

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

F. Sterling, A. Alvarado¹

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.

¹ 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

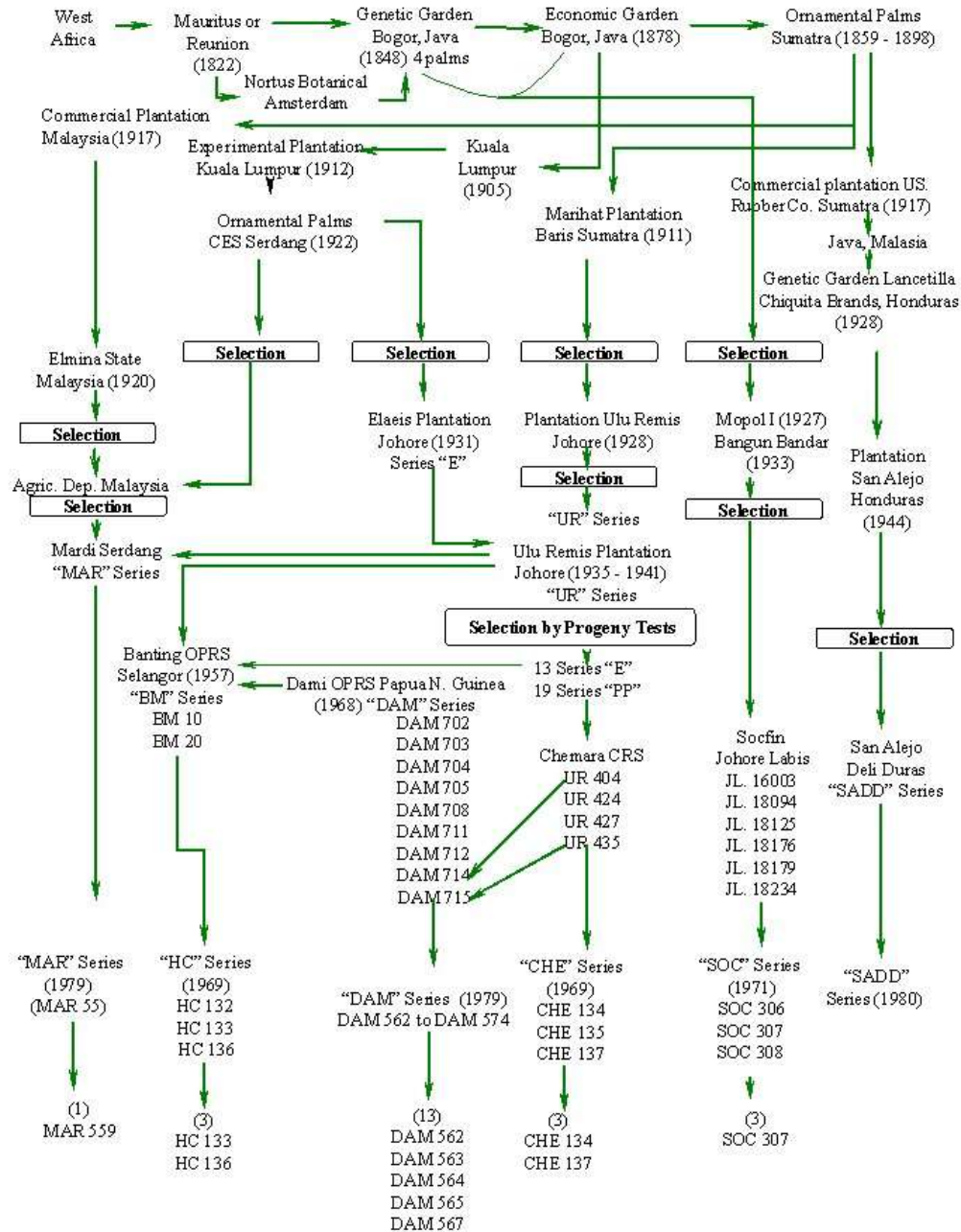


Fig.1b. Origen (detallado) de poblaciones Deli *dura* introducidas a Costa Rica

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.

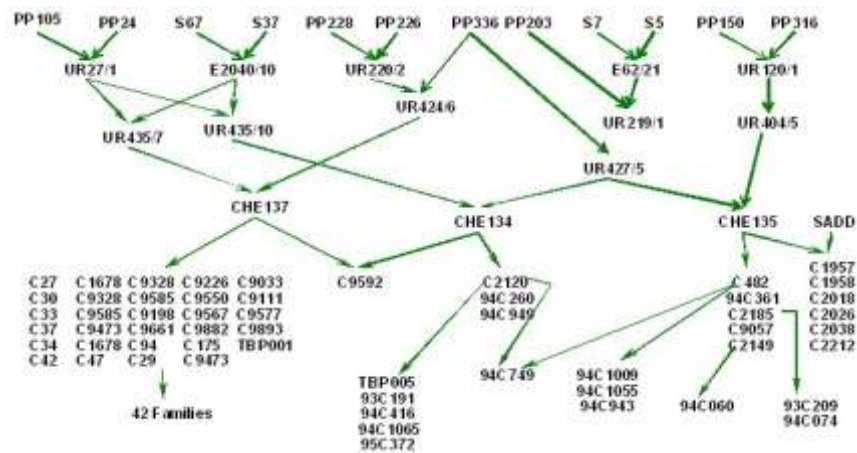


Fig.2a. Origen de la población Ulu Remis Deli *dura* introducida a Costa Rica

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.

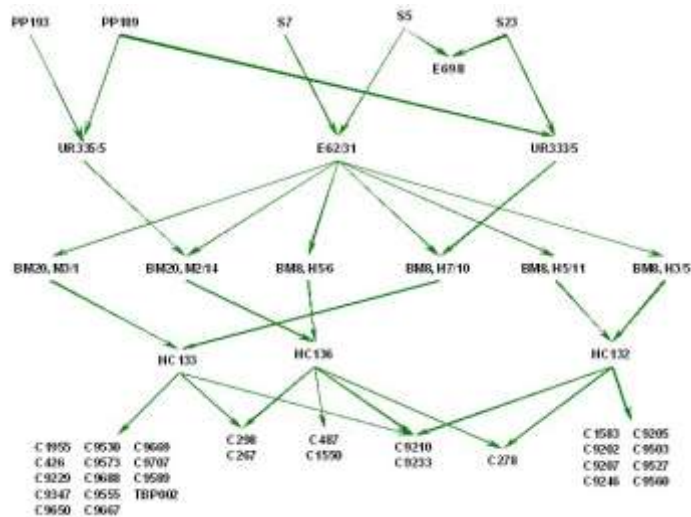


Fig.2b. Origen de la población Banting (BM8, BM20) Deli *dura* introducida a Costa Rica

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.

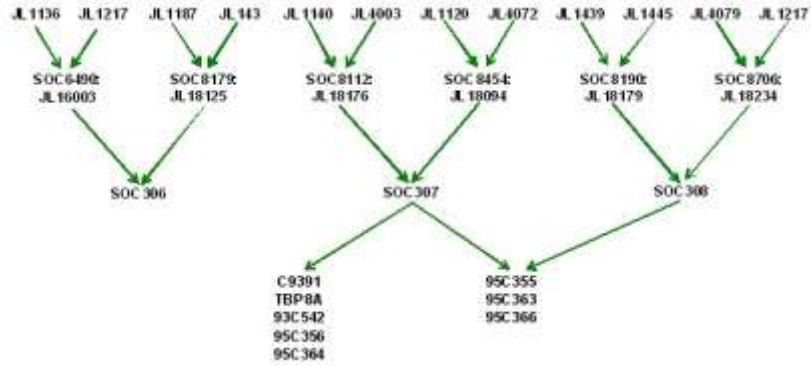


Fig.2c. Origen de la población Johore Labis Deli *dura* introducida a Costa Rica de SOCFIN

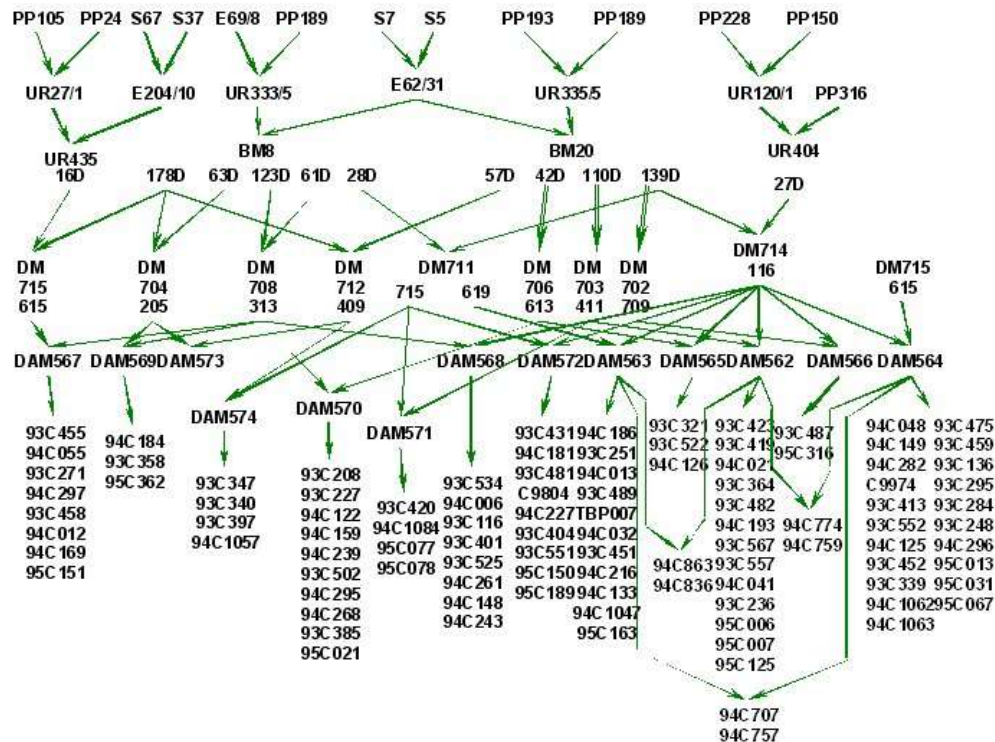


Fig.2d. Origen de la población Deli *dura* introducida a Costa Rica de Dami.

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 (%).

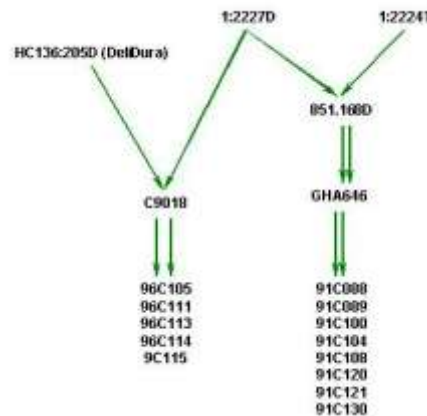


Fig.2e. Origen de la población de Angola introducida a Costa Rica de Kade, Ghana

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.

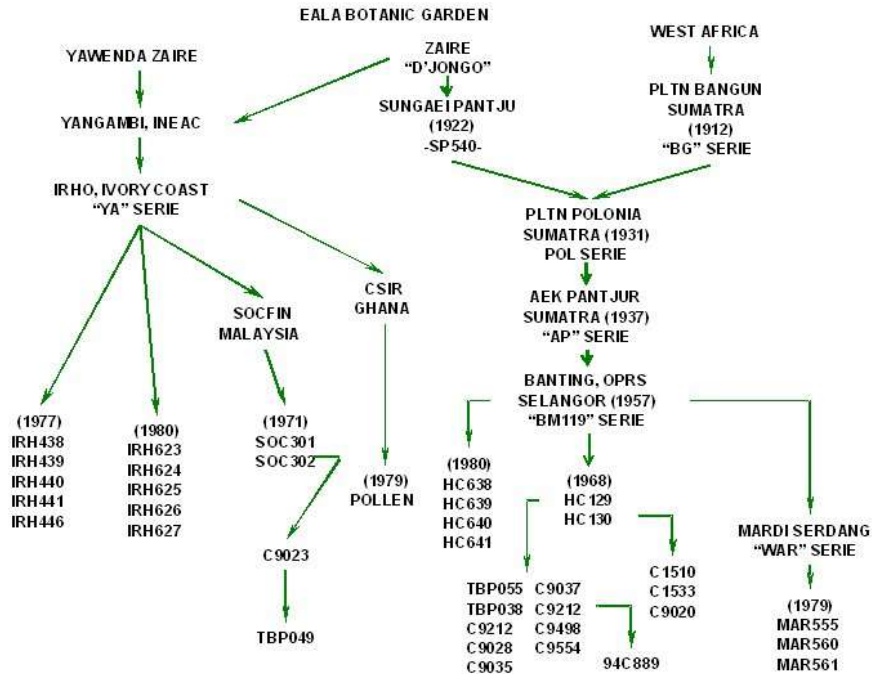


Fig. 3. Origen de la población Yangambi introducida a Costa Rica

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 *pisíferas* 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.

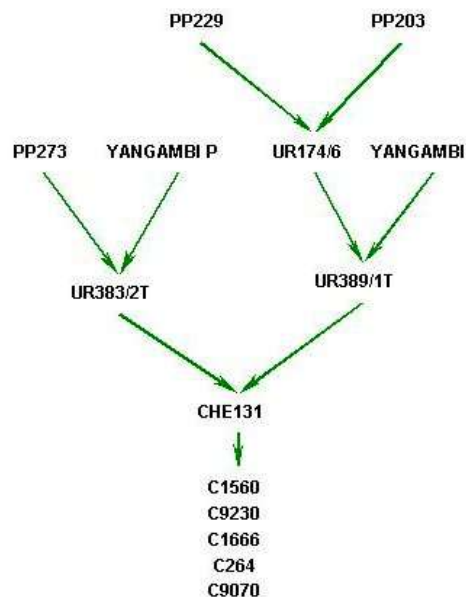


Fig. 4. Origen de la población Ulu Remis introducida a Costa Rica

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 *pisíferas* 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 *pisíferas* 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 *pisíferas* 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).

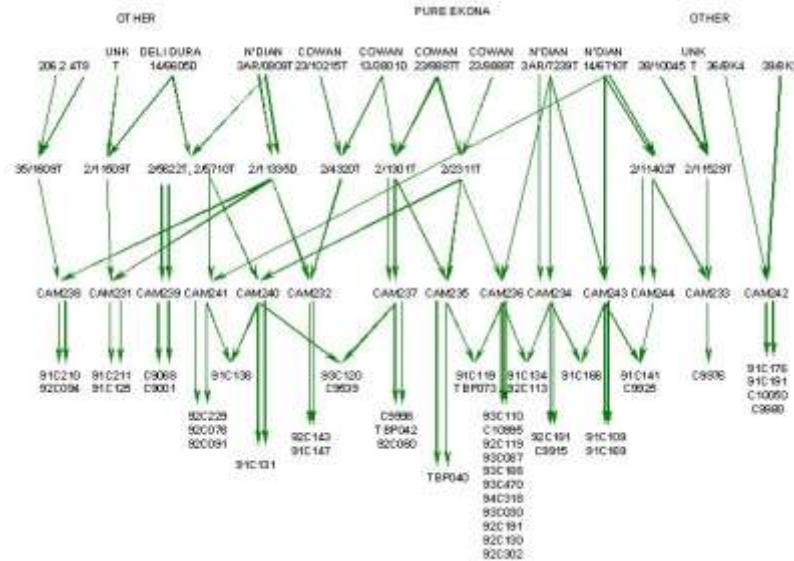


Fig. 5. Origen de la población Ekona introducida a Costa Rica

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.

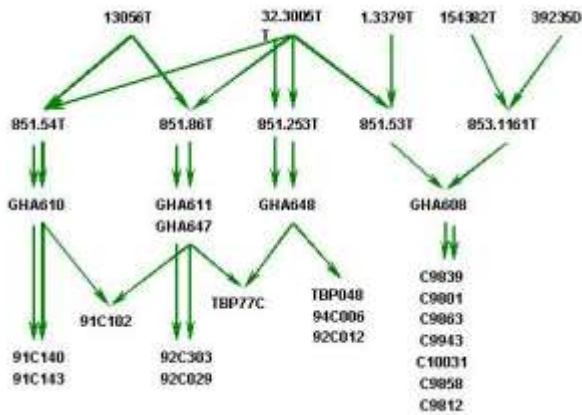


Fig. 6. Origen de la población Calabar introducida a Costa Rica

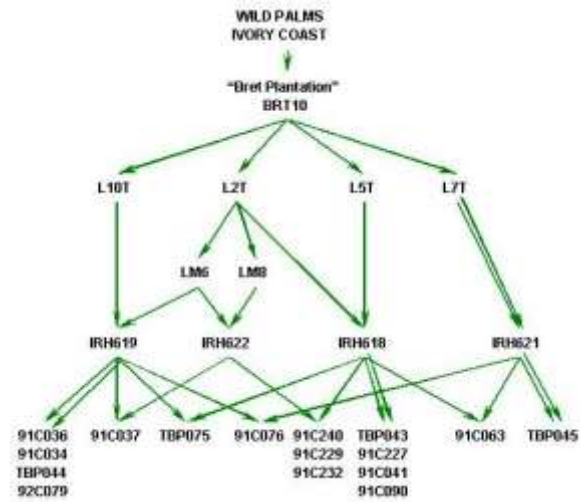


Fig. 7. Origen de la población La Mé introducida a Costa Rica

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.

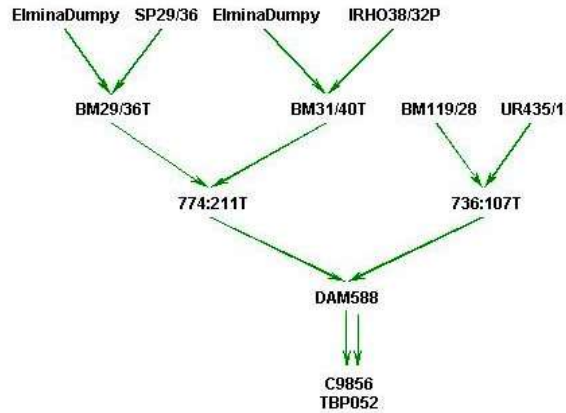


Fig. 8. Origen de líneas compuestas de Dami introducidas a Costa Rica.

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
Angola average	98.1	89.9	5.7	6.6	80.9	50.9	28.2	30.4	3.9
Deli average	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 (m²), 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 ⁻¹ yr ⁻¹
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 (m²), 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
Kigoma average	132.5	97.2	6.9	7.0	78.7	46.0	25.4	29.1	4.8
Deli 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 (m²), 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 (m²), 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.

Curvas de crecimiento vegetativo en un cruce comercial Deli x AVROS

Juan Bulgarelli, Carlos Chinchilla y Amancio Alvarado¹

Introducción

Los cruces Deli x AVROS son los más utilizados en las plantaciones comerciales de palma aceitera, por lo cual resulta útil tener curvas de referencia que permitan comparar el crecimiento de cualquier lote particular, con lotes en donde se ha dado seguimiento en el tiempo a los cambios de las diferentes variables del crecimiento vegetativo. El objetivo de esta nota es presentar las curvas de crecimiento de un cruce particular Deli x AVROS, del cual se tomaron mediciones durante los primeros 14 años en el campo. Los datos de crecimiento (y de rendimiento) de los lotes estudiados no necesariamente corresponden al comportamiento promedio de la plantación en la que se encuentran. Estos lotes fueron escogidos ya que había una mayor cantidad de información disponible con respecto a otros (que bien pueden tener un mejor o peor desempeño). Los datos tampoco pretenden indicar que ese sea el crecimiento (o rendimiento) óptimo deseado según la edad.

Los datos de crecimiento vegetativo fueron tomados de 79 plantas del cruce denominado C9258 que forma parte de un experimento de mejoramiento genético (CB862A) sembrado en 1986. La información sobre rendimiento proviene de un lote comercial Deli x AVROS de 126 hectáreas sembrado el mismo año. Los datos de las figuras y cuadros corresponden únicamente a racimos enteros. El dato complementario del peso de los frutos desprendidos antes y durante la cosecha aparecen en un cuadro aparte.

Ambas siembras están ubicadas en el Pacífico sur de Costa Rica en la localidad de Coto. Los suelos son de origen aluvial (Fluvaquentic Eutropept), la lluvia anual promedio es de 3934 mm, con una estación de menor precipitación entre diciembre y marzo (Cuadro 1). La temperatura media anual es 27°C, con una máxima de 31.6 y una mínima de 22.1°C. El número promedio anual de horas luz es de 5.7 horas/día (ámbito: 3.9 en julio y 8.3 en febrero).

Resultados

Crecimiento

La altura del tronco de las palmas aumentó en forma casi lineal con la edad de la palma ($r^2 = 0.99$). El aumento promedio en altura fue de 62 cm/año. Para la mayoría de las otras variables de crecimiento, el modelo que se adaptó mejor a los datos fue el de una parábola ($y = ax^2 + bx + c$). Los coeficientes de determinación fueron generalmente mayores a 0.90, excepto para el número de folíolos por metro lineal de raquis ($r^2 = 0.80$), y el número de hojas ($r^2 = 0.84$). El número de

¹ ASD de Costa Rica, a.alvarado@asd-cr.com

foliolos por metro de raquis, el número de hojas totales y la tasa de emisión foliar disminuyeron con la edad (Figs. 1-3).

Cuadro 1. Lluvia promedio mensual entre 1986 y 2001 en Coto, Costa Rica.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
1986	25	161	91	165	325	319	409	389	450	835	273	183	3624
1987	84	0.3	133	289	306	529	391	309	621		454	127	3242
1988	84	87	101	163	319	400	487	586	623	1063	419	186	4518
1989	44	0.2	55	91	278	524	525	516	516	589	477	160	3774
1990	74	25	139	211	474	368	561	587	467	652	504	76	4138
1991	191	33	243	247	319	492	325	454	620	360	293	74	3651
1992	90	80	15	166	326	275	383	578	640	402	351	133	3440
1993	213	17	86	232	551	276	274	717	759	502	339	140	4103
1994	142	13	40	208	560	410	460	766	406	343	584	230	4162
1995	1.4	29	43	272	444	437	530	581	525	290	215	115	3483
1996	84	28	106	294	558	710	608	428	523	516	392	234	4479
1997	66	72	77	144	634	295	364	330	378	329	308	101	3097
1998	0	115	83	136	356	372	645	511	432	494	476	431	4052
1999	200	199	175	324	450	698	449	545	682	497	388	332	4939
2000	57	24	156	346	510	348	292	415	777	578	395	91	3988
2001	0	127	104	177	583	348	456	414	513	864	490	145	4222
Promedio	80	59	97	221	421	433	446	506	558	562	415	165	3934

Hasta los ocho años, se contaron entre 39 y 40 hojas por planta, pero este número disminuyó paulatinamente hasta alcanzar solo 34-35 hojas por planta, lo cual podría indicar una poda excesiva en estas plantas. El número de hojas totales por palma está asociado con la reducción, y posterior estabilización en el número de racimos cosechados después de los 10 años (Fig. 4). Otras variables del crecimiento también tendieron a estabilizarse después de los 10 años de edad de las plantas, entendiéndose por esto que la variación entre años es menor, lo cual crea una serie de puntos alineados casi horizontalmente en la figura que describe el cambio de la variable en el tiempo.

Este estudio no incluye información sobre la variación en el diámetro del tronco, la cual fue incluida como parte de otro estudio (Ramírez et al. 2002). Los datos promedio de cada variable de crecimiento y sus desviaciones estándar aparecen en el cuadro dos.

Cuadro 2. Variables de crecimiento (hoja 17) en un cruce Del x AVROS sembrados en 1986 en Coto, Costa Rica

Edad (años)	Tr (cm)	PxS (cm ²)	Pl (cm)	Rl (cm)	Lt.w (cm)	Lt.l (cm)	Lt.n (No)	Lf.l (cm)	Lf.a (m ²)	Lf.y (No)	Lf.n (No)
3,0	35	6.6	102	352	4.2	85	244	454	4.7		40
3,5	50	8.7	111	412	4.0	87	286	522	5.5	37.8	40
4,0	67	9.9	118	405	4.1	83	303	523	5.8	34.6	39
4,5	93	9.8	130	458	4.0	82	306	588	5.5	35.3	41
6,7	224	13.5	140	529	4.7	92	328	669	7.8		39
7,7	301	15.0	142	548	5.1	95	340	691	9.2	27.0	40
9,6	428	18.0	153	594	5.3	98	355	747	10.2		38
10,7	490	13.4	145	606	5.6	101	365	751	11.3	25.9	35
11,7	553	20.1	140	588	5.6	100	371	729	11.5	27.8	34
12,7	612	19.4	142	588	5.3	98	368	730	10.6	24.8	34
13,7	671	21.2	139	580	5.6	101	365	719	11.4	26.0	35
Desviación estándar											
3.0	7.2	1.0	9.6	28.9	0.4	6.2	18.1	32.0	0.8		1.7
3.5	9.0	1.3	11.4	34.3	0.3	6.4	20.9	39.5	0.8	3.8	2.1
4.0	11.5	1.6	10.6	32.7	0.4	6.2	22.2	37.8	1.0	3.2	2.4
4.4	15.4	1.7	15.4	37.6	0.4	6.1	18.4	44.7	0.8	3.1	1.5
6.6	34.3	2.3	13.9	49.8	0.4	7.3	20.7	54.6	1.3		2.3
7.7	42.0	3.2	14.8	49.2	0.5	7.6	22.0	53.5	1.6	2.2	4.3
9.7	58.5	3.4	13.5	53.8	0.4	8.7	21.5	55.0	1.5		3.4
10.7	66.5	1.5	14.7	50.4	0.5	7.8	19.5	53.1	1.7	3.7	4.5
11.7	77.6	3.9	12.0	53.4	0.5	8.6	19.3	54.2	1.9	4.0	5.2
12.7	77.2	3.4	13.2	51.2	0.4	7.8	31.5	53.3	1.7	2.5	5.2
13.7	87.2	3.8	15.1	46.7	0.5	8.4	21.8	51.1	1.7	3.1	5.2

Tr = altura de tronco; PxS = sección transversal del peciolo; Pl = longitud del peciolo; Rl = longitud del raquis; Lt.w = ancho del foliolo; Lt.l = longitud del foliolo; Lt.n = número de foliolos; Lf.l = longitud de la hoja; Lf.a = área foliar; Lf.y = No de hojas producidas /año; Lf.n = No de hojas /palma

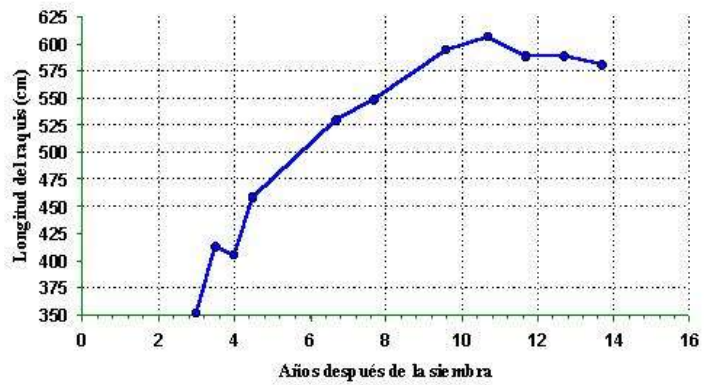
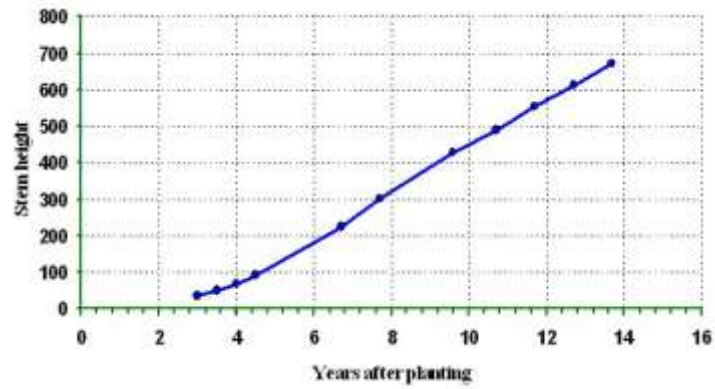


Fig.1. Altura de tronco, sección transversal del peciolo y longitud del raquis en un cruce Deli x AVROS plantado en 1986 en Coto, Costa Rica.

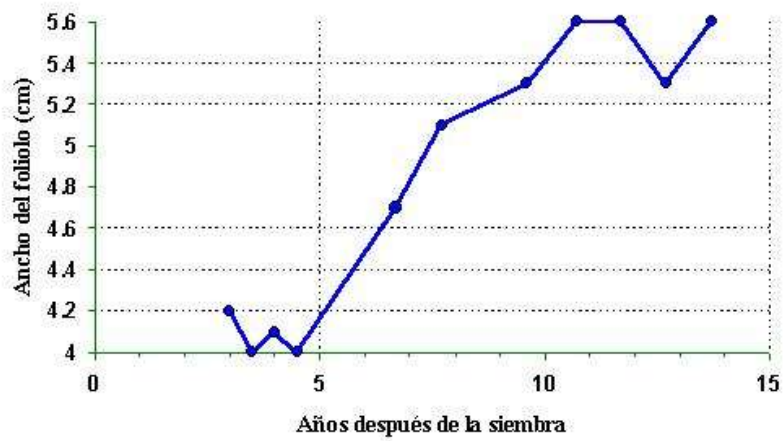
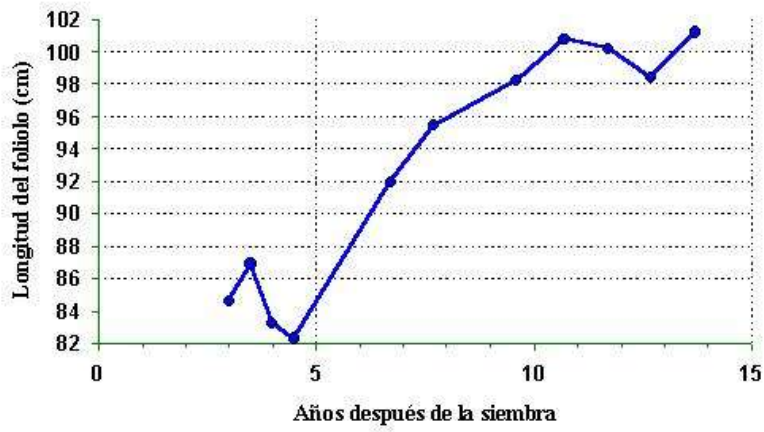
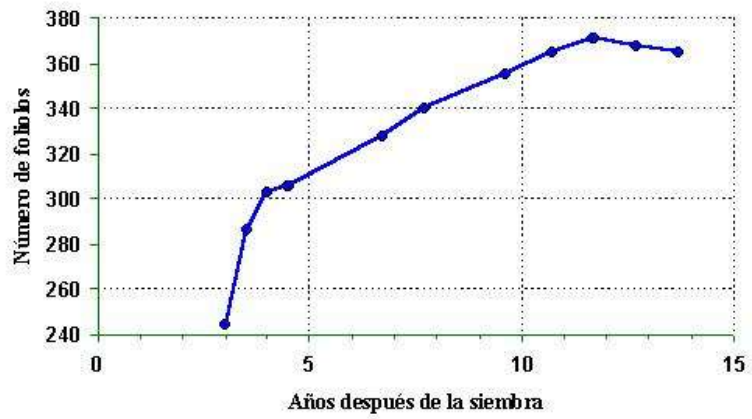


Fig.2. Número de foliolos por metro de raquis, longitud del foliolo y ancho del foliolo en un cruce Deli x AVROS sembrado en 1986 en Coto, Costa Rica.

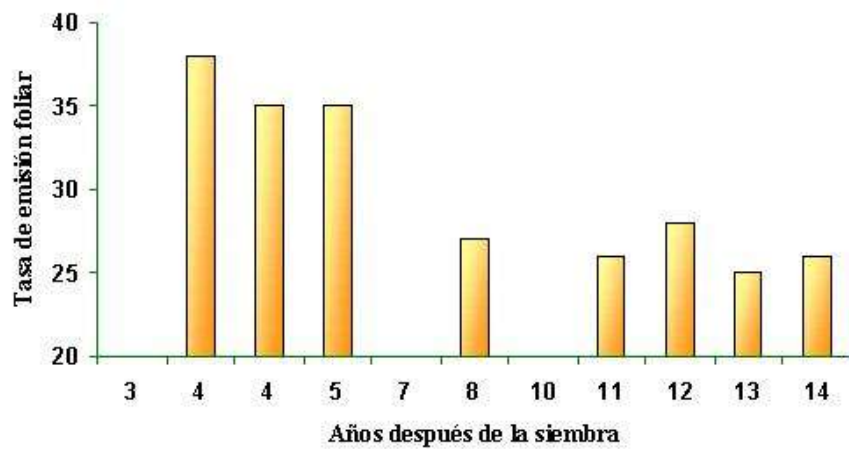
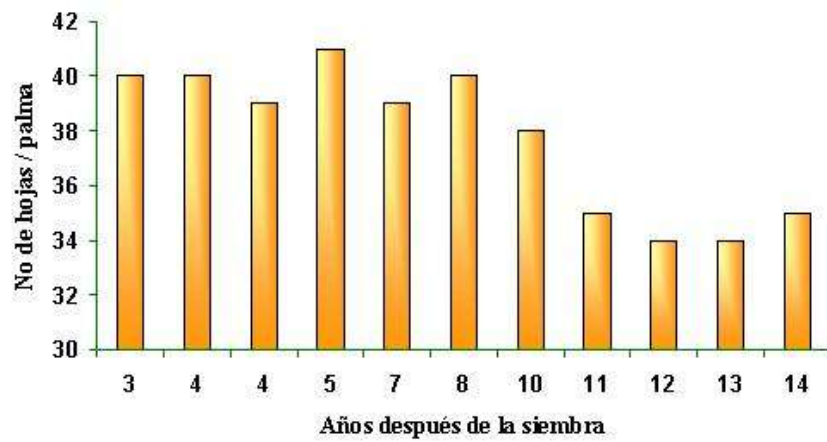
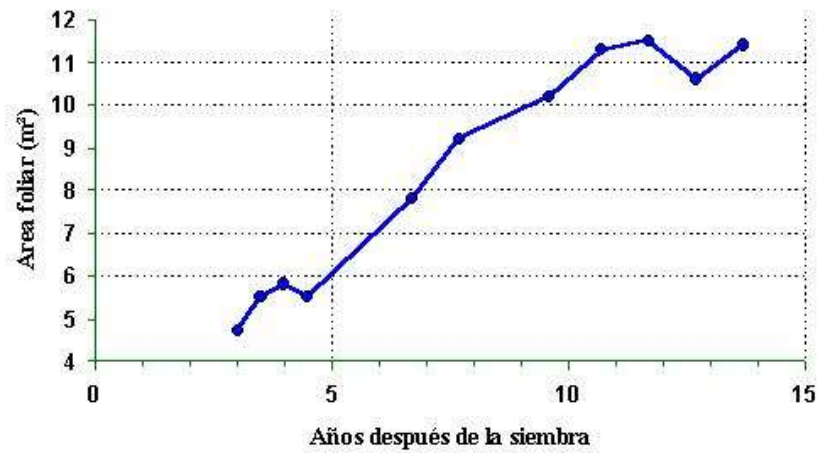


Fig.3. Área foliar, número de hojas por palma y tasa de emisión foliar por año en un cruce Deli x AVROS sembrado en 1986 en Coto, Costa Rica.

Producción

El número de plantas disponibles del cruce C9258 es de 79 (Cuadro 2), por lo cual los datos de rendimiento no pueden extrapolarse a plantaciones comerciales. Para resolver esta dificultad se incluyen también los datos de rendimiento de un lote comercial Deli x AVROS plantado en el mismo año de 1986 (Cuadro 3). Los lotes comerciales contienen una mezcla de varios cruces.

En el lote comercial, la producción de racimos se mantuvo en aumento hasta aproximadamente los seis años de edad de las plantas (2.9 - 24.7 t/ha de fruta fresca), y a partir de ahí, las variaciones en el rendimiento fueron menores (mínima de 18.7 y máxima de 29.3 t/ha de fruta fresca) (Cuadro3).

Cuadro 3. Componentes del rendimiento en un cruce Deli x AVROS sembrado en 1986. Coto, Costa Rica.

Año	No de racimos	Peso del racimo (kg)	Rendimiento (t/ha)
3	4734	3.8	17.9
4	2385	6.9	16.4
5	2286	10.6	24.1
7	1511	15.3	23.1
8	1712	16.9	29.0
11	1463	21.9	32.0
12	1379	21.5	29.7

A partir del cuarto año, se observaron ciclos en el rendimiento que se repitieron cada 4 o 5 años. La menor diferencia entre un pico alto de producción y el siguiente mínimo fue de 1.9 t, y la diferencia mayor fue de 8.1 t/ha/año.

El número de racimos producidos por planta aumentó entre el segundo y el cuarto año (de 1100 a 2817 racimos/ha/año). Posteriormente se presentó una reducción que se prolongó hasta el octavo año, y luego esta variable se estabilizó (variación entre 884 y 1580 racimos/ha/año). El peso promedio del racimo aumentó con la edad de las palmas en forma casi lineal (Fig. 4).

El incremento promedio fue de 1.3 kg/año ($r^2 = 0.93$). El aumento en el peso del racimo puede también asociarse con la estación de las lluvias. Durante la estación más seca (diciembre-marzo), el peso promedio varió entre 14.8 y 15.7 kg, mientras que en la estación de lluvias, la variación estuvo entre 15.0 y 17.3 kg. El mayor peso de los racimos en la estación lluviosa podría estar reflejando mejores condiciones para la polinización durante la época seca.

El porcentaje de frutos desprendidos antes y durante la cosecha varió entre 8.5 y 10.1 % durante el periodo de estudio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Fluctuación en el porcentaje de frutos sueltos en el racimo de algunos cruces comerciales Deli x AVROS sembrados en 1986. Coto, Costa Rica.

Mes	1997	1998	1999	2000	2001	Promedio
Ene	9.8	7.8	10.0	10.5	12.4	10.1
Feb	8.0	7.7	10.0	9.9	10.2	9.2
Mar	8.8	7.2	8.7	12.3	10.0	9.4
Abr	9.7	7.5	10.9	11.4	10.9	10.1
May	9.4	9.4	10.0	10.2	8.6	9.5
Jun	10.7	6.7	9.9	10.6	8.2	9.2
Jul	9.0	7.6	9.1	10.7	9.1	9.1
Ago	11.2	7.8	7.6	12.5	9.5	9.7
Set	9.9	7.8	8.0	12.1	7.7	9.1
Oct	9.7	7.0	8.8	11.7	8.4	9.1
Nov	9.4	6.4	8.5	9.8	8.5	8.5
Dec	8.8	8.6	9.1	9.8	7.1	8.7
<i>Promedio</i>	<i>9.5</i>	<i>7.6</i>	<i>9.2</i>	<i>10.9</i>	<i>9.2</i>	<i>9.3</i>

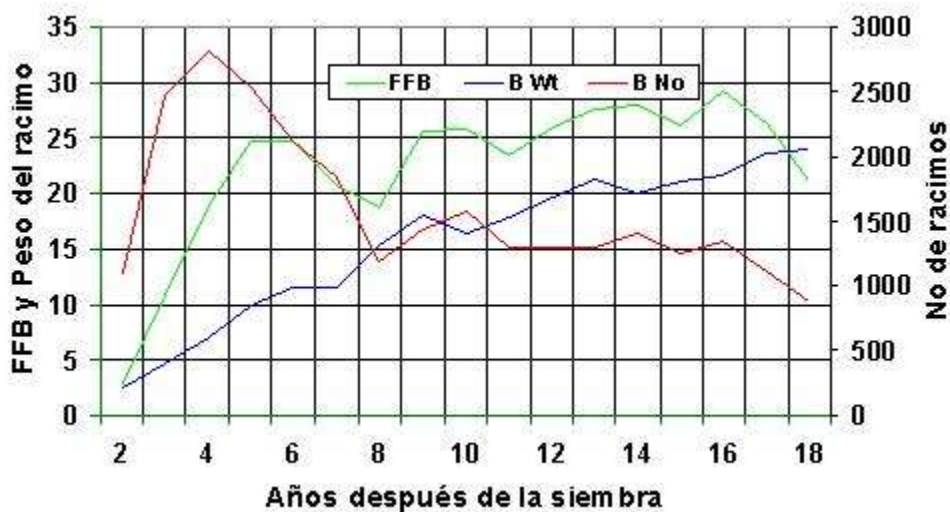


Fig. 4. Variación en los componentes del racimo en un cruce comercial Deli x AVROS. Coto, Costa Rica. Siembra en 1986.

Literatura

- Corley, R., Breure, C. 1981. Measurements in oil palm experiments. Harrisons and Fleming Advisory Services. 33 p.
- Hartley, C. 1883. La palma de aceite. CECSA, Méjico. 958 p.
- Ramírez, F., Chinchilla, C., Bulgarelli, J. 2002. Low soil P-content associated with a reduction in trunk diameter in oil palm. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica) 23: 20-26.
- Richardson, D.L. 1986. Morfología, crecimiento, floración y rendimiento de la palma aceitera. ASD de Costa Rica. Documento interno. 186 p.

Inflorescencias masculinas, población de *Elaeidobious kamerunicus* (Curculionidae), y calidad de la polinización en una plantación comercial joven de palma aceitera en Costa Rica

Juan Bulgarelli¹, Carlos Chinchilla², Rolbin Rodríguez¹

Resumen

Una reducción en la densidad de inflorescencias masculinas en antesis por hectárea en palma aceitera joven, se asoció con una reducción en la población del polinizador *E. kamerunicus*, durante la estación seca. Como consecuencia, la polinización de las inflorescencias femeninas fue deficiente, y alrededor de cinco meses después, se observó una caída en el porcentaje de frutos fértiles ("fruit set") por racimo, y la aparición de racimos fallados (pudrición de los racimos debido a un número muy bajo de flores polinizadas que desarrollan frutos normales). Esta secuencia de eventos ocurrió probablemente también durante la estación seca anterior, cuando se detectaron una gran cantidad de racimos fallados en agosto y setiembre del año anterior. La lluvia dos años antes, se asoció con un cambio en la diferenciación sexual de las inflorescencias primordiales: una mayor cantidad de lluvia y una buena distribución se asoció con un aumento en el número de primordios que desarrollaron inflorescencias femeninas. El efecto neto fue una reducción drástica en el número de inflorescencias masculinas en antesis dos años después. El efecto inverso (una mayor cantidad de inflorescencias masculinas), se asoció con una menor cantidad de lluvia y una mala distribución de la misma dos años antes del periodo de antesis. Una estación seca como la de 1994, que cumplió con estas características, causó que en el verano de 1996 no se presentara una escasez de inflorescencias masculinas, y por consiguiente no existieran problemas de racimos fallados 5-6 meses después. Los problemas tan notorios de bajo "fruit set" y falla de racimos, que tuvo esta plantación joven de palma aceitera, se debió probablemente a una combinación de suelos y clima que favoreció una relación de sexo muy alta, que causó una caída muy drástica en la población de polinizadores. Este problema desapareció paulatinamente conforme aumentó la edad de las palmas, y se redujo la razón de sexo, y aumentó la importancia del viento como acarreador de polen.

¹ ASD de Costa Rica; 2. Consultor para ASD de Costa Rica, cmlchinchilla@gmail.com.

Introducción

La polinización de la palma aceitera es realizada principalmente por varios insectos curculiónidos del género *Elaeidobious* (Syed 1979). No obstante, el viento puede tomar una mayor importancia conforme la planta crece en altura (Hardon y Turner 1967, Syed 1979)

En Costa Rica, existieron durante muchos años dos insectos polinizadores asociados a la palma aceitera (*Elaeidobius subvittatus* y *Mystrops costaricensis*), y más recientemente se introdujo *E. kamerunicus*, el cual es ahora el polinizador predominante (Syed 1885, Chinchilla 1991), y parece garantizar una polinización adecuada en la mayoría de las plantaciones comerciales en donde coexisten palmas de diferentes edades. Sin embargo, en algunas plantaciones jóvenes aisladas pueden presentarse problemas de polinización asociados a una escasez de inflorescencias masculinas, que constituyen el único substrato en donde *E. kamerunicus* puede completar su ciclo de vida (Syed 1978, 1982).

En una plantación joven de palma aceitera, localizada al sur de Costa Rica, se observó en 1994 una conformación muy pobre de los racimos (bajo "fruit set"). Personal de la plantación hizo un muestreo en 1421 racimos cosechados a mediados de agosto de 1994. Un 26% de los racimos presentaban una apariencia normal, y el resto había sido mal polinizado (30% o menos de frutos normales). Muchos de los racimos se consideraban fallas, en donde no había frutos normales.

Este tipo de fenómeno, descrito también por Turner (1981), indica sin duda una polinización deficiente de las inflorescencias femeninas en antesis, lo cual ocurre 5-6 meses antes de la cosecha normal de los racimos. En un racimo "normal", se espera que al menos alrededor del 60% de los frutos sean normales (proviene de flores que fueron polinizadas). El resto son frutos partenocárpicos y blancos (frutos atrofiados sin desarrollo). La falla de racimos en desarrollo se presenta en palma aceitera, cuando el número de frutos normales ("polinizados") en el racimo, es muy bajo.

En este estudio se documentan las relaciones observadas entre la abundancia de inflorescencias masculinas (y población de polinizadores), la conformación de los racimos ("fruit set"), y la cantidad y distribución de la lluvia durante la estación seca del año en una plantación joven de palma aceitera.

Materiales y métodos

La plantación en estudio comprende dos lotes comerciales de material DelixAVROS sembrados en 1989 y 1991. Los lotes forman parte de una plantación nueva (aproximadamente 500 ha en 1994), que se desarrolló durante sus primeros años relativamente aislada de otras plantaciones comerciales de palma aceitera. El núcleo mayor de plantaciones adultas comerciales está localizado a aproximadamente 60 km de distancia.

La zona se caracteriza por presentar una estación seca bastante marcada (Fig. 1), temperaturas promedio de 27.5°C (máxima: 32.3°C; mínima: 22.8°C), y un promedio de 8.7 horas de sol al día (máximo: 9.5; mínimo: 7.5). La metodología de trabajo siguió los lineamientos dados por Syed (1986) y Chinchilla y Richardson (1990). Una vez al mes se determinó el porcentaje de frutos normales en los racimos ("fruit set"), y el número de inflorescencias masculinas en antesis por

hectárea y la población albergada de *E. kamerunicus*. El muestreo se realizó en aproximadamente 490 plantas seleccionadas al azar en cada uno de los dos lotes.

El recuento de los polinizadores se hizo en 10 inflorescencias masculinas en antesis elegidas al azar entre las palmas seleccionadas. En cada inflorescencia se cortaron tres espigas apicales, medias y basales. El muestreo se realizó entre las 5 y 8 de la mañana.

Para estimar la conformación de los racimos ("fruit set") se cortaron doce racimos maduros (sin desprendimiento de frutos), los cuales también fueron escogidos al azar en cada lote. Luego de separar las espigas del raquis del racimo, el recuento de frutos normales, partenocárpicos y "blancos" se hizo en una muestra que contenían generalmente entre 15 y 25 espigas.

Resultados y discusión

Fluctuación temporal en el número de inflorescencias masculinas

El número de inflorescencias masculinas en antesis bajó gradualmente entre octubre de 1994 y enero de 1995 en ambos lotes. En febrero y marzo no se encontraron inflorescencias en antesis en el área de muestreo, y aparecieron nuevamente en abril. En setiembre el número registrado de inflorescencias en ambos lotes fue de 6.1 y 20.7/hectárea. Durante los siguientes nueve meses, el número varió entre aproximadamente una y 27 inflorescencias en antesis por hectárea (Fig.1).

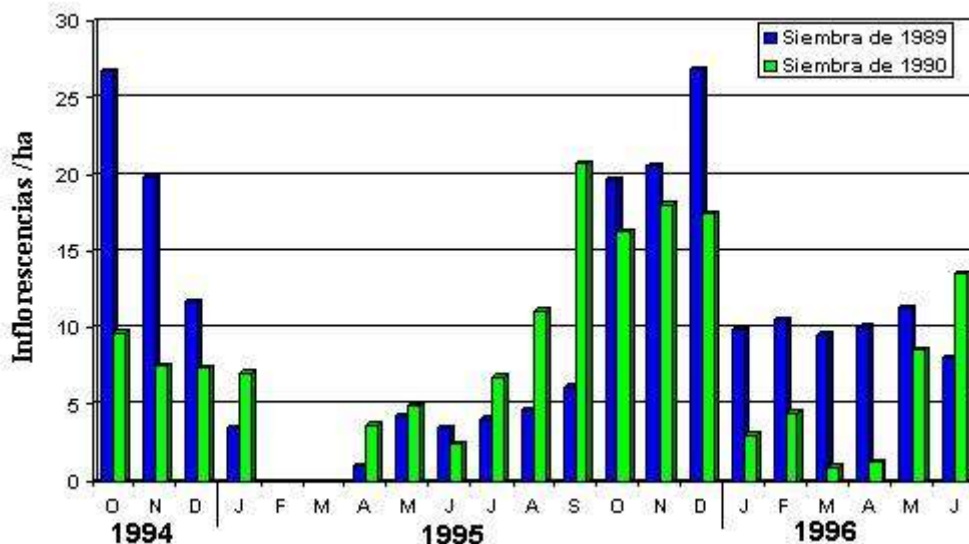


Fig. 1. Fluctuación del número de inflorescencias masculinas en antesis/ha en dos parcelas Deli x AVROS de edad diferente. Palmar, Costa Rica

Durante la estación seca de 1995, el número de inflorescencias fue nuevamente muy bajo, pero no ocurrió lo mismo al año siguiente, lo cual podría atribuirse al efecto de un mayor estrés hídrico anterior que redujo la razón de sexo.

La lluvia es la principal fuente de humedad para los lotes en estudio, aunque puede existir algún grado de suministro de humedad durante el verano a través del movimiento lateral de agua desde un río bastante caudaloso (Térraba) que bordea la plantación, que es protegida por un dique de varios metros de altura. Cuando el nivel del río está cercano al de la plantación, ocurre un mayor

flujo de humedad hacia la plantación favorecido por las texturas medias y livianas de estos suelos de origen aluvial.

Para comprender el efecto de las lluvias sobre la razón de sexo de las plantas, se debe considerar no solo el total de la precipitación caída hasta noviembre (que determina la cuantía de la reserva disponible para la estación seca), sino también la distribución de la escasa precipitación que cae en los meses más secos entre diciembre y marzo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación entre la lluvia de dos años antes y la producción de inflorescencias masculinas, en un lote de 67 ha (Deli x AVROS) sembrado en 1989. Palmar, Costa Rica

Lluvia (mm): en la estación seca dos años antes					Lluvia: Nov-Mar	Distribución de la lluvia	Año donde afecta la lluvia anterior	Inflorescencias por ha Feb-Mar	Insectos /espiga Feb-Mar	Fruit set Ago-Set
Nov	Dic	Ene	Feb	Mar						
335	58	14	21	61	489	63	1994	-	-	
424	97	111	71	65	768	25	1995	No encontrados	No encontrados	42
100	110	6	20	40	276	105	1996	10	90	59-68

*La distribución de la lluvia se expresa como un coeficiente de variación: un valor alto indica una mala distribución de las lluvias durante el periodo más seco del año (diciembre-marzo). Insectos/espiga se refiere a *Elaeidobius kamerunicus**

Durante el verano de 92-93 existía una buena reserva teórica de humedad en el suelo como resultado de una estación anterior bastante húmeda, que también provocó que el cauce del río Térraba no bajara mucho en el verano. En noviembre de 1992 cayeron 424 mm de lluvia, y durante la estación seca siguiente, se registraron 344 mm (97 mm en diciembre, 111 mm en enero, 71 mm en febrero, y 65 mm en marzo). (Fig. 2).

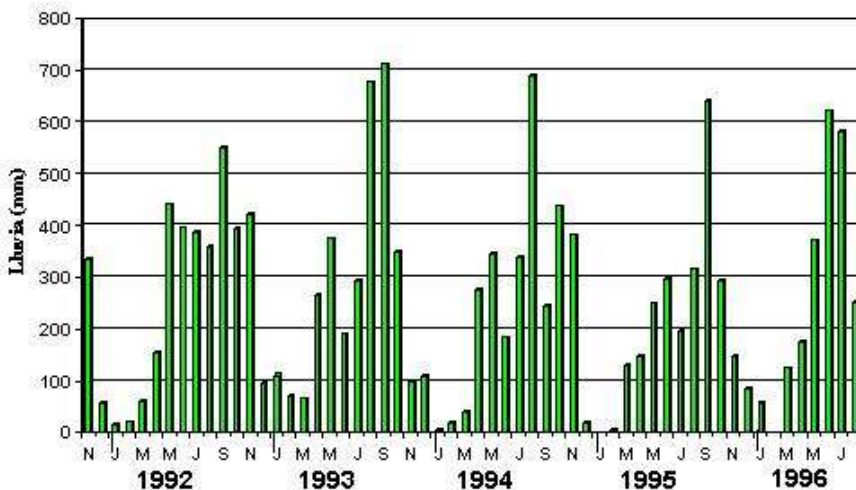


Fig. 2. Distribución mensual de la lluvia en Palmar, Costa Rica.

Las condiciones de buena aeración de estos suelos aluviales y una buena disponibilidad de agua en la estación seca fueron excepcionalmente favorables para la diferenciación de una muy alta proporción de inflorescencia femeninas, lo cual condujo a la aparición de muy pocas inflorescencias masculinas (cero en algunas áreas) unos dos años después (febrero-marzo de 1995).

En noviembre de 1993 se registraron únicamente 100 mm de lluvia. Durante los primeros meses del año siguiente, la cantidad de lluvia no solo fue relativamente baja (176 mm), sino que estuvo muy mal distribuida (110 mm en diciembre, 5.9 mm en enero, 20 mm en febrero y 40 mm en marzo) (Fig. 2). El efecto de esta estación seca se reflejó en el nivel de las aguas del río Térraba que se mantuvo relativamente bajo, reduciendo el suministro lateral de agua. La consecuencia final de este verano más o menos severo fue una mayor diferenciación de primordios florales hacia la masculinidad, lo cual se reflejó en la aparición de una mayor cantidad de inflorescencias masculinas en antesis dos años después (febrero y marzo de 1996).

Otro factor de estrés que parece afectar la razón de sexo (favoreciendo la masculinidad) es el exceso de agua en el suelo, tal y como ha sido observado en el área de desarrollo central de las plantaciones de palma aceitera en esta zona del país (Chinchilla y Richardson 1991). De esta forma, las altas precipitaciones pluviales durante 1993 (particularmente la segunda mitad del año), favorecieron la diferenciación de inflorescencias masculinas. En octubre de ese año, el promedio de horas sol fue de solo 4.4 horas/día. Estas condiciones de altas precipitaciones (Fig. 2), se asocian con un aumento en el número de inflorescencias masculinas dos años después (octubre de 1995).

Con el fin de conocer mejor las relaciones entre la cantidad de lluvia y la diferenciación floral, se contaron inflorescencias en forma semanal entre enero y junio de 1996 (Cuadro 2) y se correlacionó con la lluvia semanal obtenida en diferentes periodos anteriores. No obstante, no se pudieron establecer correlaciones entre estas variables, lo cual sucedió probablemente por la poca cantidad de lluvia caída en algunas semanas que generaba muchos ceros.

Fenómenos similares a los descritos para la plantación de palma aceitera de Palmar, fueron observados por Broeckmans (1957) quien había notado la relación entre la lluvia de la estación seca, y la razón de sexo dos años después. En general se acepta que las condiciones de estrés anteriores generan una mayor proporción de inflorescencias masculinas posteriormente (Hardon y Corley 1976). En Nigeria, se encontraron máximos en la producción de inflorescencias masculinas, 20 meses después de la estación seca (Hardon 1973), mientras que en Malasia, se observaron picos anormales de producción de inflorescencias masculinas, 19-21 meses después de una sequía (Corley 1973).

Cuadro 2. Relación entre la lluvia 2 años antes y la producción de inflorescencias masculinas. Palmar, Costa Rica

Fecha	Lluvia (mm)	Siembra 1989 Infl./ha	Siembra (1990) Infl./ha
Ene 19/96	0.0	11.1	2.9
Ene 26/96	0.0	7.3	3.8
Feb 2/96	0.0	7.3	2.3
Feb 9/96	0.0	11.4	4.1
Feb 16/96	0.0	9.7	2.9
Feb 23/96	0.0	10.5	3.2
Mar 1/96	0.0	12.0	1.5
Mar 8/96	0.0	10.0	1.2
Mar 15/96	0.0	11.1	0.9
Ene 12/96	0.2	18.2	7.0
Mar 29/96	0.5	8.2	1.2
Ene 5/96	0.5	15.2	9.6
May 3/96	1.8	9.4	1.5
Abr 12/96	2.0	11.1	0.6
Abr 19/96	2.4	8.2	1.2
Mar 22/96	3.5	10.5	0.9
May 31/96	6.7	9.1	14.5
Jun 14/96	8.2	9.1	23.8
Jun 21/96	9.6	6.7	15.4
May 10/96	10.0	11.7	7.8
Abr 26/96	14.6	10.0	1.2
Jun 28/96	14.6	8.8	12.5

Infl./ha = número de inflorescencias masculinas en anthesis /ha; la lluvia es la media diaria considerando los 7 días alrededor de la fecha indicada, pero dos años antes.

Población de *Elaeidobius kamerunicus*

Los adultos de *E. kamerunicus* ovipositan en las inflorescencias masculinas de la palma aceitera, que ofrecen abrigo y alimento a las larvas en desarrollo (Syed 1978).

El número de *E. kamerunicus* por espiga masculina se incrementó entre octubre de 1994 y enero de 1995, y no aparecieron individuos entre febrero y junio de este último año. En 1996, solo en marzo no se encontraron insectos (Fig. 3).

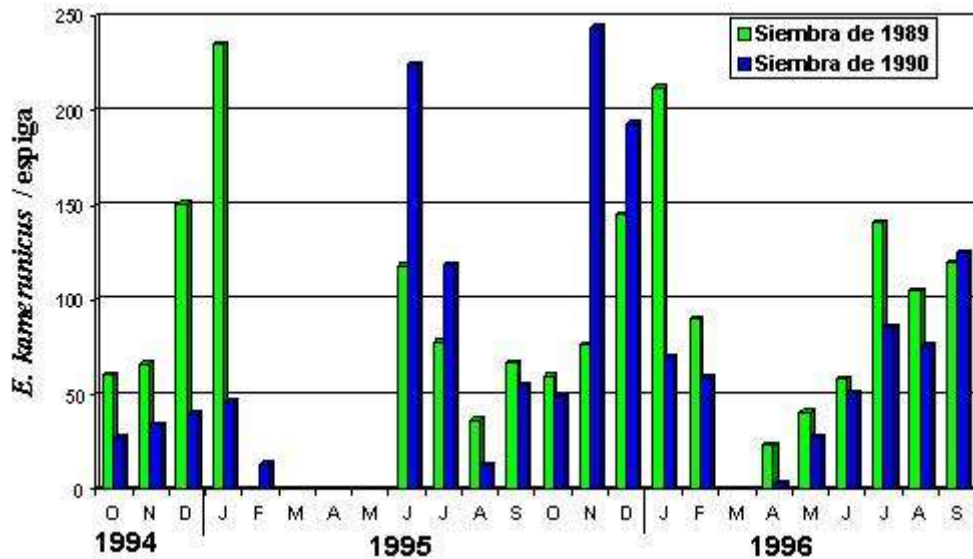


Fig. 3. Fluctuación en el número de *E. kamerunicus* por espiga en inflorescencias masculinas de dos lotes comerciales (Deli x AVROS). Palmar, Costa Rica.

La variación en la cantidad de inflorescencias masculinas documentada anteriormente, es el factor principal que provoca la fluctuación observada en la población del polinizador. No obstante, debe notarse que en algunos meses se encontraron inflorescencia masculinas en antesis, pero sin que aparecieran en ellas ningún individuo de *E. kamerunicus*: por ejemplo, en abril y mayo del 95. Esto implica que la población del insecto cae a niveles tan bajos en el área, que necesita de al menos un mes para volver a ser detectable con los métodos de muestreo utilizados.

El aumento en el número de insectos por espiga entre octubre del 94 y enero del 95, puede ser debido a un efecto de concentración de la población en una cantidad de inflorescencias masculinas cada vez menor en el área de estudio. La concentración de cada vez más insectos en las pocas inflorescencias masculinas disponibles, puede tener un impacto negativo, ya que puede conducir a una mayor tasa de mortalidad, y a un aumento en el riesgo de enfermedades (Syed 1978).

La situación contraria (un probable aumento en la población total por área), asociado a un mayor número de inflorescencias masculinas en antesis por área, y a una reducción en el número de insectos por espiga, ocurre a partir de abril del 95.

Calidad de la polinización y conformación ("fruit set") de los racimos

El porcentaje de frutos normales (proveniente se flores polinizadas 5 meses antes), bajó en agosto y setiembre de 1995 (Fig. 4), lo cual corresponde con una reducción de la población de *E. kamerunicus* 5-6 meses antes, cuando el número de inflorescencias masculinas en antesis por hectárea era muy bajo. El efecto de las bajas poblaciones del polinizador se manifestó, no solamente como una mala conformación del racimo (bajo "fruit set"), sino también como un aumento muy notorio en la falla de racimos.

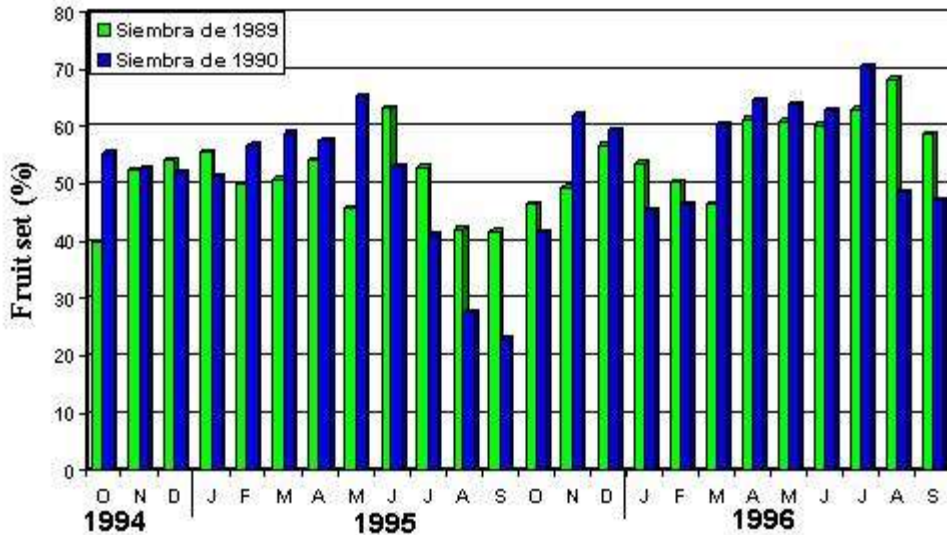


Fig. 4. Fluctuación de frutos normales por racimo (Fruit Set), en dos lotes comerciales de palma aceitera joven (Deli x AVROS). Palmar, Costa Rica

Durante 1996, se presentó un fenómeno similar, en donde tanto la densidad de inflorescencias masculinas, como la población de insectos por espiga se redujo dramáticamente durante la estación seca (Fig. 4), lo cual tuvo como consecuencia una caída en el "fruit set" hasta alrededor del 48% entre setiembre y octubre en uno de los lotes de estudio. En el otro lote, la reducción en el "fruit set" no fue tan notoria, debido en parte a que la densidad de inflorescencias masculinas se mantuvo relativamente alta (alrededor de 10/ha). La presencia de racimos con un porcentaje de "fruit set" razonable 5-6 meses después de que la población de *E. kamerunicus* era muy baja, puede indicar un aporte considerable del polen traído por el viento desde palmas vecinas.

El problema de una polinización deficiente en estas plantaciones ha ido decreciendo conforme aumenta la edad de las mismas, lo cual se debe al efecto combinado de una reducción en la razón de sexo (más inflorescencias masculinas), y a un aumento en la importancia en el viento como factor acarreador de polen.

Literatura

- Broekmans, A. 1957. Growth, flowering and yield of the oil palm in Nigeria. J. of Waifor, 2(7):187-220.
- Chinchilla, C.; Richardson, D. 1991. Pollinating insects and the pollination of oil palm in Central America. ASD Oil Palm Papers, Costa Rica. 1-18.
- Corley, R. 1973. Oil palm physiology. In Advances in oil palm cultivation. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. Oxford University Press. 469 p.
- Hardon, J. 1973. Assisted pollination in oil palm: a review. In Advances in oil palm cultivation. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. Oxford University Press. p 184-195.

- Hardon, J.; Corley, R. 1976. Pollination. In Oil Palm Research. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands. p 300-305.
- Syed, R. 1978. Studies on pollination of oil palm en West Africa and Malaysia. Report of The Comm. Inter. Biological Control, CAB. 38 p.
- Syed, R. 1984. Los insectos polinizadores de la palma africana. Palmas (Colombia), 5:19-64.
- Syed, R. 1985. Report on visit to Costa Rica and Honduras for Compañía Bananera de Costa Rica and Tela Railroad Company of Honduras. Harrisons Fleming Advisory Services Ltd. 9 p.
- Turner. P. 1981. Oil Palm Diseases and Disorders. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. Oxford University Press. 280 p.