVROS, poseen un alto potencial de rendimiento de racimos y aceite, con altos contenidos de almendra, y son de crecimiento vegetativo vigoroso. Se adaptan bien al frío, y han mostrado un buen desempeño en condiciones de déficit hídrico.



**Fig.2b.** Origen de la población Banting (BM8, BM20) Deli *dura* introducida a Costa Rica

## **Poblaciones utilizadas como líneas masculinas para la producción comercial de semillas**

Las fuentes de polen o líneas masculinas, poseen una base genética más amplia si se les compara con la línea femenina. En las masculinas, existe mayor número de poblaciones a las cuales recurrir, y además, intrínsecamente, son de una base genética más amplia, debido a que en las etapas iniciales de su desarrollo, se involucró un mayor número de palmas.

En el mercado mundial de semillas de palma aceitera predominan los derivados de origen D'Jongo que involucran los bien conocidos materiales Yangambi, AVROS y BM119. Otros materiales de gran difusión comercial corresponden a las poblaciones La Mé (L2T), las líneas Nigeria (NIFOR o Calabar) y Ekona.

En el ámbito internacional, una compañía es reconocida porque produce un solo tipo de material de siembra; sin embargo, ASD suple comercialmente en forma simultánea varios materiales, debido a que cuenta prácticamente con todas las fuentes de *pisifera* disponibles en el mundo.

### **Derivados D'Jongo**

Los materiales Yangambi o D'jongo fueron desarrollados a partir de la célebre palma D'Jongo, identificada y seleccionada por su alto rendimiento de aceite, en el jardín Botánico de Eala, en la región de Yangambi en Zaire. Semillas de la palma D'jongo se enviaron a Sungei Panchur en Indonesia, donde se originó posteriormente, en el programa de mejoramiento del "Algemene Vereniging van Rubber-planters ten Oostkust van Sumatra" (AVROS), la famosa palma *tenera* SP-540. Dicha palma sería luego la base para el desarrollo de las poblaciones conocidas como BM119 en Malasia. Esta es actualmente, la principal fuente de *pisiferas* o progenitores masculinos usados por los centros de producción de semillas alrededor del mundo.

Una de las líneas descendientes de la población D'jongo, los materiales AVROS, como también se les conoce, fueron introducidos a Costa Rica en 1969 y 1978, provenientes de la Estación Banting en Malasia. Otras tres familias AVROS, de origen BM119 fueron introducidas desde la estación de Mardi (PORIM) en 1978 (Fig. 3)

Además de las introducciones AVROS y BM119, ASD cuenta con otras poblaciones de origen Yangambi. Estas fueron derivadas de palmas de origen Eala (D'jongo): Yawenda, N'Gasi e Isangi, que fueron introducidas originalmente a Costa de Marfil por el CIRAD. Un primer grupo de familias de este origen, ingresó a Costa Rica en 1971 a través de un convenio de intercambio de germoplasma formalizado con la compañía SOCFIN, de Malasia. Posteriormente, en 1978, por medio del convenio con el CIRAD fueron introducidas otras cinco familias de origen Yangambi. La genealogía de estas poblaciones se describe con amplitud en Hartley (1977), Corley (1992) y Rosenquist et al. (1990).

Las progenies DxP de origen Deli x Yangambi se caracterizan por altos rendimientos de fruta en las etapas iniciales de crecimiento (muy precoces), alta tasa de extracción de aceite en el racimo y crecimiento vigoroso. Sin embargo, para expresar su potencial genético, se requieren buenas condiciones ambientales y adecuadas prácticas agronómicas.



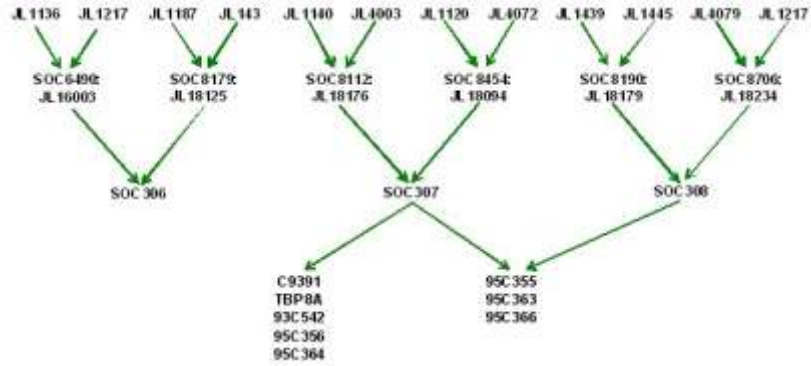


Fig.2c. Origen de la población Johore Labis Deli *dura* introducida a Costa Rica de SOCFIN

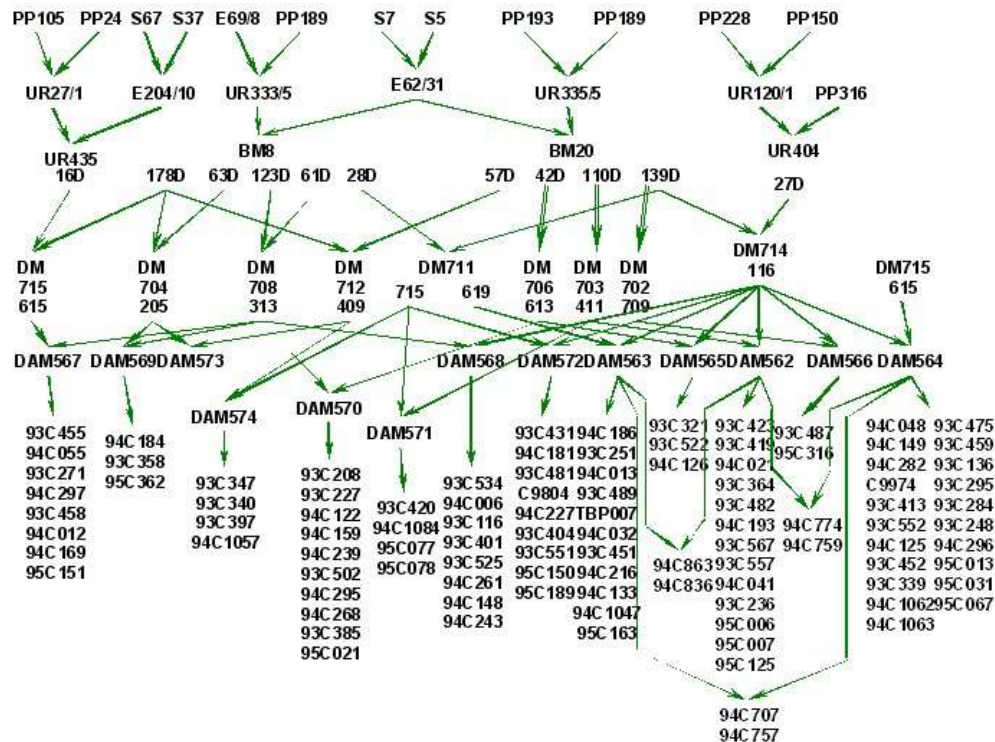


Fig.2d. Origen de la población Deli *dura* introducida a Costa Rica de Dami.

### Ulu Remis *tenera*

La fuente de *pisifera*, conocida como Ulu Remis *tenera* (URT, Chemara), se originó del cruzamiento de una mezcla en masa de polen, que fue colectado de 52 palmas *pisiferas* seleccionadas en la población Yangambi. Esto fue resultado de la primera selección de este tipo de palmas realizada por el Institut Nationale pour l' Etude Agronomique du Congo Belge (INEAC). En 1947, dicho polen fue enviado a Layang Layang (Malasia) y se utilizó sobre palmas Deli *dura* de la población Ulu Remis. De la autofecundación de estos cruzamientos se



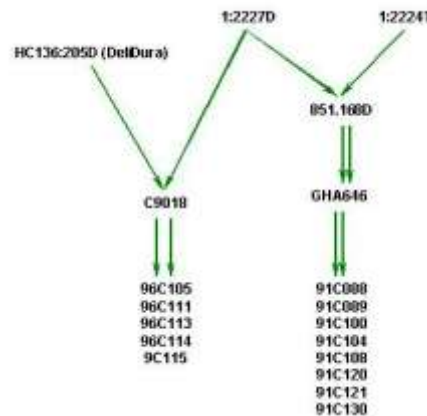
derivaron las primeras poblaciones de *pisifera* utilizadas en la producción comercial de semillas en Malasia y hoy se conocen, como Ulu Remis *tenera* (URT).

Esta población se introdujo a Costa Rica en 1969 (Fig. 4). En ensayos junto con otras fuentes de *pisifera*, las progenies DXP de origen URT se caracterizaron por su alto rendimiento de racimos, con altos contenidos de almendra, aún cuando fueron superadas en la tasa de extracción por los materiales DXP de origen AVROS.

**Cuadro 2.** Comportamiento fenotípico de la población Bamenda en Coto, Costa Rica

Accesión	F/B	F wg.	M/F	Sh/F	K/F	Sh/K	O/M	O/B	K/B
BAM 72	68.1	9.3	44.8	44.9	10.3	4.6	21.8	6.7	7.5
BAM 70	66.7	6.3	38.3	45.3	16.4	2.9	35.9	9	10.2
BAM 71	67.1	7.5	37.5	47.1	15.4	3.2	29.7	7.5	11.2
BAM 66	73.6	12.5	45.6	41.7	12.6	3.4	30.5	9.6	9.4
BAM 67	68.1	5.8	35.4	49.1	15.5	3.3	32.3	7.3	10.2
BAM 69	67.0	6.3	38.2	45.6	16.2	2.9	25.9	6.5	10.6
BAM 65	69.4	9.6	50.1	36.4	13.5	2.9	22.7	8.2	8.7
BAM 68	65.2	5.5	43.9	41.5	14.6	2.9	31.7	7.0	8.8
BAM 64	67.9	9.2	43.3	43.1	13.6	3.3	25.3	7.3	9.2

F/B = Fruto en el racimo, F wg.= peso medio del fruto (g), M/F= Mesocarpio en el fruto (%), Sh/F= cáscara en el fruto (%), K/F = almendra en el fruto (%), Sh/K = cáscara sobre almendra (%), O/M= aceite en el mesocarpio (%), O/B= aceite en el racimo (%) y K/B= cáscara en el racimo (%).



**Fig.2e.** Origen de la población de Angola introducida a Costa Rica de Kade, Ghana

**Cuadro 3.** Expresión fenotípica de las accesiones Kigoma y AVROS (línea HIL 539), en Coto, Costa Rica

Accesión	FFB (kg)	Bunch No	Bunch Wg	F/B	M/F	K/F	O/M	O/B	Stem (cm)	Rachis (cm)
TAN 544	105.0	20.5	5.2	68.6	73.1	9.5	50.8	25.4	170.0	506.7
TAN 545	89.2	19.6	4.6	69.8	69.2	8.7	52.8	25.4	170.9	515.3
TAN 546	92.3	18.8	5.0	69.4	70.2	9.9	51.8	25.3	159.7	539.3
TAN 548	105.2	21.2	5.1	70.5	66.3	11.8	45.4	21.2	167.0	502.4
HIL 539	81.6	20.2	4.0	66.3	66.3	66.3	43.3	21.6	152.2	514.0

FFB= racimos de fruta fresca por palma por año, Bunch No.= Número de racimos por planta por año, B Wg.= peso medio del racimo (kg), F/B = fruta en el racimo (%), M/F= mesocarpio en el fruto (%), K/F= almendra en el fruto (%), O/M= aceite en el mesocarpio (%), O/B= aceite en el racimo (%).

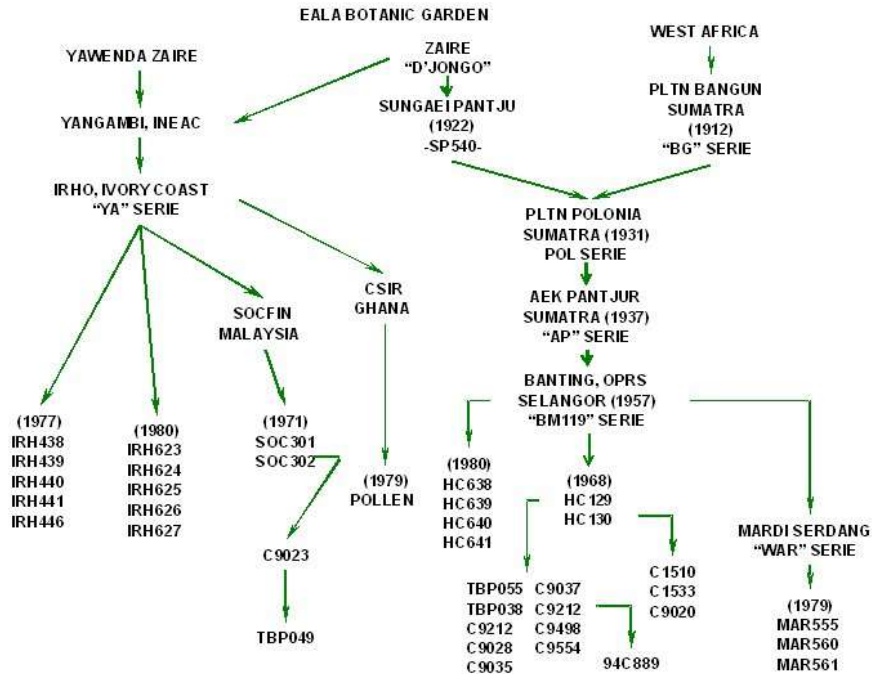
### Ekona

La línea masculina Ekona se originó en Lobe, Camerún. Ha sido usada por el Grupo Unilever en programas de mejoramiento genético y como fuente de *pisifera* en varios programas comerciales en Africa Occidental y en Malasia (Rosenquist 1986; Rao et al. 1999). La base genética de esta población está constituida por 18 palmas tipo *dura* y 24 *teneras*, que son descendientes de 362 palmas, seleccionadas en 1948 a partir de una población de 35 000 individuos, debido a su alta de producción de racimos. Este trabajo de selección se realizó en plantaciones comerciales establecidas en los distritos de Cowan y N'Dian en Camerún (Fig. 5).

El material Ekona se introdujo a Costa Rica en 1967 desde Lobé Camerún, con la cooperación de G. Blaak. Esta población se ha utilizado como una de las más importantes fuentes de polen en el programa comercial de producción de semillas. Sus descendencias DxP se caracterizan por la elevada tasa de extracción de aceite, crecimiento moderado y por la alta producción de racimos.

Algunas estaciones que han recibido el material Ekona son el programa de mejoramiento de Sabah, el Departamento de Agricultura de Malasia, Harrison and Crossfield, Guthrie, SOCFIN, NIFOR y Pamol. A ellos se suma ASD que recibió 14 cruces del programa de Lobé.

En los ascendientes de la población Ekona, las palmas originales fueron obtenidas como resultado de una alta presión de selección en las características de rendimiento, aceite en el racimo y tolerancia a la "marchitez por fusarium". Tanto en ensayos como en parcelas comerciales sembradas en Coto y Palmar en Costa Rica, los cruces DxP Ekona han mostrado una moderada incidencia de pudrición común de flecha, y una producción de fruta fresca similar a los materiales AVROS. Deli x Ekona presentó mayor variación en sus características de crecimiento, y mostró un contenido superior de aceite en el racimo, debido a su alta proporción de mesocarpio en el fruto y de aceite en el mesocarpio.



**Fig. 3.** Origen de la población Yangambi introducida a Costa Rica

### Nigeria o Calabar

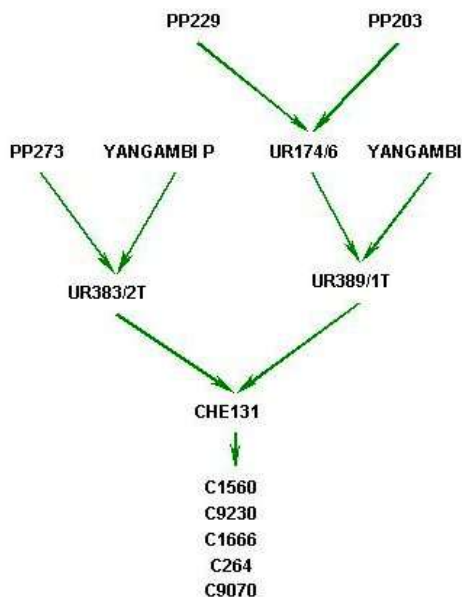
La población Calabar fue traída a Costa Rica en 1977, con la ayuda de J. B. Wonkyi-Appiah del Oil Palm Research Center, de Kade, Ghana. Esta población se originó a partir de 1960 por el esfuerzo del Nigerian Institute for Oil Palm Research (Ex WAIFOR); se basó en 17 palmas (11 *teneras* y 6 palmas tipo *dura* de origen no Deli), de las cuales dos de ellas, CA-256 y 32.3005T, contienen los genotipos más sobresalientes identificados en esta población (Green 1973, Okwuagwu 1986). Estas 17 palmas fueron autofecundadas y cruzadas en todas las combinaciones posibles, siguiendo la estrategia de selección recurrente recíproca.

A partir de las autofecundaciones de la palma 32.3005T en Kafir, Ghana se obtuvo una segunda generación de donde se obtuvo la palma 851.253T, cuyas descendencias representan la base genética del material Calabar presente en Costa Rica (Fig. 6).

Otras fuentes de material Nigeria fueron antiguamente utilizadas por el CIRAD en la Costa de Marfil y corresponden a la serie WA; entre ellas destacan WA10 y WA12, que también se encuentran en Costa Rica. Las progenies DxP de este origen, debido a su amplia base genética, poseen aún cierto grado de variabilidad. Existe un grupo de estos materiales comerciales Nigeria, derivados de las familias WA10 y WA12 (IRH628, IRH629, IRH636 y GHA 608), que se caracterizan por sus hojas largas, troncos cortos, elevada producción de racimos y presencia de frutos tipo *virescens*.

Otros derivados Calabar, las familias GHA647 y GHA648 son de crecimiento moderado y muy uniforme, de hojas muy cortas, troncos vigorosos y frutos del tipo *nigrescens*.

Las *pisiferas* de origen Calabar son utilizadas en la producción comercial de semillas por el IOPRI (Ex Marihat) en Indonesia, por el programa de Sabah en Malasia, el NIFOR, la estación de Kade y en Costa Rica por ASD.



**Fig. 4.** Origen de la población Ulu Remis introducida a Costa Rica

### La Mé

Las fuentes de polen de origen La Mé resultaron del prestigioso programa de investigación desarrollado por el CIRAD en Costa de Marfil, África, entre 1955 y 1973. Esta población se originó de 21 palmas tipo *tenera* (con especial participación del genotipo *tenera* BRT10). Dichas palmas fueron seleccionadas en una siembra comercial, conocida como "Bret Plantation", localizada en Benin. La plantación había sido establecida originalmente con la utilización de semillas de origen silvestre colectadas en Costa de Marfil (Fig 7).

La fuente de *pisiferas* La Mé se introdujo en Costa Rica alrededor de 1980; siendo de especial interés las progenies derivadas de la palma L2T de cuya autofecundación se han obtenido palmas *pisiferas* excepcionales (Gascon y de Berchoux 1964).

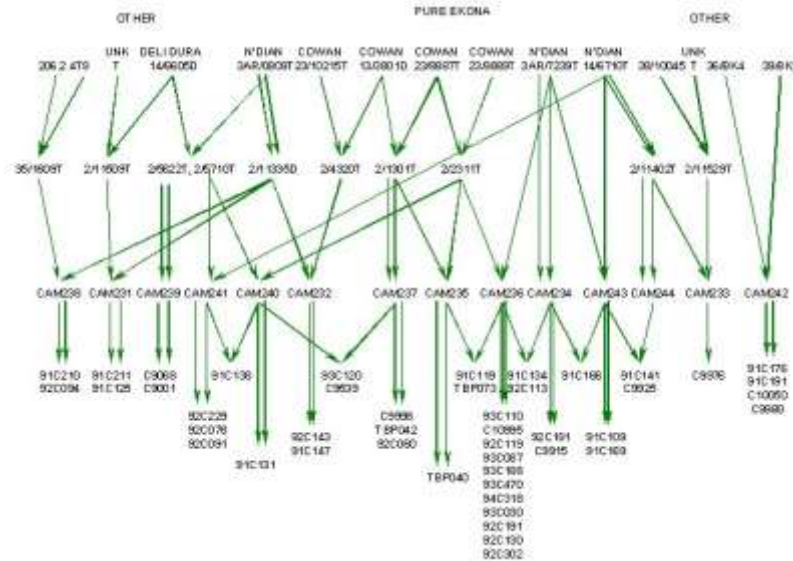
Las progenies comerciales de origen Deli x La Mé poseen frutos alargados, nueces de cáscaras gruesas, y una alta producción de racimos de poco peso. El aceite obtenido de estos materiales presenta índices altos de yodo (> 55). Estos materiales presentan además hojas muy largas, troncos cortos y pedúnculos florales largos.

Actualmente, esta fuente de *pisiferas* se utiliza comercialmente en los programas del IOPRI en Indonesia, en el IDEFOR en Costa de Marfil y en ASD en Costa Rica.

### Líneas compuestas DAMI

Las líneas compuestas DAMI fueron desarrolladas por la compañía Harrison and Crossfield, con el objetivo de mejorar el índice de racimo, y la primera generación se plantó en Papúa, Nueva Guinea. En el desarrollo de estos compuestos provenientes de varias líneas, participaron las

poblaciones BM29 y BM31, que son derivados de origen Dumpy E206; también se emplearon líneas BM119 y Deli (Fig. 8).



**Fig. 5.** Origen de la población Ekona introducida a Costa Rica

Las características del racimo se consideran la mayor ventaja de algunas de estas líneas compuestas, en especial en las familias DAM585 y DAM586. Los derivados DxP de la familia DAM588 han mostrado un desempeño sobresaliente en diferentes ensayos de prueba de progenies en los que se les ha estudiado (Sterling et al. 1994).

### Selección de progenitores basado en prueba de progenies

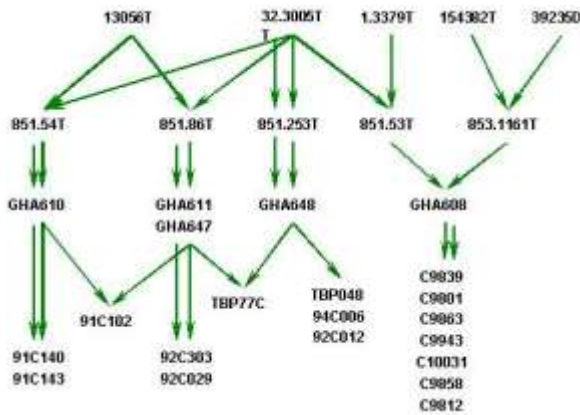
El mejoramiento de la palma aceitera se ha enfocado principalmente al incremento en el contenido de aceite y almendras por unidad de área, y al incremento de la vida útil de la plantación. El proceso de selección está basado en :

1. Evaluación fenotípica de las familias y palmas individuales a través de la medición directa de los parámetros de interés.
2. La evaluación de los padres mediante pruebas de progenies, adonde se mide la habilidad combinatoria general (el efecto del valor genotípico aditivo) y la habilidad combinatoria específica.

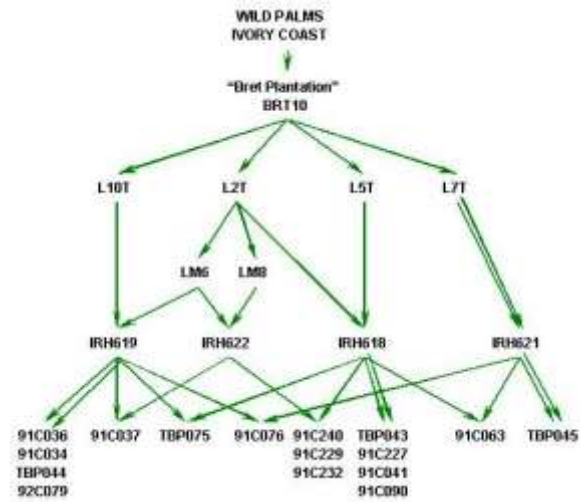
#### Líneas femeninas (*duras*)

Antes de su introducción a Costa Rica, la población Deli *dura* sufrió un continuo proceso de selección y mejoramiento desde principios de siglo, primero en Indonesia y luego en Malasia. La obtención de una nueva generación de materiales Deli *dura* en Costa Rica, fue basada en las progenies derivadas de cruzamientos y autofecundaciones de las palmas seleccionadas de las familias originalmente introducidas. Estas progenies fueron reforzadas con la introducción de las líneas Deli *dura* provenientes de la estación de Dami; que de hecho constituyen una generación avanzada respecto de las Deli *dura* Chemara y Banting de donde se derivan. El largo y sostenido

proceso de selección experimentado por la población Deli *dura*, garantiza la estabilidad genética del potencial de rendimiento de racimos en esta línea de progenitores y en sus descendencias DxP comerciales.



**Fig. 6.** Origen de la población Calabar introducida a Costa Rica



**Fig. 7.** Origen de la población La Mé introducida a Costa Rica

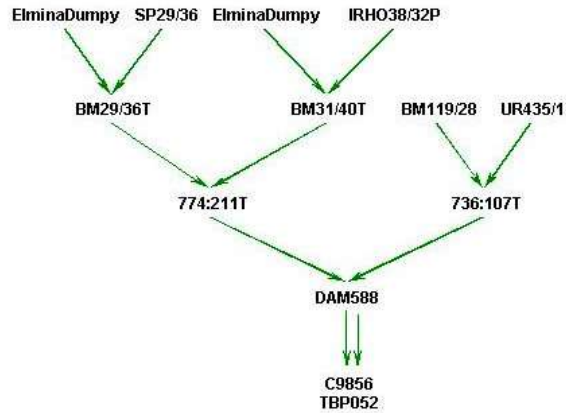
En Costa Rica, desde 1969, las poblaciones Deli originales han sido seleccionadas de acuerdo a su comportamiento fenotípico y genotípico. El énfasis de selección se ha orientado a la obtención de palmas con elevados rendimientos de racimos, considerando además variables como el peso promedio y la composición del racimo, junto con el menor crecimiento vegetativo posible.

Un objetivo importante para la mayoría de los mejoradores de palma aceitera, es expandir la base genética en las líneas femeninas usadas en la producción comercial de semillas. Esto se puede lograr dentro de Deli *dura* o a través del uso de otras fuentes de *dura*. Esta es la razón por la que se han evaluado las líneas Angola, y las poblaciones silvestres Bamenda y Kigoma.

**Angola.** La principal fortaleza mostrada por los materiales de origen Angola, consiste en la menor altura transferida a sus descendencias. Sin embargo, el potencial de producción de racimos sigue estando por debajo del promedio mostrado por las progenies de origen Deli *dura*. Las mejores combinaciones particulares con el origen Angola se dieron con las fuentes Ekona y Mardi, en las que se midieron rendimientos muy parecidos al registrado al cruce testigo, Deli x AVROS (Cuadro 4).

**Bamenda.** Aún cuando no se han probado en forma extensiva, los materiales de origen Bamenda han demostrado poseer un importante potencial de producción de racimos. La producción anual promedio de racimos alcanza en los materiales Bamenda x AVROS, valores de 200 kg/palma/año; el crecimiento vertical de las plantas es reducido y las características del racimo son aceptables (Cuadro 5). Los parámetros descritos indican que los materiales de origen Bamenda poseen un alto potencial comercial de más de una tonelada de aceite por hectárea por año sobre el testigo.





**Fig. 8.** Origen de líneas compuestas de Dami introducidas a Costa Rica.

**Kigoma.** Las palmas de origen Tanzania utilizadas como líneas femeninas, transfieren a sus descendencias DxP un alto potencial de producción de racimos y aceite. Los parámetros de producción son muy similares a los observados en los materiales de origen Deli. Los materiales de origen Tanzania, son especialmente productivos en combinación con las líneas masculinas Mardi y AVROS (Cuadro 6). El crecimiento vegetativo también es menor en las descendencias Tanzania con respecto a las de origen Deli.

**Otras fuentes no convencionales de palmas *dura*.** En un experimento plantado en 1990 en Santo Domingo de los Colorados, Ecuador, se evaluaron diferentes fuentes paternas masculinas y femeninas. Las progenies derivadas de los orígenes maternos Deli y Deli/Angola y de la línea masculina Ekona, mostraron mayor precocidad y producción de racimos (altos valores de habilidad combinatoria general). Las mejores combinaciones específicas fueron las progenies Deli x Yangambi y Tanzania x Ekona (Cuadro 7).

### **Líneas masculinas (*pisíferas*)**

Las palmas *pisíferas* son generalmente estériles, por lo que no es posible la medición del potencial de producción de racimos y aceite en forma directa, lo cual hace necesario medir su potencial como progenitor a través del comportamiento de los individuos *tenera* (hermanos) en la misma familia; o bien, por el desenvolvimiento de su propia descendencia. La preselección de palmas *pisíferas*, para iniciar un ciclo de pruebas de progenie, se basa en la medición directa de algunos parámetros, como la razón de área foliar, el incremento anual de la altura del tronco, la longitud foliar, la tasa de emisión foliar y el contenido de magnesio foliar.

La selección a través de prueba de progenies, parece ser el único criterio confiable para decidir acerca del potencial genético de las *pisíferas*, y su selección para producción comercial de semillas. Desde 1969, ASD ha evaluado por este método los derivados D'jongo originalmente introducidos. Más recientemente, de 1987 en adelante, en las generaciones avanzadas de este y de otros orígenes, se ha iniciado la evaluación basada en el comportamiento de sus progenies.

A partir de los resultados de una serie de ensayos experimentales establecidos desde 1991 en diferentes localidades (Alvarado et al. 1997), se determinó que el potencial de producción de racimos fue similar entre siete diferentes fuentes de polen (Cuadro 8).

**Cuadro 4.** Producción de racimos, crecimiento vegetativo y composición de racimos de progenies DxP originarias de Angola en combinación con varias fuentes de polen. Coto, Costa Rica

Material	FFB (kg)	Height t (cm)	Leaf area	Leaf length	M/F	O/M	O/B	O+1/2 K/B	Oil yield
Deli x AVROS	116.2	131.2	5.9	7.2	85.7	47.1	26.8	29.1	4.3
Angola x Calabar	94.5	93.2	5.7	6.7	82.7	49.9	29.9	32.1	3.9
Angola x Ekona	103.1	101.2	5.9	7.1	84.5	52.3	29.3	31.3	4.1
Angola x La Mé	89.5	77.8	5.4	6.2	76	50.2	24.7	27.8	3.2
Angola x Mardi	105.2	88.5	5.6	6.2	82.2	52.0	29.3	31.8	4.4
<b>Angola average</b>	98.1	89.9	5.7	6.6	80.9	50.9	28.2	30.4	3.9
<b>Deli average</b>	134.6	105.1	6.3	7.6	85.7	47.4	28.7	30.9	5.4

FFB= racimos de fruta fresca/planta/año, Height = altura de la planta, Leaf length = longitud de la hoja (m), Leaf area = área foliar (m<sup>2</sup>), M/F= mesocarpio en el fruto (%), O/M= aceite en el mesocarpio (%), O/B= aceite en el racimo (%), O+½ K/B = aceite más la mitad de la almendra sobre el racimo (%); Oil yield = producción de aceite/ha/año.

Las diferencias en altura, tasa de extracción de aceite y diferencias en adaptación ambiental, se atribuyen principalmente al origen genético de la fuente de polen utilizada, y en menor grado a la *dura*. Las líneas de origen La Mé e IR1039 se relacionan con las progenies de menor altura. Las descendencias derivadas de las poblaciones Ekona y Calabar mostraron alturas intermedias, mientras que las progenies de origen AVROS fueron las de mayor vigor.

**Cuadro 5.** Rendimiento de racimos, crecimiento vegetativo y composición del racimo de progenies DxP originarias de Bamenda y Deli en combinación con la línea AVROS. Coto, Costa Rica

Material	FFB (kg)	Height (cm)	Leaf area	Leaf length	M/F	O/M	O/B	O+1/2 K/B	Oil yield t ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup>
Bamenda x AVROS	198	2.2	6.3	-7.2	85.7	47.1	26.8	29.1	7.5
Deli x AVROS	157	2.7	6.8	-7.6	85.7	47.4	28.7	30.9	6.4

FFB= racimos de fruta fresca/planta/año, Height = altura de la planta, Leaf length = longitud de la hoja (m), Leaf area = área foliar (m<sup>2</sup>), M/F= mesocarpio en el fruto (%), O/M= aceite en el mesocarpio (%), O/B= aceite en el racimo (%), O+½ K/B = aceite más la mitad de la almendra sobre el racimo (%);

Las características del racimo y su calidad dependen, principalmente, del componente hereditario en especial el contenido de aceite en el mesocarpio. Esta variable mostró los valores más elevados en los materiales de origen Ekona y Yangambi.

En un ensayo similar en Surat Thani Horticultural Research Centre, en una región seca de Tailandia, Nakorn (1997) menciona que las nueve mejores progenies de un total de 60 probadas, mostraron un rendimiento de aceite por hectárea de 22 a 25% superior a la media registrada en el experimento (Cuadro 9). Estos resultados confirman el alto potencial de rendimiento de los materiales genéticos distribuidos por ASD de Costa Rica, pues las nueve progenies de mayor

rendimiento de aceite provienen de las líneas parentales utilizadas para la producción comercial de semillas en Costa Rica.

**Cuadro 6.** Producción de fruta, crecimiento vegetativo y composición del racimo de progenies DxP originarias de Kigoma con diferentes poblaciones de *pisiferas*. Coto, Costa Rica

Material	FFB (kg)	Height (cm)	Leaf area	Leaf length	M/F	O/M	O/B	O+1/2 K/B	Oil yield t/ha
Deli x AVROS	133.7	131.8	6.1	7.5	85.8	47.1	27.4	29.8	5.2
Kigoma x Calabar	118.4	102.7	5.4	6	81.1	46.1	27.0	30.7	4.8
Kigoma x Ekona	120.6	86.5	5.5	6.4	77.4	49.5	26.7	29.7	4.6
Kigoma x La Mé	103.7	99.8	5.6	6.4	74.6	45.4	23.9	28.2	4.2
Kigoma x Mardi	145.7	84.3	6.3	7.3	77.5	43.1	23.9	27.8	5.0
Kigoma x AVROS	145.0	112.8	6.7	8.6	83.3	46.0	25.2	28.9	5.2
<b>Kigoma average</b>	132.5	97.2	6.9	7.0	78.7	46.0	25.4	29.1	4.8
<b>Deli average</b>	134.6	105.1	6.3	7.6	85.7	47.4	28.7	30.9	5.4

FFB= racimos de fruta fresca /palma /año, Height = altura de la planta, Leaf length = longitud de la hoja (m), Leaf area = área foliar (m<sup>2</sup>), M/F= mesocarpio en el fruto (%), O/M= aceite en el mesocarpio (%), O/B= aceite en el racimo (%), O+½ K/B = aceite más la mitad de la almendra en el racimo (%); producción de aceite /ha /año.

**Cuadro 7.** Producción acumulada (kg /planta /año) después de 36 meses (tercer y cuarto año en el campo), de varias progenies en Santo Domingo de los Colorados, Ecuador

Progenitor	AVROS	Ekona	Calabar	La Mé	Mardi	Yangambi	Promedio
Deli	158.5	181.3	196.6	117.4	214.1	246	185.6
Deli / Ekona		194.8	168.3	109.3			157.5
Deli /Angola			195.5	160.5	161.5		181.3
Angola		207.7		131.7	199.3		165.5
Tanzania	143.4	218.6	169.3		88.4		154.9
Promedio	151.0	200.6	182.4	129.7	165.8	246	

**Cuadro 8.** Producción, crecimiento vegetativo y composición del racimo de diferentes progenies DxP usando Deli *dura* y varios progenitores masculinos. Coto, Costa Rica

Material	FFB (kg)	Height (cm)	Leaf length	Leaf area	M/F	O/M	O/B	O+½ K/B	Oil Yield /ha/yr
Deli x AVROS	133.7	131.8	6.1	7.5	85.8	47.1	27.4	29.8	5.2
Deli x Calabar	138.1	116.8	6.2	8.4	88.6	48.8	30.5	32.2	6.0
Deli x Ekona	128.8	110.4	6.3	7.4	88.7	50.0	30.3	32.5	5.7
Deli x La Mé	141.5	96.8	6.6	7.9	80.4	47.8	27.8	30.4	5.5
Deli x Mardi	120.1	109.2	6.5	7.7	85.7	41.3	27.0	29.3	4.8
Deli x Dami DCL	141.7	83.1	6.3	7.4	86.7	47.3	27.6	29.7	5.6
Deli x Yangambi	138.4	101.8	6.1	7.1	87.3	49.5	30.4	32.4	5.9
Average	134.6	105.1	6.3	7.6	85.7	47.4	28.7	30.9	5.4

FFB= racimos de fruta fresca /palma /año, Height = altura de la planta, Leaf length = longitud de la hoja (m), Leaf area = área foiliar (m<sup>2</sup>), M/F= mesocarpio en el fruto (%), O/M= aceite en el mesocarpio (%), O/B= aceite en el racimo (%), O+½ K/B = aceite más la mitad de la almendra en el racimo (%); producción de aceite /ha /año.

**Cuadro 9.** Producción de fruta y composición del racimo en progenies DxP originarias de Deli *dura* y varias fuentes de *pisifera* en Surat Thani Research Centre, Tailandia. Cuarto año en el campo, segundo año de evaluación

Material	FFB (kg)	M/F	K/F	O/B	Oil yield t ha/yr
Deli x AVROS	122.3	82.5	6.6	23.1	3.8
Deli x Calabar	139.1	85.8	5.5	22.8	4.5
Deli x Ekona	124.1	83.6	7.1	22.1	3.9
Deli x La Mé	116.1	79.2	8.4	23.1	3.8
Deli x Yangambi	116.7	87.5	4.8	22.4	3.8
Average	123.6	83.7	6.5	22.6	4.0

FFB= racimos de fruta fresca /palma /año, M/F= mesocarpio en el fruto (%), K/F = almendra en el fruto (%),

## Conclusiones

El programa de mejoramiento de ASD de Costa Rica, ha producido materiales de siembra desde 1974. Durante las primeras etapas, el trabajo fue orientado a la explotación del potencial genético presente dentro de las poblaciones Deli y AVROS, que constituyeron la base para la producción comercial de semillas. Más recientemente, la inclusión de nuevas fuentes de germoplasma permitieron a ASD producir otras alternativas a los materiales D'jongo. Estas opciones incluyen los prestigiosos orígenes La Mé, Nigeria (Calabar) y Ekona; así como otras fuentes de origen silvestre como Kigoma, Bamenda y Sierra Leona. Esto mantiene al programa de ASD en una fuerte posición para proveer materiales de palma aceitera para lograr atender la expansión mundial del cultivo, incluyendo ambientes con condiciones adversas como sequía y temperaturas bajas.

## References

- Alvarado, A.; Sterling, F.; Montoya, C; Angulo, V. 1997. Interacción genotipo x ambiente y análisis de estabilidad genotípica en cuatro localidades. In. Conferencia Internacional en Avances Agronómicos de la Palma de Aceite. ISOPA/CENIPALMA. Cartagena, Colombia. Pp. 206-226.
- Blaak, G. 1974. Personal communication.
- Blaak, G. Sterling F. 1996. The prospects of extending oil palm cultivation to higher elevations through using cold-tolerant plant material. The Planter Kuala Lumpur. 72, 645-652.
- Gascon, J.P.; de Berchoux, C. 1964. Caracteristiques de la production d' *Elaeis guineensis* Jacq. de diverses origines et de leurs croisements. *Oleagineux*. 19(2):75-84.
- Green, A.H. 1973. Ann. Rev. of Res.1971. Internal Report. Unilever Plantations Group. London.
- Hartley, C.W.S. 1977. The Oil Palm. Second Ed. Longman. London. 806pp
- Nakorn. 1997. Surat Thani Horticultural Research Center, Thailand. Personal communication..
- Okwuagwu, C. 1986. The genetic base of the NIFOR oil palm breeding program. In. Proc of Int Workshop on Oil Palm germplasm and utilization. Kuala Lumpur. PORIM. 1986. 10:228-237.
- Rao, V.; Law. I. H.; Shaharudin, Z.; Chia, C.C. 1999. Ekona and AVROS- a tale of two pisiferas. PORIM Oil Palm International Conference. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Richardson, D. L. 1995 . The History of Oil Palm Breeding in the United Fruit Company. ASD Oil Palm Papers. 11:1-23.
- Richardson D., Chaves C. 1986. Oil palm germplasm from Tanzanian. Turrialba. 36:493-498.
- Rosenquist, E. A. 1986. The genetic base of oil palm breeding populations. In. Proceedings of Int. Workshop on oil palm germplasm and utilization. ISOPB/PORIM. Pp. 27-56.
- Rosenquist, E. 1992. Some ancestral palm and their descendants. Int. Symposium on the Science of Oil Palm Breeding. ISOPB/IRHO/PORIM/BUROTROP. Montpellier, France. 28 p.
- Rosenquist, E. A., Corley, R.H.; De Greef, W. 1990. Improvement of *tenera* populations using germplasm for breeding program in Cameroon and Zaire. In. Proc.of Int. Workshop on progress of oil palm breeding population. Kuala Lumpur. PORIM. 1990.