

Germoplasma de ASD de origen Nigeria

Dewayne L. Richardson¹ and Amancio Alvarado²

Resumen

La investigación en palma aceitera en Nigeria se inició en el periodo entre 1930 y 1950, tiempo durante el cual este país tuvo un papel preponderante en el mercado mundial del aceite de palma; y se consolidó con el desarrollo de varias estaciones experimentales. Se presenta un recuento del origen y comportamiento inicial de las distintas fuentes de germoplasma que alimentaron el desarrollo de este programa. Se destaca la superioridad de algunas palmas excepcionales, cuyas descendencias se evaluaron también en Ghana, y sirvieron como fuente para el desarrollo de variedades comerciales en Costa Rica. Partiendo de las accesiones recibidas por ASD de Costa Rica, se resume el origen ancestral de las poblaciones introducidas, haciendo énfasis en la calidad superior de algunas palmas particulares y en el comportamiento de sus descendencias. El programa de ASD recibió el primer germoplasma de origen Nigeria en 1977, y desde entonces ha producido dos variedades comerciales, pero aún existen expectativas para aprovechar otras características sobresalientes en estos materiales.

Antecedentes

Los primeros intentos para desarrollar un programa de investigación en palma aceitera en Nigeria datan de 1930, debido a la importancia que este país tuvo en el suministro mundial de aceite de palma en la época de la primera guerra mundial. Sin embargo, debido a la segunda guerra mundial, el "West African Institute for Oil Palm Research" (WAIFOR) comenzó sus funciones hasta 1952. La estación principal (1735 ha) estaba localizada a 32 km de Benin, y una subestación fue ubicada en Abak (182 ha), en la provincia de Calabar. Algunas estaciones del Departamento de Agricultura utilizadas para este programa fueron las de Moor (localizada en Ibadan), Ogba (Benin), Nkwele (Onitsha), Umudike (Umahia) y Obio-Akpa (Abak). Posteriormente, el WAIFOR se convirtió en el "Nigerian Institute for Oil Palm Research" (NIFOR).

Origen del germoplasma Calabar

Durante los años de 1911 a 1915, E. Smith, del Departamento de Agricultura de Nigeria, sembró aproximadamente 800 palmas, que provenían de semillas de polinización abierta recolectadas en poblaciones silvestres en la provincia de Calabar, en el suroeste de Nigeria. El rendimiento y la composición del racimo de estas plantas fue registrado entre 1922 y 1928, lo cual permitió seleccionar nueve palmas *duras* y 10 *téneras*. Doce de las palmas fueron autofecundadas para formar la generación Calabar F₁, la cual fue sembrada en cuatro de las estaciones del Departamento de Agricultura (Ogba, Umudike, Ibadan y Nkwelle) entre 1930 y 1935.

¹ Mejorador de palma aceitera, ASD de Costa Rica, 2. A.alvarado@asd-cr.com

Posteriormente, estas estaciones suministraron semilla ("extension work seed", EWS) para plantaciones y para experimentación.

Otras autofecundaciones de las palmas originales de la población Calabar fueron sembradas en la estación de Benin en 1942. La palma 551.256D (Ca 256) es la más conocida de dicha generación original debido a su excelente producción de fruta. La característica "virescens" en el color de la fruta, proviene de las palmas 551.341 y 551.375.

La estación de Ogba, produjo cruces DxD, TxT y DxP para ser sembrados en la estación principal de Benin entre 1945 y 1947. Estos cruces constituyeron la generación Calabar F2. A partir de aquí, las poblaciones *dura* y *ténera* se mantuvieron separadas, no así los distintos orígenes.

De las poblaciones Calabar F1 sembradas en Nkwelle y Umudike, fueron seleccionadas 14 y 16 palmas respectivamente, usando los criterios de rendimiento de fruta y composición del racimo. Las palmas seleccionadas como madres fueron fecundadas con una mezcla de polen proveniente de las otras palmas seleccionadas; las progenies así obtenidas fueron sembradas en una área denominada "área de concentración de materiales Calabar" en Benin, en 1958.

En resumen, hasta 1958, la estación principal había plantado el siguiente germoplasma Calabar:

1942: progenies F1 de la parcela Calabar original

1945-47: progenies F2 de la estación de Ogba

1940's: semillas Calabar DxP del programa de extensión de las subestaciones

1958: progenies F2 provenientes de la mezcla de polen de las selecciones Calabar realizadas en Umudike y Nkwelle.

Origen del germoplasma Aba

En la década de 1920, se plantó un experimento en 11 ha cerca de Aba para mejorar las poblaciones locales. El rendimiento de fruta y la composición del racimo de cerca de 200 palmas fue registrado durante 12 años. A finales de la década de 1930 fueron seleccionadas cinco palmas *dura* Aba y seis *téneras*. Luego estas palmas fueron autofecundadas e intercruzadas y sus progenies plantadas en Benin durante los años de 1939 a 1942. Debido a las malas técnicas de polinización, la mayoría de las progenies procedían de entrecruzamientos, tras lo cual, la atención se centró en los descendencias TxT de cuatro de las *téneras*.

Análisis de racimos realizados posteriormente, permitieron ampliar la selección de palmas en esta población Aba. Sin embargo, solo 42 *duras* y tres *téneras* fueron seleccionadas; con ellas se inició un programa de cruces en 1952. El polen utilizado para las polinizaciones fue una mezcla de las palmas seleccionadas, siempre manteniendo la población *dura* separada de las *téneras*. Más de cuarenta y nueve progenies Aba fueron sembradas en Benin en 1956.

Origen del germoplasma Ufuma

En 1939 se inició la evaluación del rendimiento en un lote de palmas silvestres (en su mayoría *téneras*) de 48 ha cerca de Ufuma. Veinticinco *duras* y 35 *téneras* fueron seleccionadas para su uso posterior en los programas de mejoramiento. A diferencia de lo ocurrido con las poblaciones Calabar y Aba, en este caso hubo una mayor presión de selección sobre las características del racimo, debido a la presencia de racimos de mayor calidad. Hartley (1977), presentó los datos de producción y características del racimo de 25 *téneras* Ufuma las cuales mostraron en promedio valores de fruto en el racimo (F/B) de 56.4%, cáscara en el fruto (S/F) de 14.5% y de almendra en el fruto (K/F) de 11.7%.

Una nueva generación fue desarrollada a partir de la mezcla de polen proveniente de las mejores palmas. Así, la F2 consistió de 72 cruces originados de 19 *duras*; además de 81 progenies provenientes de 25 *téneras*. Todos los cruces fueron sembrados en diferentes ensayos en la estación principal, en 1956. Okwuagwu (1986) y Sparnaaij (1958) se refirieron a las progenies Aba y Ufuma sembradas en esta estación como las "40 ha del área de concentración". En apariencia esta es la misma área de prueba de progenies mencionada por West (1976).

Origen del germoplasma Angola en el NIFOR

A pesar de que el germoplasma Angola no tuvo su origen en Nigeria, el programa del WAIFOR/NIFOR introdujo, evaluó y distribuyó una pequeña población de este origen. Dicho material procede de seis palmas Angola sembradas en Njala, Sierra Leona, en 1926. La autofecundación de la palma 907.263T (ANG 263) fue sembrada en Benin en 1941; otras progenies derivadas de las seis palmas se sembraron en el periodo entre 1960 y 1963.

Algunas de estas selecciones Angola, que con frecuencia aparecen en el pedigrí de las generaciones avanzadas de este origen son 1.2209D, 1.2215P, 1.2224T, 1.2227D y 1.2229T.

Origen del germoplasma Deli NIFOR

En 1926, dos lotes de semillas de origen Deli fueron recibidos en Nigeria, procedentes de la plantación SOCFIN Tandjong-Gentung y de la palma 8 AVROS Deli; esta última tuvo en promedio un rendimiento de 270 kg FFB/año. El lote Deli fue sembrado en la plantación Moor en Ibadan, en Ogba y en Umudike, entre 1926 y 1929. El registro del rendimiento se inició en 1933 y las cinco palmas superiores fueron seleccionadas y autofecundadas; las progenies obtenidas se plantaron en Ibadan en 1939.

En 1939 fue recibido en Nigeria otro lote de Deli *duras*, esta vez de la Estación Experimental de Serdang. Diez cruces de las Deli de "Serdang Avenue" fueron sembradas en Benin en 1941 junto con la segunda generación de Ibadan y cuatro progenies africanas como testigo. Las progenies Serdang 19 x 65 mostraron buen rendimiento, a diferencia del resto de las progenies, cuya producción fue desuniforme.

En 1961 se obtuvo nuevo germoplasma Deli proveniente del IRHO, Pamol-Nigeria (Cowan), United Plantations y Jamaica. Este último es probablemente de origen Sumatra y Java, obtenido a partir del Jardín Botánico de Lancetilla (Honduras).

Limitaciones de las palmas seleccionadas

El programa de mejoramiento de Nigeria fue iniciado con germoplasma de composición pobre del racimo, característico de las poblaciones Aba y Calabar que abarcaron la mayor proporción del material utilizado. El cuadro 1 compara los valores genotípicos de las características del racimo, de estos dos orígenes junto con las palmas Deli, observados en los cruces DxT. Los orígenes africanos son especialmente pobres en la relación de fruta en el racimo, aunque hay una alta variabilidad entre las palmas de un mismo origen.

Además de iniciar con palmas de composición pobre del racimo, sus primeras descendencias también mostraron un mal desempeño. A pesar del conocimiento de las técnicas de análisis de racimos, publicado en 1963, el laboratorio trabajó en proyectos distintos del programa de mejoramiento genético por lo que no fue sino hasta 1972 cuando se inició la evaluación de palmas de una manera más confiable y acelerada. Por esta razón, es probable que mucho del germoplasma del NIFOR no haya sido bien seleccionado por la variable aceite en el mesocarpo; más bien, mucho énfasis fue puesto en la selección de cáscara en el fruto, dado que se dio igual importancia a la almendra y al mesocarpo. De este modo se mantuvieron separados grupos de progenies definidos como "*duras* de alta almendra" y "*duras* de alto mesocarpo".

El énfasis en la selección fue el rendimiento, y únicamente se consideró la selección de plantas de tronco corto para un programa particular ("short stem program"). La descendencia de la palma 32.3005T tenía una alta área foliar, pero esta variable no fue tomada rutinariamente. Debido a que el trabajo sobre crecimiento y evaluación de parámetros fisiológicos de Hardon y Corley se publicó hasta después de 1970, dichas variables no fueron totalmente consideradas en este programa.

Descripción de algunas palmas particulares

Calabar. En los inicios del programa de mejoramiento del WAIFOR, la población *ténera* de origen Calabar fue el germoplasma más importante; posteriormente pasó a un segundo plano al tiempo que los materiales Aba ganaban importancia. Algunas de las palmas Calabar más importantes se anotan en el cuadro 2.

Una de las palmas más conocidas fue 521.226, llamada también Ca256; seleccionada durante la década de 1920, dentro de una población de 449 plantas. Se caracterizó por poseer alta razón de sexo y gran número de racimos. Su autofecundación fue utilizada como cruce testigo al inicio del programa, debido a que no fue afectada por la depresión endogámica, y el rendimiento superó en 10% al de las progenies del programa de extensión, y en 25% al promedio de siete progenies ilegítimas sembradas en la estación principal. Esta palma mostró además tolerancia a la sequía, pues mantuvo un rendimiento superior en esas condiciones:

Lugar	Ibadan	Umuahia
Lluvia anual	1176 mm	2058 mm
Progenie	FFB libras/palma/año	
551.222 self	48	106
551.256 self	108	106
551.703 self	70	124

Esta palma contribuyó al germoplasma de ASD en Coto (Costa Rica) en la genealogía de las accesiones GHA605, GHA610, GHA611 y GHA647 a través de la palma 1.3056T. Esta planta está en la lista de West (1976), caracterizada por su mejor habilidad combinatoria general en el NIFOR:

NIFOR: palmas con la <i>mejor</i> habilidad combinatoria (West, 1976)			
Deli	Aba	Calabar	Angola
	1.53D	3.361D	
5.1295D5	4.1811T	32.364T	
5.368D	4.3488T	32.3005T	1.1229T
5.1225D	4.17T	32.2612T	1.2209D
5.2153D	14.525T	3.417D	
		1.3056T	

La figura 1 resume las relaciones ancestrales de los materiales desarrollados en Nigeria con respecto a las líneas introducidas al programa de mejoramiento de ASD. El Cuadro 3 muestra los datos de algunas palmas usadas como progenitores en el programa principal. La palma 1.3056T posee un porcentaje bajo de frutos en el racimo, pero alto de mesocarpo en el fruto.

Otra palma sobresaliente de origen Calabar fue 32.364T, seleccionada dentro del programa de extensión. Esta palma produjo racimos grandes, con buena proporción de mesocarpo en el fruto; el rendimiento y las características del racimo de su autofecundación también fueron sobresalientes, al tiempo que mostró tolerancia a marchitez por *Fusarium*. Esta planta fue denominada la "palma realmente buena" dentro de la población Calabar, está asimismo incluida en la lista de palmas con buena habilidad combinatoria. El cruce de origen Aba x Calabar, 6.594D x 32.364T, produjo un excelente rendimiento.

La palma 32.2612T también fue seleccionada en el programa de extensión, debido a su alto número de racimos, buen rendimiento y alto porcentaje de mesocarpo en el fruto, además fue incluida dentro de la lista de palmas con buena habilidad combinatoria general. El cruce entre 32.2612T y 32.364T produjo la palma NIF 46.387T, considerada élite dentro de la segunda fase del programa de mejoramiento. La estación de Coto recibió polen de esta palma, el cual fue usado sobre madres de origen Ekona y Nigeria.

Cuadro 1. Valores genotípicos de orígenes paternos para los caracteres del racimo (cruces DxT)

		F/B	M/F	S/F	K/F	M/B
Deli	5.12D	73.8	75.0	15.7	9.3	55.7
	5.1225	76.3	76.5	17.2	6.4	58.6
	5.368D	72.6	75.7	17.7	6.6	55.0
	D10D	75.1	81.7	12.6	5.7	61.3
	D22D	66.1	87.4	6.9	5.6	57.7
	P522D	65.9	84.9	8.3	6.8	56.4
	39.419D	67.6	80.6	10.6	8.7	54.6
	G118D	66.6	73.5	15.3	11.1	49.3
	G140D	71.8	77.3	14.2	8.6	55.6
	G143D	72.4	73.1	17.7	9.1	53.2
	Mean	70.8	78.6	13.6	7.8	55.6
	1.53D	64.7	75.4	14.9	9.7	48.9
ABA	2.3570D	57.6	78.7	11.6	9.6	51.2
	39.235D	57.5	74.7	15.5	9.8	42.7
	4.17T	62.2	75.9	15.5	8.6	47.1
	4.1624T	57.8	79.0	11.8	9.1	45.7
	4.1811T	58.6	83.9	9.9	6.1	49.2
	4.1935T	61.7	81.4	11.3	7.3	50.2
	4.3488T	61.3	77.0	14.1	8.9	47.2
	14.525T	68.8	79.2	12.0	8.8	54.3
	Mean	61.1	78.4	13.0	8.6	47.9
	3.3164T	70.0	73.5	14.0	12.4	51.6
CALABAR	3.361D	63.6	74.7	15.9	9.3	47.7
	1.3352T	67.3	76.0	14.4	9.6	51.6
	32.3005T	67.2	77.9	12.7	9.4	52.3
	1.3056T	60.7	83.1	8.6	8.4	50.5
	1.3379T	66.7	83.1	8.5	8.3	55.5
	3.1035T	62.3	77.6	13.3	9.0	48.3
	32.364T	67.1	85.0	9.7	5.3	56.9
	32.2612T	62.0	82.0	12.4	5.6	50.9
	3.1504T	60.4	78.1	12.3	9.7	47.1
	Mean	64.7	79.1	12.2	8.7	51.2

F/B = % frutos en racimo, M/F = % mesocarpio en fruto, S/F = % cuesco en fruto), K/F = % almendra en fruto, M/B = % mesocarpio en fruto

La palma 551.340T es una planta Calabar menos distinguida. Su autofecundación dio origen a la palma 103.3T, considerada buena; esta fue combinada con un descendiente de Ca256 y produjo 1.3056T, importante dentro del germoplasma de Coto. Ca340 originó la palma 1.3379T tras dos sucesivas autofecundaciones, siendo luego involucrada en la ascendencia de GHA607 y GHA608, por lo que 551.340T está bien representada en el germoplasma introducido a Coto.

La palma 551.703D es también una de las Calabar originales; tras dos autofecundaciones produjo la palma 3.3164T, frecuentemente encontrada en el programa de Nigeria. El cuadro 1 muestra su alto valor de fruto en el racimo, pero pobre proporción de mesocarpo en el fruto, debido esto último a su alto contenido de almendra. En el programa de Coto, dicha palma aparece en el origen de tres accesiones.

La palma 32.3005T también procede del programa de extensión, su autofecundación fue tolerante a la marchitez por *Fusarium*. A pesar de ser de amplio uso en los programas de cruces de Nigeria, esta palma no fue considerada excepcional, aunque fue incluida por West en el grupo de palmas con buena habilidad combinatoria.

El uso de 32.3005T con Deli *duras* de la población Chemara resultó en una excelente población en el programa de mejoramiento de Sabah. Resultados similares se han observado en el programa de Coto. La palma 32.3005T aparece en la ascendencia GHA605, 607, 608, 610, 611, 647 y 648 en Coto, dominando así el germoplasma de origen Calabar en dicho programa. En Nigeria esta palma mostró una elevada área foliar, y sus descendientes en Coto poseen alto índice de área foliar debido al reducido peso seco de la hoja y a la presencia de folíolos anchos que elevan el valor del área foliar.

En general, dentro del germoplasma de Coto, el origen Calabar es el más importante. En la lista de palmas con mejor habilidad combinatoria de West, todas las palmas, excepto 3.361D y 3.417D, están representadas en Coto. Al contrario, de las palmas de origen Aba incluidas en esta lista, ninguna está en las descendencias en el programa de Coto.

Aba. Las palmas de origen Aba de mayor importancia están indicadas en el cuadro 4 ; pero estas palmas no estaban bien representado en el material Nigeria introducido a Coto. La palma 39.235D forma parte del pedigrí de GHA608 y 609; fue seleccionada de un cruce entre la palmas Aba originales 631.621 x 631.37, y se caracteriza por su alto rendimiento, tres veces superior al promedio de la parcela, pero pobre composición del racimo, especialmente en el contenido de mesocarpo en el racimo (Cuadro 1).

La palma 14.758T forma parte del origen de la progenies GHA606, 607 y 609, proviene de un cruce Aba DxP, 1.81D x 1.2742A P. El germoplasma sembrado en Coto con el mayor porcentaje de origen Aba corresponde a las accesiones GHA609 (50% Aba, 25% Calabar, 25% Ufuma) y GHA606 (50% Aba, 50% Calabar). Otros materiales Aba de mejores características, pero no sembrados en Coto, se describen seguidamente.

La palma 1.53D, proveniente de un cruce entre las palmas Aba 631.931T y 631.864T, fue de amplio uso en el programa, y aparece en el grupo con buena habilidad combinatoria. Es el padre

de las palmas 4.1811T y 4.3488T, también incluidas en esa lista. Sin embargo, las pisíferas derivadas de 4.1811T resultaron altamente susceptibles a la marchitez por *Fusarium*.

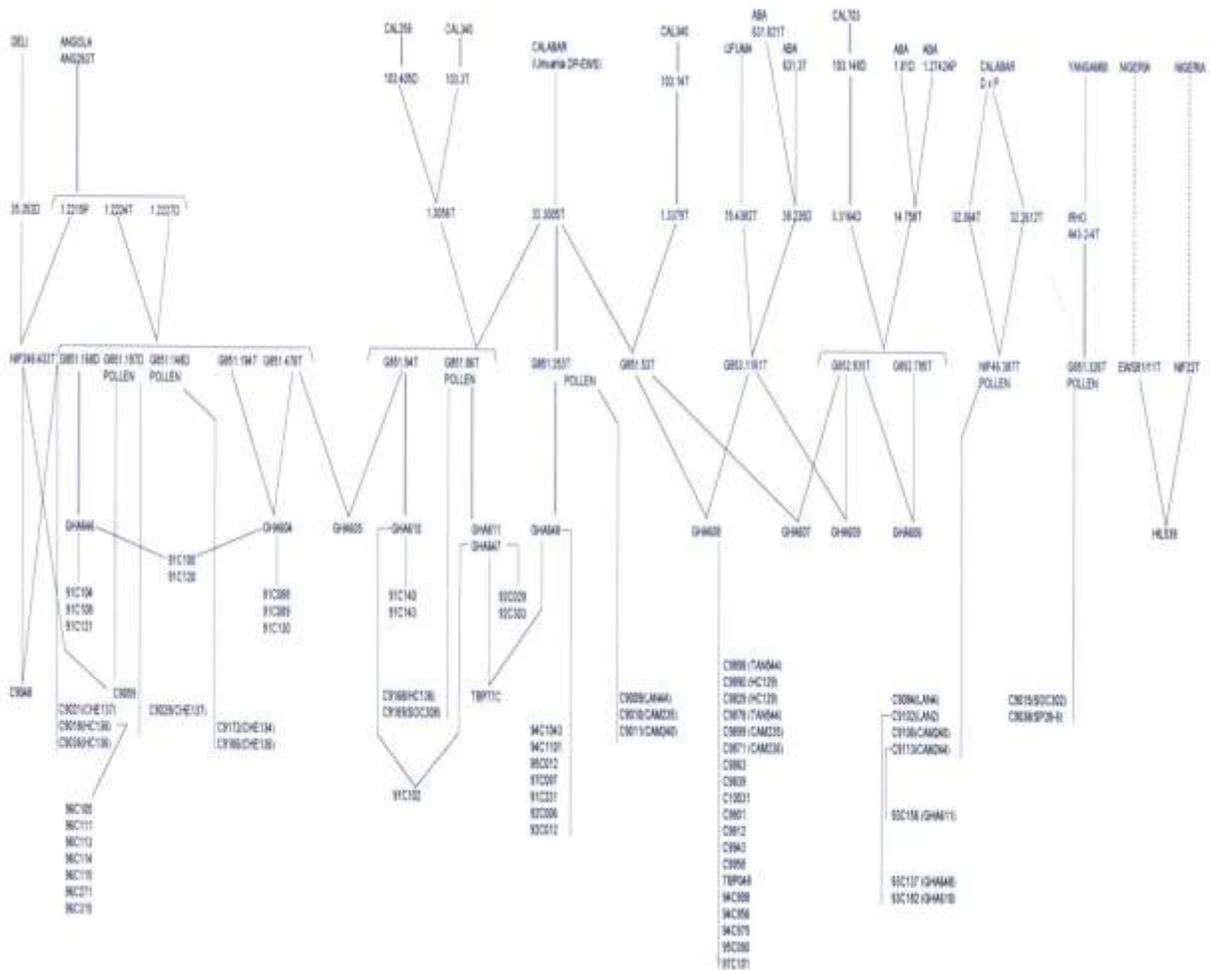


Fig. 1. Relaciones ancestrales del material genético en Coto obtenido de Nigeria

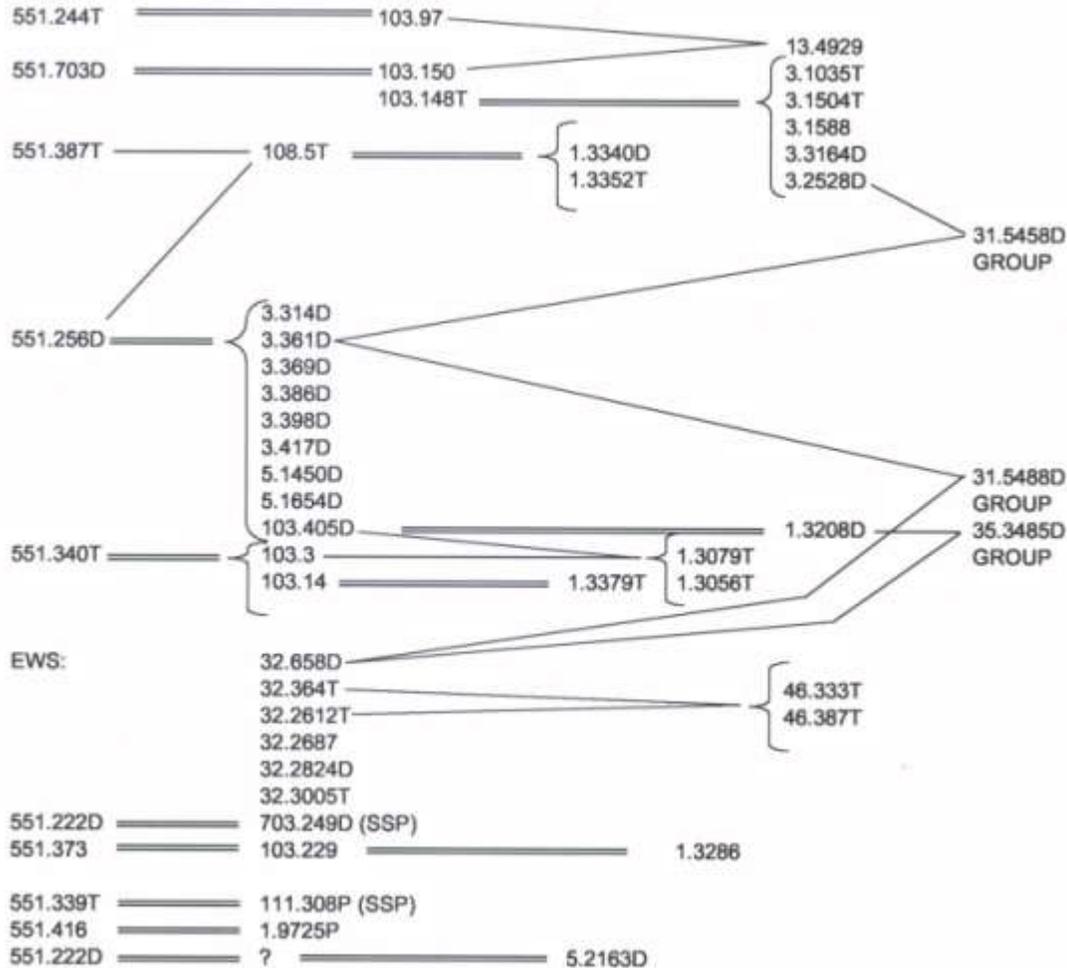
La palma 14.525T mostró un sobresaliente rendimiento y composición del racimo (Cuadro 1) con altos valores de frutos en el racimo, además de buena habilidad combinatoria. Fue seleccionada para la segunda fase del programa de mejoramiento.

Ufuma. La colección de Coto tiene progenies representadas por la palma Ufuma 15.4382T de amplia difusión dentro del programa de Nigeria. Fue usada como padre en el programa de mejoramiento desde 1963, luego de reconocer su buena composición del fruto y elevados rendimientos de fruta durante los primeros tres años de producción. Fue la tercera palma de mayor rendimiento en 1956 en un área experimental de 40.5 ha.

Okwuagwu (1986) ha resaltado las virtudes de estas palmas Ufuma, en especial de las descendencias TxT, adonde se identificaron muchas *téneras* excepcionales por su alta

producción y buena composición del racimo. En Coto, la palma 15.4382T es ascendente directo de GHA608, una línea promisoría en el programa.

Cuadro 2. Poblaciones puras de Calabar para mejoramiento en NIFOR



Angola. La colección de germoplasma de Coto tiene un número considerable de progenies Angola, pero todas descienden de una sola palma. Las palmas 1.2209D y 1.2229T fueron incluidas en la lista de West por su buena habilidad combinatoria. Dos hermanas de estas, 1.2224T y 1.2227D, no incluidas en dicha lista dieron origen a la población de Coto. La composición del racimo de estas cuatro palmas se muestra seguidamente:

Palm	F/B	M/F	S/F	K/F	O/M	O/B
1.2209D	67.7	56.4	29.5	11.4	-	-
1.2227D	66.8	51.4	32.0	13.9	51.8	17.8
1.2224T	65.1	75.6	11.1	9.6	55.1	27.1
1.2229T	70.1	75.6	10.0	11.4	50.3	26.7

El material Angola fue descrito y caracterizado por su hábito de crecimiento erecto, lo cual también se observó en Coto, en especial en la progenie C9166, derivada de un cruce Deli x Angola (CHE137:253D x G851.148D), que además tenía ráquises muy largos. El origen Angola puede ser útil para aumentar la diversidad genética de las palmas madres usadas en los programas de mejoramiento. Sin embargo, este material se caracteriza por su rápida elongación del tronco y composición del racimo inferior a las líneas Deli.

Deli. Hacia 1954 la población Deli en Nigeria se caracterizaba por el alto peso promedio de los racimos y de los frutos individuales, alto porcentaje de frutos en el racimo, reducido peso del raquis y bajo porcentaje de aceite en el mesocarpo. Los racimos tenían una estructura abierta, lo que podría interpretarse como un mejor desarrollo del mesocarpo en los frutos internos.

Un número importante de palmas Deli *dura* también fueron consideradas dentro del programa del NIFOR; el origen de estas *duras* fue diverso pues llegaron a través de los programas del IRHO, o fueron palmas obtenidas directamente de Serdang Avenue o bien vía Sumatra, así como de otros orígenes. Algunas de ellas fueron seleccionadas por su alto contenido de mesocarpo en el racimo.

En 1941, 10 progenies Deli de origen malayo y una Deli Ibadan fueron comparadas con cuatro testigos africanos:

Grupo	1946-58 (kg/palma/año)
Media de todas las Deli	45.4
Serdang 19 x 65 Progenies Deli	65.2
Progenie Ibadan Deli	46.0
Media de 4 progenies africanas	56.8

Las Deli Serdang 19 x 65 mostraron un comportamiento superior. Las palmas 5.368D, 5.642D, 5.1295D, 5.1225D y 5.2153D, fueron señaladas como las mejores y, con excepción de 5.642D, están incluidas en la lista de buena habilidad combinatoria. La palma 5.368D fue una de las de mayor rendimiento, junto con 5.1225D que mostró elevada producción y buena composición del racimo.

Los lineamientos del programa relegaron a la población Deli para producción de semillas, por lo que no fueron incluidas en el programa de mejoramiento principal sino tratadas en forma separada. Lo contrario ocurrió con las *duras* de Nigeria, que sí se tomaron en cuenta en el programa principal. La segunda fase del programa Deli incluyó las siguientes palmas o progenies:

5.1225D (Serdang 19 x 65)

G144D (UP, Malaysia)

5.12 x P522D (Serdang x Pobe)

5.368 x L404D (Serdang x La Me)

Cuadro 3. Características de las palmas progenitoras del programa de mejoramiento principal del WAYFOR (1959)

Palma	Origen	FFB	F/B	M/F	S/F	K/F	O/M	O/B
<i>Teneras</i>								
32.364T	Calabar	120.0	60.3	82.8	9.0	5.1	51.0	25.5
2.3495T	Aba	86.4	60.2	79.5	9.2	6.3	47.8	22.9
1.2229T	Angola	58.2	70.1	75.6	10.0	11.4	50.3	26.7
108.5T	Calabar	76.8	70.5	78.4	10.3	7.6		
1.3056T	Calabar	--	58.7	84.6	8.1	6.8		
1.3352T	Calabar	--	69.0	81.7	10.7	6.0		
1.3208T	Calabar	63.6	56.9	88.8	5.2	4.7		
32.2612T	Calabar	119.5	60.3	80.6	11.6	5.3	51.3	24.9
32.3005T	Calabar	118.6	70.8	78.7	11.7	7.9		
1.3379T	Calabar	78.2	65.0	79.5	11.0	6.8		
<i>Duras</i>								
1.3307D	Aba	--	66.2	53.6	31.2	12.7		
1.3340D	Calabar	--	70.8	59.7	29.6	8.4	37.5	15.8
2.1834D	Aba	63.6	66.7	53.1	31.5	13.3		
3.361D	Calabar	90.9	67.0	58.4	28.4	11.2	47.0	18.4
32.658D	Calabar	99.5	69.4	61.8	28.1	8.8		
32.2824D	Calabar	87.7	70.4	58.2	26.3	13.2	44.3	18.2

FFB = Racimos de fruta/palma/año, F/B = frutos en el racimo (%), M/F = mesocarpio en fruto (%), S/F = cascara en fruto (%), K/F = almendra en fruto (%), M/B = Mesocarpio en racimo (%), O/M = aceite en mesocarpio (%), O/B = aceite en racimo (%)

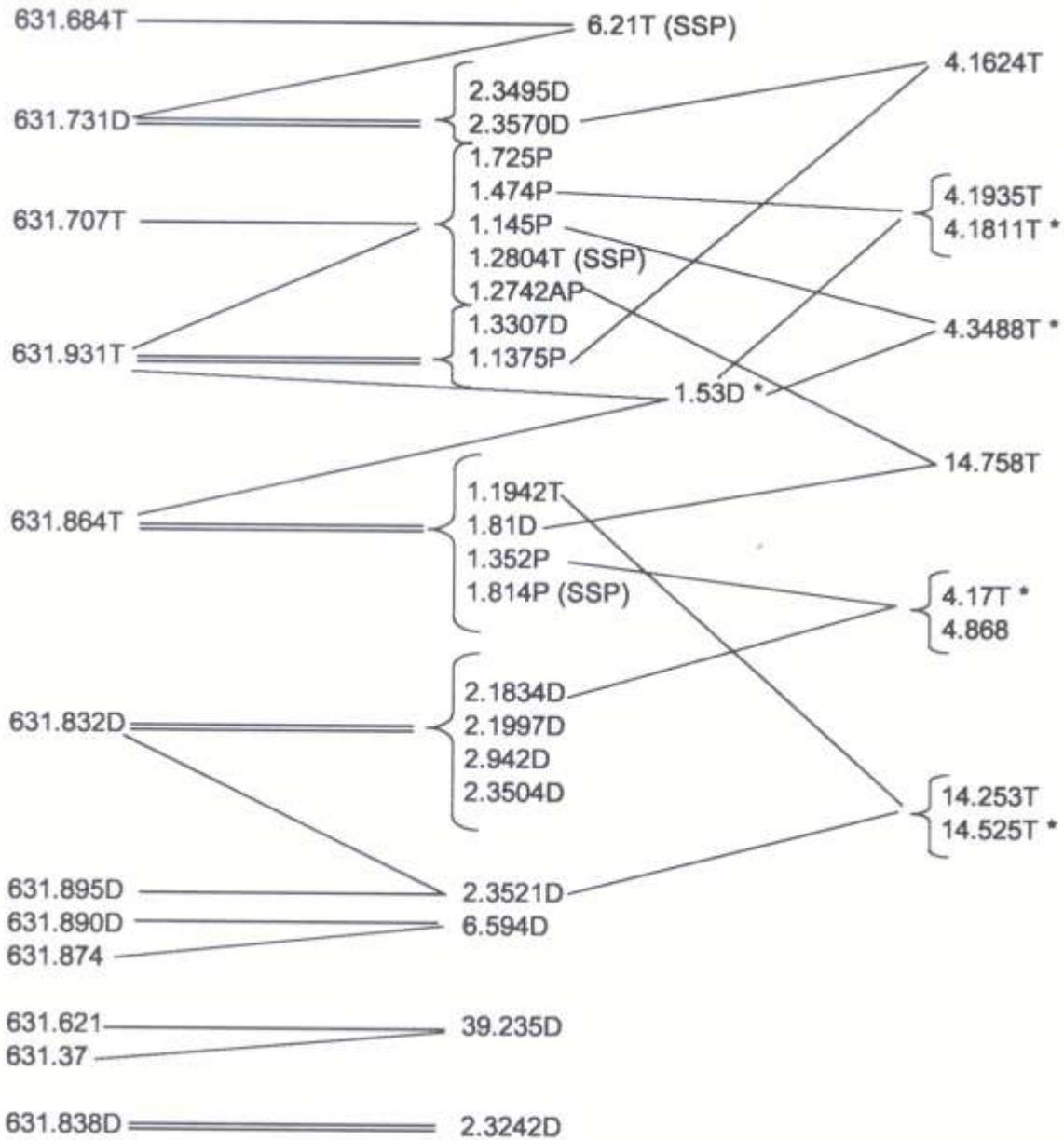
Otros

orígenes

El cuadro 5 y el cuadro 6 contienen la lista del germoplasma Nigeria que provino de cruces "inter-orígenes"; la mayoría de las palmas indicadas fueron seleccionadas para la fase dos del programa de mejoramiento, pero ninguna de ellas está representada en el germoplasma introducido a Coto.

La colección de Coto contiene otro germoplasma Nigeria cuyo origen es incierto. En 1976 se introdujeron siete lotes de semillas de Highlands Estate, cuatro de los cuales fueron cruces Nigeria x Nigeria. Solo uno de los lotes germinó, denominado HIL539, proveniente del cruce EWS81/11 x NIF22

Cuadro 4. Poblaciones puras de Aba para mejoramiento en NIFOR.



ABA' CONCENTRATION AREA



SSP-Short Stem Program

* Palms with best general combining ability

En el periodo de 1949 a 1950, Warren Breck realizó colecciones de semilla en Africa del Oeste, las cuales se plantaron en Lancetilla en 1951. Algunas de estas palmas fueron cruzadas entre sí, y las semillas se sembraron en Coto en 1968 y 1969. Los materiales Nigeria fueron:

Accesión	Destino
LAN 1A-1B	Nigeria H
LAN 2	Abda
LAN 3	West Africa
LAN 4 A-4B	West Africa
LAN 5	West Africa
LAN 6	West Africa

Estas progenies fueron pobremente evaluadas y poco usadas.

Programa de mejoramiento principal

El germoplasma de palma aceitera seleccionado en Nigeria, fue utilizado en el denominado programa de mejoramiento principal. Inicialmente consistió de las introducciones Calabar, Aba y Ufuma, además de una palma Angola. Alrededor de 1959 las primeras 16 palmas seleccionadas fueron ubicadas en este programa, al cual se le iban agregando palmas conforme se eliminaban algunas anteriores; a partir de 1975 se inició la segunda fase del programa. La figura 2 muestra las palmas Nigeria seleccionadas en las diferentes etapas de los programas de Nigeria y Ghana, e indica la relación de este material con el recibido en el programa de Coto.

Comportamiento del germoplasma

Experimentos in Nigeria. El cuadro 3 muestra el rendimiento promedio y las características del racimo del grupo inicial de palmas seleccionadas para el programa principal. La producción muestra valores sin mucha importancia y la calidad del racimo de estas palmas fue pobre. Un gran porcentaje de las palmas mostraron bajos valores de frutos en el racimo, y según el contenido de cáscara se observa que las condiciones del fruto son pobres. Las palmas no fueron completamente evaluadas por la extracción de aceite en el mesocarpio, pero los datos disponibles sugieren alta variabilidad en esta característica. Las deficiencias en la evaluación de los contenidos de aceite durante el inicio del programa permitió la selección de palmas como 1.3340D, con tan solo 37.5 % de O/M.

En 1969, el NIFOR publicó los rendimientos acumulados de los ensayos de progenies. Para determinar el potencial de producción de los progenitores, se consideró la producción máxima y mínima de cada experimento. Se indican seguidamente aquellos progenitores que con frecuencia aparecían en una u otra categoría.

Palma	Probada con:				
	Cal	Aba	Deli	Ang.	Desconocido

Progenitores de alto rendimiento

5.368 Deli	4x	3x			
5.642 Deli	1x				1x
32.364 Cal	5x	1x	1x		
32.3005 Cal	4x	3x	2x		2x
32.2612 Cal	3x	1x	3x		1x
1.53 Aba	3x			1x	1x
4.17 Aba		2x	1x		
4.1811 Aba		1x	1x		
4.3488 Aba		2x	2x		2x
14.525 Aba	1x	2x	1x	1x	
3.361 Cal	1x	2x		1x	

Progenitores de bajo rendimiento

201.51 Deli					1x
1.3352 Cal	3x	1x	2x		1x
2.3495 Aba	2x				2x
4.1624 Aba	1x				1x
1.3208 Cal	1x	1x		1x	
4.493 Aba x Cal		1x	2x		1x
4.2411 Aba x Cal				1x	2x

El cuadro 7 compara el comportamiento de pares de palmas Nigeria en cruces con un padre en común en pruebas de progenie. Los resultados de rendimiento no son consistentes entre los pares de cruces, por lo que una clasificación con base en esta característica no está definido con claridad.

En términos del número de racimos (alto = ANR, bajo = BNR) y del peso promedio (alto = APR, bajo = BPR), el patrón es más claro y la clasificación con base en estas variables es como sigue:

ANR/BPR: 32.2612, 1.3379, 14.758, 1.3056, 32.364

BNR/APR: 32.3005

Dicha clasificación es válida en términos relativos dentro del grupo de seis palmas en consideración.

El cuadro 8 muestra los valores genotípicos para las características del racimo de las palmas Nigeria involucradas en la ascendencia de las llevadas a Costa Rica. La palma 32.3005T es la más pobre del grupo por su bajo mesocarpo y alta cáscara en el fruto. 32.364T y 32.2612T tienen altos valores de cáscara y almendra. La palma 15.4382T es buena en mesocarpo y con baja cáscara, pero su F/B es bajo. La palma 39.235D tiene por su parte mala composición del racimo.

Experimentos en Ghana. Debido a que Ghana fue parte de África Occidental del Oeste, Nigeria tenía la responsabilidad de asistir a esta nación en el desarrollo de la palma aceitera. De tal forma, varios cruces fueron realizados en Nigeria para sembrar pruebas de progenies en la estación de Kade, en Ghana. Las primeras progenies fueron sembradas en 1961 y hacia 1964 la transferencia de germoplasma se había completado.

El cuadro 9 presenta las características fenotípicas de las palmas evaluadas en esta estación, las cuales fueron usadas como progenitores de los cruces destinados para Coto en Costa Rica. En general, estas palmas mostraron excelente composición del racimo, en especial por sus bajos valores de cáscara en el fruto y alto aceite en el mesocarpo.

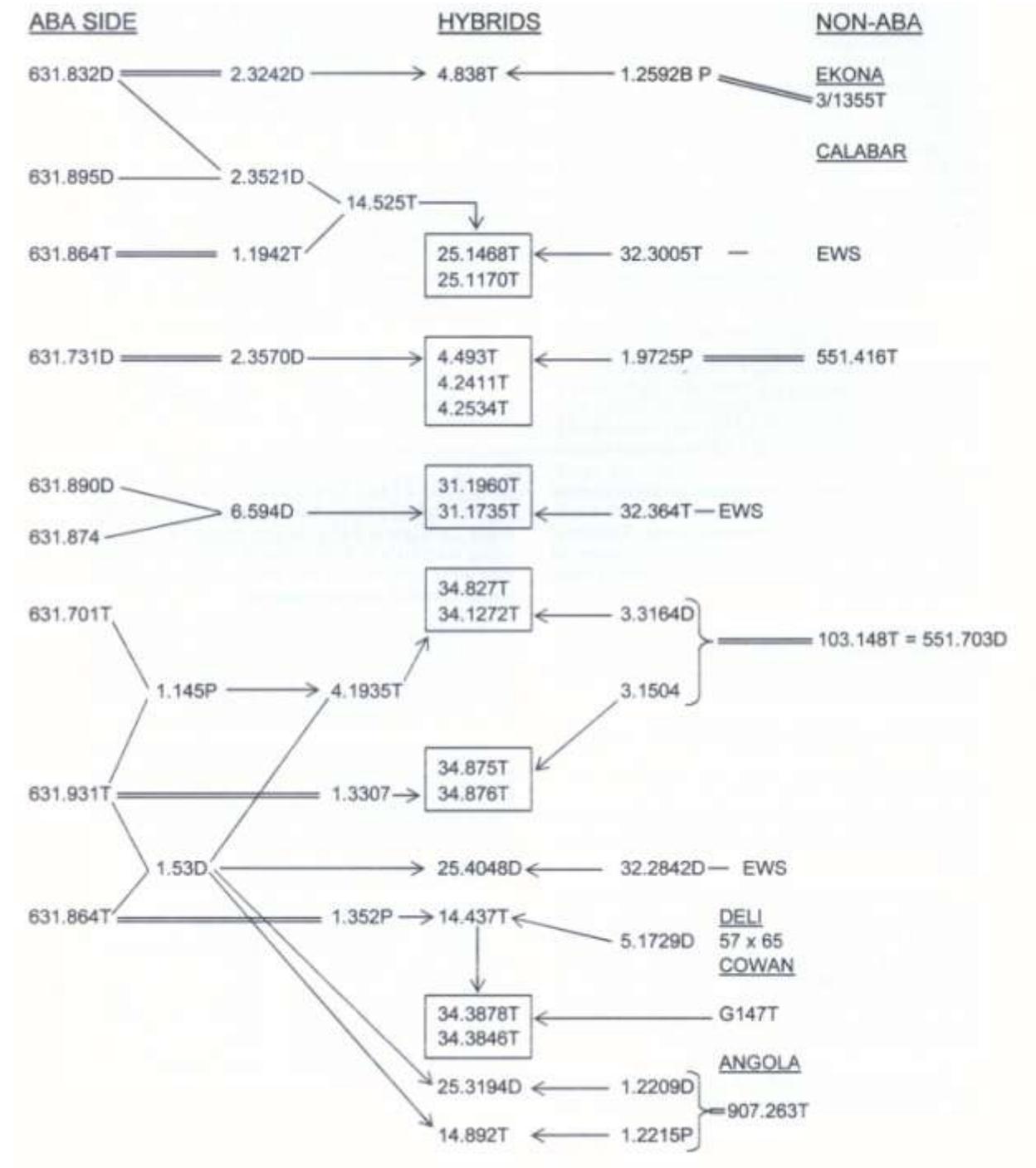
Algunos datos de pruebas de progenies obtenidos de esta estación incluyen palmas que son ancestros inmediatos de las progenies enviadas a Coto. Los datos de rendimiento comparan progenies a partir de cruces realizados sobre un progenitor femenino común, de origen Deli o Angola.

Madre uniforme	Padre				
	53T	54T	86T	253T	326T
Angola 148	1547		1807		
Angola 148D		1557	1500		1886
Deli 215D		913	1547		1657
Deli 255D	1327	1353	1733		
Angola 464D	1243	1353	1840	1657	

En la única comparación directa sobre una madre Angola, la palma 86T superó a 253T por un 11% más de rendimiento. Esta palma 86T como padre, solamente fue consistentemente superada en los ensayos de Ghana por 326T, de origen Yangambi, llevada a Nigeria desde el IRHO. Las progenies de las palmas 53T y 54T produjeron menores rendimientos que 86T.

No se obtuvieron datos de crecimiento ni de análisis de racimo de estos ensayos en Ghana. Sin embargo, a juzgar por la producción de fruta, las palmas G851.86T y G851.326T fueron las más interesantes en los ensayos realizados.

Cuadro 5. Cruces inter-origen con ABA que originaron materiales genéticos para la fase 2 de MBP



Experimentos en Costa Rica

Ocho lotes de semilla fueron recibidos en la estación experimental del Programa de Investigaciones en Palma Aceitera de ASD, en setiembre 1977, procedentes de Ghana:

Origen	Accesion	Padres	Abuelos
Angola	GHA604	851.478T x 851.194T	(1.2224T x 1.2227D) x (1.2224T x 1.2227D)
Ang-Cal	GHA605	851.478T x 851.54T	(1.2224T x 1.2227D) x (1.3056T x 32.3005T)
Aba - Cal	GHA606	852.795T x 852.835T	(3.3164D x 14.758T) x (3.3164D x 14.758T)
Aba - Cal	GHA607	852.835T x 851.53T	(3.3164D x 14.758T) x (32.3005T x 1.3379T)
Ufu - Aba - Cal	GHA608	853.1161T x 851.53T	(15.4382T x 39.235D) x (32.3005T x 1.3379T)
Ufu - Aba - Cal	GHA609	853.1161T x 852.835T	^x (15.4382T x 39.235D) x (3.3164D x 14.758T)
Cal	GHA610	851.54T x	(1.3056T x 32.3005T)
Cal	GHA611	851.86T x	(1.3056T x 32.3005T)

En setiembre de 1977 se recibió polen de 46.387T, y hacia finales de año fue obtenido polen adicional de cinco palmas:

Origen	Palma	Padres
Yangambi	851.326T	IRHO A43-2-4T x
Angola	851.197D	1.2224T x 1.2227D
Angola	851.168D	1.2224T x 1.2227D
Angola	851.148D	1.2224T x 1.2227D
Calabar	851.253T	32.3005T x

En abril y agosto de 1979 también se recibió polen de ellas junto con uno de origen Calabar, 851.86T (1.3056T x 32.3005T). En mayo de 1979 se recibieron varios grupos de semillas, de los cuales germinaron tres lotes:

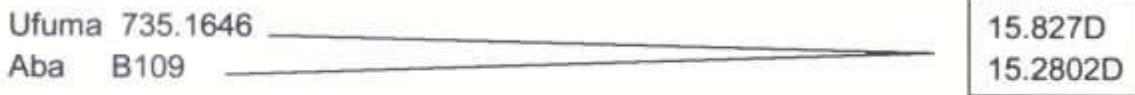
Origen	Palma	Padres	Abuelos
Angola	GHA646	851.168D x	1.2224T x 1.2227D
Calabar	GHA647	851.86T x	1.3056T x 32.3005T
Calabar	GHA648	851.253T x	32.3005T x

Todas estas introducciones de Nigeria fueron evaluadas en diversos experimentos sembrados entre 1979 y 1982; y en algunas de ellas, las evaluaciones se extendieron hasta 1992, tras la

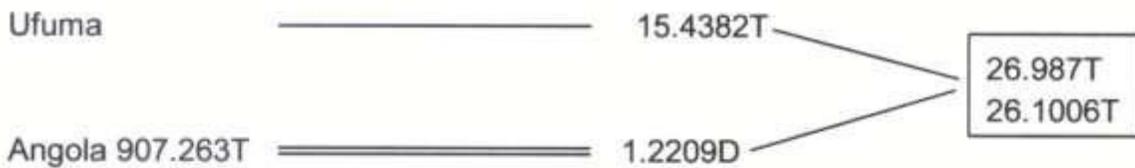
siembra de nuevas progenies derivadas. A continuación se resumen los principales resultados de estos experimentos.

Cuadro 6. Otros cruces inter-origen que originaron materiales genéticos importantes

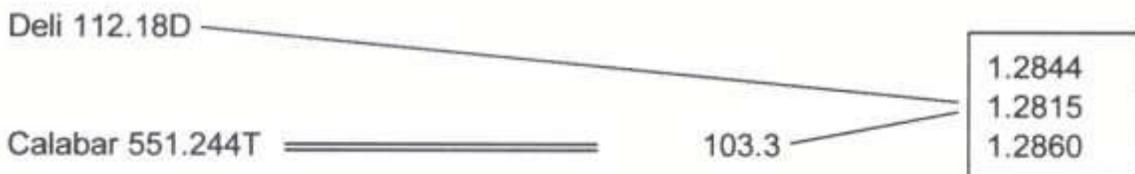
UFUMA x ABA



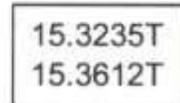
UFUMA x ANGOLA



DELI x CALABAR



UFUMA - ABA CONCENTRATION AREAS



Experimento CB7909. Este experimento evalúa 8 introducciones; las palmas *ténera* de las familias GHA608 y GHA610 mostraron la mayor producción de aceite. GHA608 tuvo alta producción de fruta, crecimiento reducido, longitud foliar inferior al promedio del grupo y una muy buena composición del racimo en especial por sus relaciones de frutos en el racimo y de aceite en el racimo.

WAIFOR MAIN BREEDING PROGRAM FIRST STAGE 1969	WAIFOR MBP FIRST STAGE 1963	NIGERIAN EXCHANGE TO GHANA (VAN DER VOSSSEN) 1967	NIFOR MBP-FIRST STAGE ROSS & WEST 1975	NIFOR MBP SECOND STAGE ROSS & WEST 1975	NIFOR MBP-SECOND STAGE ESCOBAR 1977	COTO-NIGERIAN MATERIAL 1978-82
32.2612T-CAL 32.364T-CAL 2.3465T-ABA 2.1834D-ABA 1.3340D ? 1.3206T 32.858D ? 3.361D ? 32.2634-CAL	32.2612T 32.364T 2.3465T 2.1834D 1.3340D 1.3206T 32.858D 3.361D 32.2634D		32.2612T 32.364T 2.3465T 2.1967D-ABA 1.3340D 1.3206T 32.858D 3.361D 3.2536D-CAL 32.2624D 1.53D-ABA		32.2612T 32.364T 6.564D-ABA 1.3206T 32.858D 3.361D 3.2536D 32.2624D 1.53D 1.2206D-ANG 46.333T 46.367T 31.1966T 31.1735T 35.3465D 31.5466D 31.5468D 25.4048D 25.3194D	32.2612T 32.364T 1.2215P-ANG 35.352D-DELI 46.367T-POLLEN NIF246
1.2229T-ANG 106.5T-CAL 1.3352T-CAL 1.3066T-CAL 32.3005T-CAL 1.3379T-CAL 1.3307D-ABA	1.2229T 106.5T 1.3352T 1.3066T 32.3005T 1.3379T 14.525T-ABA 15.4362T-UFLU 39.235D-ABA 3.1504T-CAL 1.3307D 14.756T 4.1624T-ABA	1.2229T CODE 2 1.2224T-ANG CODE 1 1.2227D-ANG 1.3066T CODE 3 32.3005T CODE 4 1.3379T 15.4362T CODE 10 39.235D 14.756T CODE 8 3.3164D-CAL CODE 9 4.1624T	1.2229T 106.5T 1.3352T 1.3066T 32.3005T 1.3379T 3.1035T-CAL 3.1804T 1.3307D 14.756T 3.3164D 4.1635T-ABA 4.1624T	1.3352T 14.525T 15.4362T 1.2206D-ANG 39.235D 14.756T 3.3164D 4.1635T-ABA 4.1624T	32.3005T 14.525T 15.4362T 1.2206D-ANG 3.1504T 1.3307D 3.3164D 4.1635T 25.1466T 25.1170T 14.525T 26.967T 26.1006T 34.875T 34.876T 34.827T 34.1272T	1.2224T 1.2227D 1.3066T 32.3005T 1.3379T 15.4362T 39.235D 14.756T 3.3164D 851.148D-POLLEN 851.166D-POLLEN 851.187T-POLLEN 851.194D 851.478T 851.54T 851.86T 851.253T 851.53T 853.1161T 852.835T 852.795T GHA604 GHA605 GHA610 GHA611 GHA648 GHA606 GHA607 GHA608 GHA608
14.437T(DELIA-ABA) 14.882T(ABA-ANG) 4.836T(ABA-EK) 4.493T(ABA-CAL) 4.3462T-ABA 4.17T-ABA 4.1811T-ABA 380401 COWAN	14.437T(DELIA-ABA) 14.882T(ABA-ANG) 4.836T(ABA-EK) 4.493T(ABA-CAL) 4.3462T-ABA 4.17T-ABA 4.1811T-ABA 380401 COWAN	G.147T(COWAN) CODE 6 1.53D-ABA CODE 5 14.882T CODE 7 3.415T-CAL 3.417D-CAL	G.147T 1.53D-ABA 14.882T 4.836T 4.493T 4.3411T(ABA-CAL) 4.3462T 4.17T 18.822 BENIN	G.147T 1.53D-ABA 14.882T 4.836T 4.493T 4.3411T(ABA-CAL) 4.3462T 4.17T 18.822 BENIN	14.437T G.147T 832.1236D 8.207 731.1646 8109-ABA 15-1 ABA-UFLU 15-2 ABA-UFLU 15-2 ABA-UFLU 13-4 GENEPOOL 13-7 GENEPOOL 13-4 GENEPOOL 13-5 GENEPOOL 13-7 GENEPOOL 34.3678T 34.3646T 15.352D 15.827D 15.2902D 15.865T-15.3236T 15.3612T-15.5410T 15.4571D 13.360T-13.967T 13.1348T-13.1471T 13.3600-13.724D 13.1372D 13.1844D-13.1972D	

Fig. 2. Material Nigeria selecto presente en varias estaciones experimentales

En este experimento, también se pueden obtener algunas observaciones adicionales sobre las palmas provenientes de Ghana, si se analizan las progenies a partir de los padres comunes: G851:53T fue superior a G852:835T, y G853:1161T fue igual a G851:53T; por otro lado, si se comparan las dos autofecundaciones, la proveniente de G851:86T se afectó por la depresión endogámica, a diferencia de G851:54T.

Cuadro 7. Comparaciones de palmas progenitoras nigerianas con descendientes en cruces de Coto con una madre uniforme (1960-1968)

Progenitor uniforme	Palma	FFB	BWT	F/B	M/F	S/F	K/F
1.3352	32.3005	35.9	14.8				
	32.364	32.1	12.6				
2381D	32.3005	36.5	13.9				
	32.2612	41.3	10.8				
3.1035	32.3005	28.9	10.8	67.0	78.2	12.0	9.7
	32.2612	29.3	7.7	64.3	81.2	10.9	7.9
39.715	32.3005	25.0	13.9	69.6	71.3	19.1	9.6
	1.3056	23.5	11.9	66.2	75.3	15.5	9.1
39.719	32.3005	23.7	12.0	67.7	65.1	23.1	11.8
	1.3056	26.8	11.9	63.9	71.8	18.0	10.2
3.1504	32.3005	24.4	11.6	68.0	78.0	12.2	9.8
	1.3056	12.6	8.1	62.0	81.9	10.3	7.7
3.3164D	32.3005	15.9	11.3	67.6	78.6	13.4	8.0
	14.758	12.8	7.8	66.0	78.7	12.2	9.1
14.892	32.3005	15.7	10.6	64.1	78.9	12.0	9.1
	14.758	16.3	8.4	65.9	82.9	9.8	7.3
5.368	1.3056	49.5	16.1				
	32.364	53.2	17.9				
3.361	1.3056	37.2	13.1	63.0	78.5	11.6	9.9
	1.3379	30.9	10.2	66.6	80.7	10.6	8.6
1.3208	1.3056	32.9	9.7				
	1.3379	39.5	9.2				
32.3005	1.3056	40.1	13.1				
	1.3379	45.9	12.7				
2.3495	32.2612	30.0	10.9				
	1.3379	33.5	11.9				
G98	32.2612	32.4	11.3	67.7	78.9	13.3	7.7
	32.364	30.7	13.0	72.7	78.2	13.8	8.0
32.3005T	32.2612	21.3	8.6	68.9	82.1	10.8	7.1
	32.364	22.5	12.3	68.1	84.2	10.8	6.7

FFB = Racimos/palma/año, BWT= peso del racimo, F/B = fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), S/F = cascara en fruto (%), K/F = almendra en fruto (%)

GHA608 es de origen Nigeria compuesto, posee 50% de genes Calabar, 25% Ufuma y 25% Aba. Debido a su buen comportamiento fenotípico, se planeó un programa de prueba de progenies y reproducción de algunas de las mejores *téneras*, el cual fue sembrado en 1990 (Cuadro 10).

Cuadro 8. Valores genotípicos promedio de palmas progenitoras nigerianas involucradas en las progenies de Coto

	F/B	M/F	S/F	K/F	M/B
Valores genotípicos promedio : Primera etapa del programa					
(TxT cruces)					
1.3056T	60.1	84.0	8.8	7.4	50.5
1.3379T	69.7	79.8	9.8	10.4	55.7
32.3005T	71.3	78.8	11.8	9.5	56.4
32.364T	64.0	84.3	10.3	5.3	53.9
32.2612T	61.3	84.6	10.1	5.2	52.1
(DxT cruces)					
1.3056T	60.7	83.1	8.6	8.4	50.5
1.3379T	66.7	83.1	8.5	8.3	55.6
32.3005T	67.6	77.9	12.4	9.7	52.5
32.364T	67.1	85.0	9.7	5.3	56.9
32.2612T	62.0	82.0	12.4	5.6	50.9
Valores genotípicos promedio : Segunda etapa del programa					
(Deli <i>dura</i> x T)					
14.758T	68.2	80.8	10.9	8.3	51.4
15.4382T	62.7	85.0	8.9	6.2	53.6
32.3005T	66.2	75.2	14.6	10.1	49.8
(D x T)					
14.758T	63.3	83.2	9.9	6.8	52.6
15.4382T	60.6	83.6	10.0	6.3	50.9
32.3005T	67.2	77.9	12.7	9.4	52.3
(D x T)					
3.3164D	70.0	73.5	14.0	12.4	51.6
39.235D	57.5	74.7	15.5	9.8	42.7
F/B = fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), S/F = cascara en fruto (%), K/F = almendra en fruto (%), M/B= Mesocarpio en racimo (%)					

Experimento CB8101. Las tres progenies sembradas en este experimento presentaron características diferentes entre sí; dos de las familias son de origen Calabar y una, GHA646, de origen Angola. De los dos grupos Calabar, GHA648 mostró ventajas por su mayor producción de fruta y menor longitud foliar, aunque su crecimiento fue mayor que GHA647. Además GHA648 mostró mayor calidad del racimo, con mayores porcentajes de mesocarpio en el fruto, de aceite en el mesocarpio y de aceite en el racimo. En este experimento en general el fruit set registrado fue muy bajo lo que limitó la producción total de aceite.

Cuadro 9. Rendimiento y calidad del racimo de palmas nigerianas en Ghana

Palma	Siembra	FFB a 1975	B.Wt.	F/B	M/F	S/F	K/F	O/M	O/B
ANGOLA									
G851.194T	1961	341	12.8	69.3	83.1	7.0	9.9	52.5	30.2
G851.478T	1961	908	15.3	67.3	85.0	6.7	8.3	50.6	28.9
CALABAR									
G851.53T	1961	1235	20.5	70.2	86.5	6.2	7.3	53.0	32.2
G851.54T	1961	1352	23.2	68.7	88.0	6.3	5.7	52.1	31.5
G851.86T	1961	1037	19.8	66.7	87.3	6.2	6.5	53.9	31.4
MIXED									
G852.795T	1964	433	19.8	71.2	90.3	5.7	3.9	--	--
G852.835T	1964	637	10.3	65.2	90.7	5.3	4.0	52.6	31.1
G853.1161T	1966	758	13.6	60.2	85.1	7.7	7.2	50.4	25.8

FFB= Fruta/palma/año, B.Wt= peso promedio del racimo, F/B = Fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), S/F = cascara en fruto (%), K/F = almendra en fruto (%), O/M= aceite en mesocarpio (%), O/B= aceite en racimo (%)

Las palmas *dura* Angola presentaron buena producción de fruta, aunque también un vigor excesivo en altura, y hojas de mediana longitud. Su calidad del racimo fue mediocre, sobretodo por los bajos valores de frutos en el racimo y regular extracción de aceite (Cuadro 11).

Experimento CB8203. Los diferentes cruces evaluados en el CB8203 reflejan diferencias marcadas en el desempeño, algunas claramente asociadas al origen genético. La producción de aceite de las familias C9013, C9004, C9015 y C9113 fue mayor que en el resto de progenies. De las palmas Ghana, 851.253T fue superior a 851.326T y 46.387T lo fue sobre 851.253T.

Los porcentajes de frutos en el racimo fueron bajos; con respecto a la extracción de aceite en el racimo, hubo progenies superiores como 9113, la cual además mostró un elevado porcentaje de mesocarpio en el fruto.

Cuadro 10. Promedio por experimento, cruce y tipo de fruto. CB7909

Cruce	Hembra	Padre	Ft	n	BN	FFB	ATR	LHJ	F/B	M/F	OMF	O/B	OhaY
GHA604	851:478T	851:194T	D	9	18	59.0	348	657	61. 5	62. 4	54.3	20.8	1.9
GHA605	851:478T	851:54T	D	19	18	71.4	321	725	65. 2	62. 5	48.9	20.1	1.7
GHA606	852:795T	852:835T	D	11	23	58.8	330	799	72. 8	66. 5	51.9	25.3	2.1
GHA607	852:835T	851:53T	D	15	19	58.5	323	725	68. 2	60. 1	50.4	20.6	2.0
GHA604	851:478T	851:194T	T	25	20	65.5	356	660	61. 8	81. 7	51.1	25.8	2.3
GHA605	851:478T	851:54T	T	22	20	81.7	331	719	61. 5	78. 8	49.5	24.0	2.4
GHA606	852:795T	852:835T	T	21	22	50.9	350	762	68. 0	86. 9	41.0	24.5	1.6
GHA607	852:835T	851:53T	T	26	21	64.2	329	851					
GHA608	853:1161T	851:53T	T	20	25	95.7	299	708	71. 7	90. 5	48.6	31.6	3.4
GHA609	853:1161T	852:835T	T	21	23	65.9	336	777	68. 1	87. 3	51.6	30.6	2.8
GHA610	851:54T	851:54T	T	26	19	75.1	329	719	67. 4	83. 7	51.1	28.9	3.5
GHA611	851:86T	851:86T	T	21	13	39.3	229	692			45.5		
C2025 (sc)	HC132:115 7D	CHE131:107 9P	T	46	21	103.8	366	688	69. 7	79. 3	47.3	26.2	3.9

Ft= tipo de fruto, BN= número de racimos, FFB= fruta/palma/año, ATR= altura del tronco (cm), LHJ= largo de hoja (cm), F/B = Fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), OMF = aceite en mesocarpio fresco (%), O/B= aceite en racimo (%), OhaY= aceite/ha/año (t)

De las descendencias *dura*, se destaca la superioridad en producción de fruta de C9018, que también mostró buenas características del racimo (Cuadro 12).

Experimentos CB90.03 y CB90.04. En el experimento CB9003 se evaluaron seis *téneras* descendientes de GHA608, combinadas con una palma Deli *dura* en común. Las seis *téneras* mostraron buen rendimiento de fruta, en especial 45T y 178T, y una buena formación del racimo, aunque con deficiencias en el porcentaje de aceite en el mesocarpio. La extracción total de aceite fue similar entre todas las progenies; 45T superó a sus hermanas por el mejor rendimiento de fruta.

La reproducción F1 de algunas de estas *téneras* se sembró en el experimento CB90.04. Se notó ventaja en la producción total de aceite en las autofecundaciones de 187T y 178T, debido sobre

todo a su buena tasa de extracción de aceite, ya que la producción de fruta no varió significativamente entre las diversas progenies (Cuadro 13).

Cuadro 11. Promedio por experimento, cruce y tipo. CB81.01

Cruce	Madre	Padre	Ft	n	BN	FFB	ATR	LHJ	F/B	M/F	OMF	O/B	OhaY
GHA646	1:2227D	1:2224T	T	15	20	97.9	260	695	64.4	81.9	44.5	23.6	3.3
GHA647	851.86T	851.86T	T	32	14	72.3	185	639	58.6	87.6	46.1	23.7	2.6
GHA648	851.253T	851.253T	T	28	17	88.1	215	595	58.9	89.1	50.6	26.6	3.2

Ft= tipo de fruto, BN= número de racimos, FFB= fruta/palma/año, ATR= altura del tronco (cm), LHJ= largo de hoja (cm), F/B = Fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), OMF = aceite en mesocarpio fresco (%), O/B= aceite en racimo (%), OhaY= aceite/ha/año (t)

Experimento CB92.01. Dos progenies derivadas de GHA648 evaluadas en el experimento CB9201 mostraron alta producción de fruta cuando se compararon con Deli x AVROS. Además, fue característico su reducido crecimiento en altura y menor longitud foliar, junto con una buena composición del racimo (Cuadro 14).

Cuadro 12. Promedio por experimento, cruce y tipo. CB82.03

Cruce	Madre	Padre	Ft	n	BN	FFB	ATR	LHJ	F/B	M/F	OMF	O/B	OhaY
C9018	HC136:255D	851:168D	D	54	17	120.6	245	687	66.1	63.7	47.2	20.0	3.5
C9021	CHE137:253D	851:168D	D	11	16	91.3			64.2	63.1	46.4	18.7	2.4
C9029	CHE137:253D	851:197D	D	7	14	73.6			65.7	62.9	45.8	18.8	2.1
C9036	HC136:272D	851:168D	D	58	18	109.2	283	702	64.3	61.4	48.5	19.2	3.1
C9048	NIF246:433T	851:168D	D	33	19	101.7	271	684	63.3	60.1	46.8	17.9	2.6
C9059	NIF246:433T	851:197D	D	8	13	78.1			63.6	60.3	48.9	18.8	2.2
C9004	HC130:1075T	851:326T	T	5	23	110.8			62.8	81.1	49.9	25.0	4.0
C9005	CHE137:253D	851:326T	T	12	16	92.1	175	717	61.1	82.2	46.3	23.1	3.1
C9009	LAN4A:317T	851:253T	T	21	17	81.3	205	620	61.5	83.1	44.9	22.9	2.7
C9010	CAM235:469T	851:253T	T	5	20	89.7			52.5	87.0	43.3	19.7	3.1
C9011	CAM240:237T	851:253T	T	7	17	80.3			57.7	88.3	45.4	23.1	2.6
C9013	CHE137:253D	851:253T	T	8	22	121.8			67.7	83.3	45.5	25.6	4.5
C9015	SOC302:91T	851:326T	T	10	21	104.4	185	672	60.7	75.0	52.1	23.8	3.6
C9038	SP28XSP6:106T	851:326T	T	23	19	83.02	206	627	61.2	91.1	42.1	23.6	2.9
C9084	LAN4:315T	46:387T	T	18	17	70.2	306	631	62.3	86.7	44.3	24.1	2.7
C9102	LAN2:303T	46:387T	T	30	22	99.6	165	668	62.2	81.2	46.1	23.4	3.3
C9106	CAM240:237T	46:387T	T	33	16	79.8	188	695	60.4	89.7	43.1	23.4	2.7
C9113	CAM244:613T	46:387T	T	21	20	90.5	259	730	64.8	89.5	47.3	27.6	3.6

C9086
* HC132:1157D CHE131:1
079P T 67 18 109.5 208 628 65.6 79.2 44.0 23.1 4.2

Ft= tipo de fruto, BN= número de racimos, FFB= Racimos/palma/año ATR= altura del tronco (cm), LHJ= largo de hoja (cm), F/B = fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), OMF = aceite en mesocarpio fresco (%), O/B= aceite en racimo (%), OhaY= aceite/ha/año (t)

Cuadro 13. Promedios por experimento, cruce y tipo de fruto

Expt.	Cruce	Madre	Padre	Ft	n	BN	FFB	ATR	LHJ	F/B	M/F	OMF	O/B	OhaY
CB9003	C9920	GHA608 :187T	DAM564 :693D	T	10	17	122.1	53	626	66.5	88.9	47.8	28.3	5.5
CB9003	C9922	GHA608 :45T	DAM564 :693D	T	21	22	168.2	50	630	69.0	83.9	45.1	26.1	6.3
CB9003	C9923	GHA608 :63T	DAM564 :693D	T	17	18	128.5	47	624	64.4	85.4	47.2	25.8	5.0
CB9003	C9949	GHA608 :174T	DAM564 :693D	T	16	16	118.9	50	639	68.1	86.1	46.1	27.1	5.3
CB9003	C9956	GHA608 :178T	DAM564 :693D	T	20	19	144.5	51	645	67.5	85.9	45.3	26.3	5.6
CB9003	C9972	GHA608 :164T	DAM564 :693D	T	14	16	119.1	41	620	67.9	86.4	46.7	27.6	5.4
CB9003	C9980	HC133:1 254D	HC129:1 047P	T	31	17	129.7	61	596	67.1	82.6	43.8	24.3	4.8
CB9004	C10031	GHA608 :187T	GHA608 :187T	T	32	15	74.5	43	563	61.0	90.9	47.6	26.3	3.0
CB9004	C9801	GHA608 :521T	GHA608 :521T	T	27	15	78.8	43	584	65.4	80.2	40.4	21.2	2.4
CB9004	C9812	GHA608 :174T	GHA608 :174T	T	39	14	62.3	44	521	68.3	84.4	41.6	23.9	2.4
CB9004	C9943	GHA608 :45T	GHA608 :45T	T	37	22	92.1	42	568	67.9	84.8	31.9	18.2	2.4
CB9004	C9958	GHA608 :178T	GHA608 :178T	T	34	21	80.3	44	612	71.2	85.3	42.0	25.5	2.9

Ft= tipo de fruto, BN= número de racimos, FFB= Racimos/palma/año ATR= altura del tronco (cm), LHJ= largo de hoja (cm), F/B = fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), OMF = aceite en mesocarpio fresco (%), O/B= aceite en racimo (%), OhaY= aceite/ha/año (t)

Otros experimentos sembrados en 1991 y 1992 (población Angola)

Varias progenies de origen Angola (GHA646) y Deli/Angola (C9018) fueron evaluados en tres experimentos, CB915C, CB915E y CB9208, combinados con diversas fuentes masculinas. En

general, estas descendencias se destacaron por la uniformidad de su producción de fruta y por su excepcional tasa de extracción de aceite. A raíz de esto, una nueva generación de esta población se produjo a partir de 1998, con el fin de usarla en programas especiales de producción de semillas o como fuente de germoplasma para mejorar la población Deli (Cuadro 15).

Cuadro 14. Promedio por experimento, cruce y tipo de fruto. CB92.01

Cruc	Madre	Padre	Ft	n	BN	FFB	ATR	LHJ	F/B	M/F	OMF	O/B	OhaY
C105 80	DAM5 64:226 D	GHA 648:1 45P	T	23	14	140.0	88	585	71.7	82.1	48.6	28.7	5.7
C907 02	DAM5 64:679 D	GHA 648:1 28P	T	32	20	147.3	78	612	72.3	86.9	48.7	30.6	6.5
C103 06	DAM5 64:588 D	HC12 9:994 P	T	36	13	144.0	125	631	69.2	83.8	47.4	27.6	5.6

Ft= tipo de fruto, BN= número de racimos, FFB= Racimos/palma/año ATR= altura del tronco (cm), LHJ= largo de hoja (cm), F/B = fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), OMF = aceite en mesocarpio fresco (%), O/B= aceite en racimo (%), OhaY= aceite/ha/año (t)

El resultado de los experimentos en Coto, Costa Rica mostró en especial la uniformidad en el comportamiento de algunos de los orígenes. La mayoría de las fuentes evaluadas en este programa proceden de progenitores superiores, según el resultado observado en los programas de Nigeria y Ghana. Las líneas GHA648 y GHA608 brindaron descendencias con alto potencial de producción; por lo que a partir de ellas se han desarrollado nuevas poblaciones para su futura evaluación y selección.

Cuadro 15. Medias por experimento, cruce y tipo de fruto

Exp	Cruce	Madre	Padre	Ft	n	BN	FFB	ATR	LHJ	F/B	M/F	OMF	O/B	OhaY
CB915C	C10311	C9018:621D	CAM236:07P	T	26	17	142.3	104	634	68.8	88.0	53.3	32.4	6.8
CB915C	C10323	C9018:928D	MAR554:206P	T	29	22	190.0	87	634	74.3	81.0	48.2	29.0	8.0
CB915C	C10346	C9018:901D	GHA648:166P	T	36	15	136.8	95	594	71.1	79.8	50.9	28.9	5.9
CB915C	C10354	C9018:901D	CAM236:62P	T	35	17	152.4	84	623	69.9	82.4	51.9	29.9	6.6
CB915C	C10355	C9018:926D	CAM236:37P	T	35	22	171.1	93	616	69.0	81.1	54.3	30.4	7.5
CB915C	C10387	C9018:928D	MAR554:441T	T	19	18	163.9	86	598	71.7	82.1	49.9	29.3	6.9
CB915C	C10429	C9018:901D	GHA648:128P	T	35	19	160.0	98	670	69.8	83.5	52.9	30.8	7.1
CB915C	C10432	C9018:927D	GHA648:166P	T	34	16	137.2	88	594	75.4	80.0	51.1	30.9	6.1
CB915C	C10438	C9018:84D	MAR554:34T	T	20	18	144.4	87	567	74.7	82.3	48.7	30.0	6.3
CB915C	C10460	C9018:913D	MAR554:54T	T	17	19	176.7	82	602	69.7	83.2	49.6	29.0	7.0

CB915C	C10468	C9018:901D	IRH619:20T	T	19	17	155.8	87	622	68.6	73.2	48.9	24.5	5.5
CB915C	C10472	C9018:927D	GHA648:145P	T	35	17	146.7	83	603	69.5	78.0	49.2	26.7	5.7
CB915C	C10306*	DAM564:588D	HC129:994P	T	36	17	168.5	102	608	69.8	85.4	46.5	27.7	6.7
CB915E	C10309	GHA646:22D	CAM236:07P	T	28	21	130.3	109	580	64.7	83.7	53.7	29.1	5.4
CB915E	C10321	GHA646:19D	CAM236:19P	T	33	19	139.2	93	578	68.8	82.6	52.5	29.8	6.0
CB915E	C10492	GHA646:33D	MAR554:206P	T	35	21	146.3	92	554	68.2	81.4	52.8	29.2	6.1
CB915E	C10494	GHA646:19D	MAR554:54T	T	24	19	146.8	90	577	70.1	81.8	52.1	29.8	6.6
CB915E	C10522	GHA646:12D	GHA648:166P	T	34	17	129.6	91	571	71.2	81.9	50.5	29.5	5.5
CB915E	C10528	GHA646:33D	IRH619:20T	T	18	19	135.2	78	548	64.4	74.1	51.4	24.5	4.8
CB915E	C10529	GHA646:22D	CAM236:37P	T	26	21	133.0	86	607	66.9	79.0	52.4	27.7	5.6
CB915E	C10306*	DAM564:588D	HC129:994P	T	198	16	154.7	95	582	66.5	86.0	47.8	27.3	6.1
CB9208	C10308	GHA646:11D	CAM236:37P	T	35	24	210.6	194	650	63.7	83.7	54.2	28.9	8.7
CB9208	C10333	C9018:474D	CAM236:19P	T	27	19	201.1	157	689	71.1	83.5	51.9	30.8	8.9
CB9208	C10365	C9018:95D	CAM236:07P	T	33	16	176.5	203	686	69.3	85.2	57.1	33.8	8.5
CB9208	C10374	C9018:913D	CAM236:37P	T	23	19	201.8	162	698	66.5	81.1	54.9	29.6	8.8
CB9208	C10439	C9018:108D	CAM236:19P	T	34	16	192.5	167	658	68.2	84.4	54.0	31.1	9.1
CB9208	C10441	GHA646:29D	CAM236:62P	T	12	24	241.3	204	661	68.8	83.3	53.8	30.9	10.7
CB9208	C10442	C9018:266D	CAM236:62P	T	26	16	197.6	181	678	70.5	85.3	51.9	31.2	9.1
CB9208	C10448	C9018:606D	CAM236:37P	T	27	18	192.4	159	700	68.6	82.3	53.6	30.2	8.3
CB9208	C10560*	DAM564:694D	HC129:994P	T	102	14	179.0	211	660	71.9	84.5	47.9	29.2	7.6

Ft= tipo de fruto, BN= número de racimos, FFB= Racimos/palma/año ATR= altura del tronco (cm), LHJ= largo de hoja (cm), F/B = fruto en racimo (%), M/F = Mesocarpio en fruto (%), OMF = aceite en mesocarpio fresco (%), O/B= aceite en racimo (%), OhaY= aceite/ha/año (t)

Conclusiones

Las bases que el programa de investigación del WAIFOR/NIFOR sentó en el desarrollo del cultivo de palma aceitera, han permitido la explotación de una población con características sobresalientes, evaluadas de una forma sistemática a lo largo de muchos años y en diferentes centros de investigación. Las características genéticas de las poblaciones originales han permitido producir poblaciones comerciales superiores. El programa de investigaciones de ASD en Coto, Costa Rica, tuvo la suerte de contar con una amplia diversidad de orígenes, los cuales le

han permitido a lo largo de los últimos 20 años desarrollar dos variedades comerciales y ampliar las expectativas para el mejoramiento del cultivo en los años venideros.

Literatura

BLAAK, G.; SPARNAAIJ, L. D.; MENENDEZ, T. (1963). Breeding and inheritance in the oil palm (*E laeis guineensis* Jacq.). Part II. Methods of bunch quality analysis. J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res., 4:146-155.

BROEKMANS, A.F.M.; TOOVEY, F.W. 1955. The Deli palm in West Africa. J. W. Afr. Inst. Oil Palm Res. 1, (3), 51.

GUNN, J.S. 1957. WAIFOR Fifth Annual Report. 1956-57. Pp 82-94.

HARTLEY, C.W.S. 1977. The Oil Palm, 2nd Ed., Longman, p. 265.

CORLEY, R.H.V.; HARDON, J.J., TAN, G.Y. 1971. Analysis of growth of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). I. Estimation of growth parameters and application in breeding. Euphytica, 20, 307-315.

MENENDEZ, T. 1965. NIFOR First Annual Report. 1964-65. Pp 59-73.

MENENDEZ, T.; BLAAK, G. 1964. WAIFOR Twelfth Annual Report. 1963-64. Pp. 49-75.

NIFOR Fourth Annual Report. 1967-68. Pp 38-77.

OKWUAGWU, C.O. 1986. The genetic base of the NIFOR oil palm breeding program. In Proc. Int. Workshop Oil Palm Germplasm and Utilization. Kuala Lumpur. PORIM. 10:228-237.

SMITH, E.H.G. 1929. The oil palm (*Elaeis guineensis*) at Calabar. 8th Ann. Bull. Dep. Agr., Nigeria.

SPARNAAIJ, L.D. 1958. Oil palm breeding and selection in Belgian Congo. WAIFOR mimeographed report.

VAN DER VOSSSEN, H.A.M. 1974. Towards more efficient selection for oil yield in the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Agr. Res. Rpts., 823. Wageningen, Holland. (or Thesis, University of Wageningen. 107 p)

WAIFOR Ninth Annual Report, 1960-61. Pp 69-77.

WONKYI-APPIAH, J.B. 1974. Prediction of yield and fruit qualities in the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. Ghana J. Agr. Sci. 7(3):209-213.

WEST, M.J. 1976. The analysis of yield data of the NIFOR oil palm main breeding programme and the choice of new parental material. Supplementary report to the Min. of Overseas Development, Mimeograph.

WEST, M.J. et al. 1976. The inheritance of yield and fruit and bunch composition characters in the oil palm - an analysis of the NIFOR main breeding program. Int. Agric. Oil Palm Conference, Kuala Lumpur, 1976.

Análisis y comparación de las curvas de desarrollo y la distribución espacial del síndrome del anillo rojo/hoja pequeña (*Bursaphelenchus cocophillus* Cobb), y la pudrición basal corchosa (*Ustulina deusta* (Hoffm. Ex Fr.) en palma aceitera

Rony Barbosa¹ y Carlos Chinchilla²

Resumen

Se estudió el comportamiento epidemiológico de dos enfermedades (el anillo rojo y la pudrición basal corchosa) en dos plantaciones de palma aceitera en Costa Rica (Coto y Quepos en la costa Pacífica), y una en la costa Atlántica en Honduras. Los datos de incidencia fueron ajustados utilizando las ecuaciones monomolecular, logística y Gompertz. En Honduras, el síntoma prevalente causado por el nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* es conocido como hoja pequeña (forma crónica de la enfermedad), mientras que en Costa Rica, los síntomas clásicos (forma aguda que causa la muerte de la palma en pocos meses) son más comunes. En Honduras, el progreso de la enfermedad en el tiempo fue descrito satisfactoriamente con el modelo monomolecular (R^2 : 0.82-0.99), mientras que en Costa Rica, la ecuación de Gompertz permitió un mejor ajuste de los datos (R^2 : 0.79-0.98).

La interacción genotipo/ambiente/patógeno que determina las diferencias en sintomatología del anillo rojo (hoja pequeña vs. síntomas clásicos), no ha sido explicada satisfactoriamente, pero las diferencias en el comportamiento epidemiológico (enfermedad de ciclo simple vs. de ciclo múltiple) pueden ser parcialmente entendidas considerando el comportamiento del insecto vector (*Rhynchophorus palmarum*), y la habilidad de la palma de "regular" la multiplicación del nematodo en el tejido.

En el caso de la pudrición basal corchosa asociada al hongo *Ustulina deusta*, el modelo monomolecular dio el mejor ajuste (R^2 : 0.87-0.98) en todas las localidades.

La aplicación de los principios de la geoestadística a estos datos permitió obtener un buen estimado del tipo y los cambios en la dependencia espacial, y la estructura de las enfermedades en un plantación de palma aceitera. Los variogramas experimentales para los datos sobre incidencia del anillo rojo parecen ser anisotrópicos, e indican que las palmas afectadas estaban fuertemente agregadas. En el caso de la pudrición basal corchosa, los variogramas (isotrópicos) también indican una fuerte agregación de palmas afectadas. Los modelos esféricos y exponenciales fueron los que mejor se ajustaron a los datos en cada enfermedad respectivamente.

¹ Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, CIGRAS; 2. Consultor para ASD, cmlchinchilla@asd-cr.com

Introducción

Cuando se registra el cambio en la incidencia en el tiempo de una enfermedad en una población de plantas, las tendencias se pueden expresar por medio de una curva de desarrollo de la enfermedad. Esta es una estrategia útil para estudiar las epifitias, ya que dicha curva integra los efectos del hospedero, del patógeno y del ambiente que ocurren durante la epifitia. El análisis de la curva de incremento de incidencia en el tiempo permite conocer mejor la enfermedad, y desarrollar formas más eficientes de control (Van der Plank 1963, Madden 1980, Campbell y Madden 1990).

La descripción del progreso de una enfermedad en el tiempo puede dividirse en dos categorías con significado biológico: patógenos con una multiplicación efectiva del inóculo (enfermedades policíclicas), y patógenos sin una multiplicación efectiva del inóculo (enfermedades monocíclicas) durante una estación o ciclo del cultivo. Van der Plank (1963) propuso los modelos logístico y monomolecular para describir las enfermedades policíclicas y monocíclicas respectivamente. No obstante, al extenderse este concepto indiscriminadamente pueden cometerse errores: a) utilizar el modelo logístico solo para enfermedades foliares, y el monomolecular para enfermedades de las raíces, y b) llegar a conclusiones acerca de la naturaleza del patosistema basándose en cual modelo ajusta mejor los datos (Pfender 1982, Campbell y Madden 1990).

Una herramienta para describir el patrón de distribución espacial de una enfermedad es la geoestadística, la cual es un método de análisis espacial que considera la posición de la muestra. La geoestadística se basa en la teoría de las variables regionalizadas, y la única premisa que requiere es que la varianza de la diferencia entre muestras sea una función de la distancia que las separa. La variabilidad espacial se mide al determinar el promedio de los valores de las diferencias al cuadrado entre parejas de muestras separadas por una distancia dada.

La geoestadística fue introducida por los geólogos para cuantificar la dependencia espacial (autocorrelación) de yacimientos de oro, y ha sido aplicada en agroforestería, agronomía, entomología y fitopatología (Burgess et al. 1981, Chellemi et al. 1988, Delaville et al. 1996, Lecoustre y Reffye 1986, Schotzko y O'Keefe 1990, van de Lande 1993, Webster y Boag 1992).

La pudrición basal corchosa (PBC) es causada por el hongo *Ustilina deusta* (Hoffm. ex. Fr.) Lind (Martín 1970, C. M.I. 1972) y fue descrita por Thompson (1963) en Malasia. Aún cuando las pudriciones en la base del tronco pueden ser bastante extensivas, normalmente no es posible detectar síntomas externos visibles en el follaje o efectos claros negativos en la producción. En algunas plantas, las hojas más jóvenes son amarillentas y ocurre una quebradura de los peciolos de las hojas más viejas. Eventualmente aparecen los esporocarpos en la base del tronco, y éste es normalmente el criterio más utilizado para diagnosticar la enfermedad (Turner 1981, Chinchilla y Richardson, 1988).

La enfermedad progresa más rápidamente en palmas entre los 9 y 11 años de edad, y no se han encontrado palmas enfermas antes de los seis años en Centroamérica (Umaña y Chinchilla 1991) y cuatro años en Malasia (Thompson 1963).

El síndrome del anillo rojo/hoja pequeña (AR/HP) en palma aceitera fue el mayor problema fitosanitario de este cultivo en Centro América, pero un efectivo manejo integrado logró reducir significativamente la incidencia. El manejo incluye la reducción de las fuentes de inóculo del nematodo agente causal (*Bursaphelenchus cocophyllus* Cobb.) y de la población de insecto vector, *Rhynchophorus palmarum* (Oehlschlager et al. 2002, Chinchilla 2003). El papel de otros vectores o medios de transmisión como la poda o a través del suelo se considera que no ocurre o tiene poca importancia práctica (Bulgarelli et al.1998, Fenwick 1968, Schuiling y van Dinther 1981).

La manifestación aguda o clásica de la enfermedad incluye un ‘amarillamiento’ y secamiento de las hojas que progresa de las más viejas hacia las más jóvenes. Las hojas más jóvenes, además de presentar un color verde pálido, pueden ser de menor longitud. Al seccionar el tronco, puede aparecer cerca de la periferia, un anillo de tejido de color pardo, crema o rosado de pocos centímetros de grosor. El tejido descolorido puede o no formar un anillo, y en algunas ocasiones pueden aparecer simples manchas distribuidas sin patrón claro en el tronco. La variación en sintomatología de esta enfermedad fue descrita por Chinchilla (1992). A este tipo de sintomatología se le ha llamado aguda, ya que las palmas afectadas pueden morir en 2-3 meses.

Otro tipo de sintomatología ha sido descrito como hoja pequeña, la cual constituye una infección crónica, en donde el nematodo aparentemente falla en establecerse en forma definitiva en toda la planta, y queda localizado cerca del tejido meristemático del cogollo, en donde se alimenta de las hojas más tiernas en la fase de elongación. Las plantas así afectadas normalmente no mueren, y pueden permanecer por años con síntomas, cuando todas las hojas son cortas y deformadas, y cesa la producción de racimos.

Aunque la enfermedad del AR/HP puede ser manejada eficientemente, siempre constituye una amenaza real a la industria de la palma aceitera en América tropical, por lo cual se ha considerado importante el análisis de algunas de las epidemias que ocurrieron previo al desarrollo de los métodos de control actuales. La información es útil para entender el comportamiento de la enfermedad, y lograr una mejor planificación en el uso de las estrategias actuales de control. En el caso de la PBC no existen datos sobre su comportamiento epidemiológico en Centro América, en donde puede ser importante en algunas situaciones (Chinchilla y Richardson 1998).

Metodologías

Las tres plantaciones estudiadas (una en la costa Atlántica de Honduras y dos en la costa Pacífica de Costa Rica), están divididas en lotes de cosecha de tamaño variable (30-60 ha normalmente). Estos lotes fueron visitados en forma mensual para registrar la incidencia de los diferentes problemas fitosanitarios. En este estudio se tomaron en cuenta únicamente los datos obtenidos entre 1986 y 1992 en lotes adultos. Según la edad de cada lote y el momento de inicio de la epidemia, se obtuvieron datos de dos y hasta seis años consecutivos. Debido a la falta de datos confiables anteriores a 1986, no fue posible determinar con certeza la fecha de inicio de la epidemia en algunos lotes particulares.

Mediante visitas mensuales se determinó la incidencia de la enfermedad, y se ubicó cada palma enferma en un mapa en donde se detallaba cada hilera y la posición de la palma afectada en la hilera. Para el caso de la enfermedad del AR/HP se consideraron 25 lotes en Honduras y 78 en Costa Rica. En el caso de la PBC se evaluaron 10 lotes en cada localidad.

Debido a que en ningún caso la incidencia abarcó el total de las plantas del lote, se estableció para cada enfermedad una incidencia máxima (K), para evitar de esta forma una subestimación de la misma (Neher y Campbell 1992).

Análisis de los datos

La incidencia se calculó como la proporción del número de plantas enfermas entre el número de plantas sanas (número total de plantas menos el número de plantas enfermas en la evaluación anterior, para obviar el efecto de la erradicación de las plantas enfermas). Con los datos de incidencia se calcularon las tasas de desarrollo de la enfermedad utilizando las siguientes ecuaciones:

Monomolecular

$$\ln\left(\frac{k}{k-y}\right) = \ln\left(\frac{k}{k-y_0}\right) + r_M t$$

Logística

$$\ln\left(\frac{y}{k-y}\right) = \ln\left(\frac{y_0}{k-y_0}\right) + r_L t$$

Gompertz

$$-\ln\left(-\ln\frac{y}{k}\right) = -\ln\left(-\ln\frac{y_0}{k}\right) + r_G t$$

Para el análisis de regresión se utilizó el programa Statgraphics. La selección del modelo más apropiado se realizó utilizando la distribución de los residuales, el coeficiente de determinación (R^2) y el error estándar de los estimados (S_y , que corresponde a la raíz cuadrada de la suma de cuadrados del error, entre $n-2$). Los modelos seleccionados fueron aquellos con la distribución más homogénea de los residuales, el más alto R^2 y el más bajo S_y . Los diferentes lotes y localidades (plantaciones) fueron comparados luego de estandarizar las curvas de desarrollo de la enfermedad mediante la siguiente ecuación:

$$r_s = \frac{p(2m-2)}{k}$$

En donde m es un parámetro de forma (0,1 y 2 para las ecuaciones monomolecular, Gompertz y logístico), K es la incidencia máxima, y P es la tasa de desarrollo calculada (sin estandarizar). El análisis de los variogramas experimentales y su ajuste a los diferentes modelos se realizó en GS+ (Gamma Design Software).

Resultados y discusión

Comportamiento epidemiológico de la enfermedad del anillo rojo/hoja pequeña

En Honduras, en donde predominaba por mucho el síntoma de la hoja pequeña, la ecuación que mejor se ajustó a los datos de cambio de incidencia en el tiempo fue la monomolecular (Cuadros 1 y 2). Solamente en uno de los lotes, los datos no pudieron ser adecuadamente ajustados con esta ecuación. Del resto de los lotes (96%), el 21% tenía una incidencia menor al 1%, 50% entre el 1 y 5%, y el resto (29% de los lotes), presentaban una incidencia mayor al 5%.

Cuadro 1. Número y porcentaje de lotes de cosecha en donde las curvas de progreso de las enfermedades del anillo rojo y la pudrición basal corchosa fueron ajustadas con alguna de tres ecuaciones matemáticas en Centro América

Enfermedad	Lugar	Número y % de lotes en donde se obtuvo un mejor ajuste a cada ecuación		
		Monomolecular	Logístico	Gompertz
Pudrición basal corchosa	Honduras	6 (60%)	1 (10%)	3 (30%)
	Quepos (Costa Rica)	5 (50%)	2 (20%)	3 (30%)
Anillo rojo	Honduras	24 (96%)	0	1 (4%)
	Coto (Costa Rica)	6 (8%)	29 (37%)	43 (55%)

La situación en Costa Rica, en donde predominaba el síntoma clásico o agudo de la enfermedad, el modelo de mejor ajuste fue el Gompertz (Cuadros 1 y 3). Del 55% de los lotes que se ajustaron a este modelo, el 35% tenía una incidencia menor al 0.5%, un 23% entre uno y cinco por ciento, y un 42% mayor al 5%.

Un comportamiento epidemiológico tan diferente de un mismo patógeno no es frecuente, pero puede ser explicado considerando los hábitos del insecto vector y la habilidad de la planta de permitir o no la invasión sistémica del patógeno en todos sus tejidos. En el caso de la sintomatología de la hoja pequeña, la planta parece tener la habilidad de confinar al nematodo en los tejidos de las hojas en rápida expansión dentro del cogollo. En esta situación no se encuentran nematodos en el tronco, y en el caso que aparecen, las poblaciones son bajas y no parecen saludables (poco activos). Dado que este síntoma apareció prácticamente en todas las plantas afectadas en Honduras (costa Atlántica) y fue menos frecuente en Costa Rica (costa

Pacífica), se podría pensar que existen factores ambientales no determinados que podrían determinar la habilidad de la planta a limitar la invasión de nematodo en sus tejidos.

Cuadro 2. Tasa de crecimiento ajustada con la ecuación monomolecular para la enfermedad de la hoja pequeña (*Bursaphelenchus cocophyllus*) en una plantación de palma aceitera en la costa Atlántica de Honduras

Lote de cosecha	Siembra	Periodo	Incidencia inicial	Incidencia final	Tasa de crecimiento $\times 10^{-6}$
1	1982	Jan 90 - Oct 92	0.06	0.77	1.80
2	1982	Feb 90 - Oct 92	0.04	0.81	2.02
3	1980	Jan 90 - Oct 92	0.11	0.85	1.95
4	1979	Jan 90 - Oct 92	0.16	0.88	2.06
5	1979	Jan 90 - Oct 92	0.11	0.99	2.23
6	1978	Jan 90 - Oct 92	0.08	1.43	2.62
7	1980	Feb 90 - Oct 92	0.29	1.44	2.90
8	1980	Jan 90 - Oct 92	0.10	1.53	3.57
9	1975	Feb 90 - Oct 92	0.18	1.85	4.41
10	1982	Jan 90 - Oct 92	0.14	1.93	5.12
11	1971	Feb 90 - Oct 92	0.47	2.55	5.68
12	1976	Feb 90 - Oct 92	0.32	2.63	6.36
13	1971	Feb 90 - Oct 92	0.90	3.14	7.01
14	1971	Feb 90 - Oct 92	0.24	4.12	11.90
15	1969	Feb 90 - Oct 92	0.75	4.17	12.50
16	1971	Feb 90 - Oct 92	0.46	4.60	13.80
17	1974	Mar 90 - Oct 92	1.13	4.79	13.10
18	1975	Feb 90 - Oct 92	1.04	5.26	15.30
19	1973	Jan 90 - Oct 92	0.33	5.42	19.40
20	1971	Feb 90 - Oct 92	0.59	5.67	18.60
21	1971	Feb 90 - Oct 92	1.14	6.09	18.80
22	1973	Mar 90 - Oct 92	1.42	6.35	20.10
23	1974	Mar 90 - Oct 92	1.02	6.85	25.00
24	1976	Mar 90 - Oct 92	0.82	7.23	30.30

La característica más importante de la sintomatología de la hoja pequeña que puede estar afectando en mayor grado el comportamiento epidemiológico de la enfermedad, es la habilidad de la planta de "soportar" la invasión confinando las mayores poblaciones del nematodo en el cogollo, y previniendo la aparición de pudriciones tanto en esta región como en el tronco. Esto hace que la planta sea poco atractiva al insecto vector, que es particularmente atraído por los

Cuadro 3. Tasa de crecimiento ajustada con la ecuación de Gompertz para el síndrome del anillo rojo/hoja pequeña en palma aceitera en la costa Pacífica de Costa Rica

Lote de cosecha	Siembra	Periodo	Incidencia inicial	Incidencia final	Tasa de crecimiento x10 ⁻⁶
1	1984	Feb 91 - Dec 92	0.02	0.409	9.93
2	1984	Sep 90 - Dec 92	0.06	0.465	4.93
3	1984	Oct 90 - Dec 92	0.01	0.477	9.73
4	1984	Aug 90 - Dec 92	0.01	0.517	7.38
5	1983	Oct 90 - Dec 92	0.03	0.555	7.06
6	1983	Jul 90 - Dec 92	0.06	0.596	5.75
7	1983	Jul 90 - Dec 92	0.11	0.646	4.54
8	1984	Aug 90 - Dec 92	0.10	0.670	4.78
9	1984	Sep 90 - Dec 92	0.20	0.841	4.61
10	1983	Jul 90 - Dec 92	0.12	0.842	6.17
11	1984	Aug 90 - Dec 92	0.09	0.845	6.30
12	1983	Jun 90 - Dec 92	0.09	0.866	5.51
13	1984	Aug 90 - Dec 92	0.01	0.874	7.59
14	1984	Aug 90 - Dec 92	0.05	0.912	7.06
15	1983	Jul 90 - Dec 92	0.04	0.917	6.17
16	1983	Jul 90 - Dec 92	0.17	1.195	5.94
17	1983	Jul 90 - Dec 92	0.15	1.328	6.59
18	1983	Aug 90 - Dec 92	0.04	2.238	12.10
19	1983	Aug 90 - Dec 92	0.08	2.482	11.80
20	1976	Jsn 90 - Dec 92	0.67	3.130	6.28
21	1984	Srp 90 - Dec 92	0.09	3.237	13.70
22	1983	Sep 90 - Dec 92	0.11	3.336	14.40
23	1983	Aug 90 - Dec 92	0.08	3.591	14.20
24	1975	Jsn 90 - Dec 92	1.11	4.078	5.65
25	1976	Dec 89 - Dec 92	0.75	4.266	6.68
26	1976	Dec 89 - Dec 92	0.87	4.729	6.64
27	1977	Abr 90 - Dec 92	0.27	5.008	11.30
28	1983	Sep 90 - Dec 92	0.03	5.956	18.40

29	1983	Sep 90 - Dec 92	0.08	7.759	19.00
30	1977	Mar 90 - Dec 92	0.20	7.837	11.90
31	1977	Mar 90 - Dec 92	0.52	8.930	11.80
32	1977	Abr 90 - Dec 92	1.03	9.440	10.60
33	1977	Abr 90 - Dec 92	0.60	9.567	12.70
34	1976	Feb 91 - Dec 92	0.34	10.096	14.50
35	1976	Mar 90 - Dec 92	0.47	12.411	16.40
36	1969	Sep 90 - Dec 92	0.54	15.975	15.30
37	1977	Feb 91 - Dec 92	0.87	16.068	16.70
38	1971	Feb 91 - Dec 92	1.09	18.421	16.70
39	1969	Sep 90 - Dec 92	1.36	22.040	14.60
40	1968	Jan 90 - Dec 92	2.40	28.810	21.50
41	1968	Jan 90 - Dec 92	3.37	31.044	19.50
42	1968	Jan 90 - Dec 92	2.44	34.647	25.70
43	1971	Feb 91 - Dec 92	0.71	36.510	26.50
44	1968	Oct 90 - Dec 92	3.49	54.723	61.10

volátiles emanados del tejido en pudrición de las palmáceas. De hecho, no es común encontrar insectos adultos o larvas en las palmas con los síntomas únicos de hoja pequeña, y a esto también se debe a que las plantas afectadas no mueran y puedan permanecer mostrando síntomas aún por años (Chinchilla 1992).

El resultado final de todo esto es una tasa de diseminación de la enfermedad más lenta, que depende en mucho de la población inicial del vector contaminada con el nematodo, la cual era particularmente alta en Honduras en la plantación en estudio (Chinchilla et al. 1991). La conducta agregada de la población de *R. palmarum* (Oehlschlager et al. 1995) también es un elemento que contribuye en determinar el comportamiento epidemiológico de la enfermedad. Los resultados del análisis utilizando la herramienta de la geoestadística corroboraron la distribución agregada de las palmas enfermas (Cuadro 4).

En estas condiciones es normal que el comportamiento de la epidemia se ajuste al modelo monomolecular. La capacidad de una planta enferma de infectar a las vecinas depende de que eventualmente sea visitada por un insecto vector, y esta posibilidad se reduce debido a la falta de pudriciones que lo atraigan y permitan su multiplicación en la palma enferma.

Cuadro 4. Análisis geoestadístico para la incidencia de las enfermedades de la hoja pequeña (*Bursaphelenchus cocophillus*) y la pudrición basal por *Ustulina deusta* en palma aceitera en la costa Atlántica de Honduras

Parámetro	Ecuación de mejor ajuste	
	Hoja pequeña Spherical	Basal corchosa Exponential
<i>Spatial discontinuity variance</i>	2.1	1.2
<i>Umbral (Co+C)</i>	4.48	0.33
<i>Range</i>	10.03	3.55
R^2	0.58	0.28

La situación fue bastante diferente en las plantaciones en donde el síntoma de la enfermedad que prevaleció fue el clásico o agudo. En esta situación el nematodo invade la mayoría de los tejidos de la planta, sin que aparentemente pueda ser limitado en su avance. El resultado final es la muerte de la planta en pocos meses, después de que ocurre un deterioro generalizado en la región del cogollo. Las extensivas pudriciones se asocian con la llegada de más vectores, y el desarrollo de muchas larvas que aumentan el daño. De esta forma, muchos vectores potenciales abandonan la planta e infectan muchas plantas alrededor, ocasionando una epidemia con las características descritas por un modelo policíclico (ajuste a la ecuación de Gompertz).

La pudrición basal corchosa (*Ustulina deusta*)

Como es común para los patógenos que atacan el sistema radical en árboles, el comportamiento epidemiológico de esta enfermedad se ajustó al modelo monomolecular en las tres plantaciones de palma aceitera estudiadas (Cuadros 5 y 6). La cantidad de inóculo en el suelo (normalmente asociado a troncos en descomposición en el caso de *Ustulina* es el factor que determina el porcentaje inicial de plantas enfermas (Zadoks, Schien 1979, Pfender 1982). El uso de la geoestadística corroboró la distribución agregada de las palmas enfermas (Cuadro 4).

Cuadro 5. Tasa de crecimiento ajustada con la ecuación monomolecular para la pudrición basal corchosa (*Ustulina deusta*) en palma aceitera en la costa Atlántica de Honduras.

Lote de cosecha	Material	Siembra	Periodo	Incidencia inicial y_i	Incidencia final y_f	Tasa de crecimiento $\times 10^6$
1	Deli x AVROS	1982	Jun 90 - Sep 93	0.009	0.169	0.65
2	Deli x Yangambi	1980	Feb 89 - Sep 93	0.008	0.190	0.60
3	Deli x AVROS	1969	Mar 89 - Oct 92	0.059	0.381	1.13
4	Deli x AVROS	1980	Nov 89 - Sep 93	0.087	.0.530	1.47
5	Deli x AVROS	1979	Jul 86 - Nov 93	0.016	0.659	1.60
6	Deli x AVROS	1978	Aug 86 - Jun 93	0.087	1.445	3.40

Cuadro 6. Tasa de crecimiento ajustada con la ecuación monomolecular para la pudrición basal corchosa (*Ustulina deusta*) en palma aceitera en la costa Pacífica de Costa Rica

Lote de cosecha	Material	Siembra	Periodo	Incidencia inicial y_i	Incidencia final y_f	Tasa de crecimiento $\times 10^6$
1	Deli x AVROS	1981	Mar 89 - Aug 91	0.012	0.194	1.21
2	Deli x AVROS	1976	Mar 89 - Jul 91	0.012	0.273	1.76
3	Deli x AVROS	1976	Feb 89 - Nov 91	0.009	0.278	1.42
4	Deli x AVROS	1981	Mar 89 - Oct 91	0.024	0.347	1.56
5	Deli x AVROS	1976	Mar 89 - Nov 91	0.043	0.391	1.33

Literatura

- Bulgarelli, J; Chinchilla, CM; Oehlschlager, C. 1998. The little leaf/red ring syndrome and *Metamasius hemipterus* captures in oil palm in Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, 18: 17-24.
- Campbell, C.L.; Madden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Willey and Sons, New York. 532 p.
- Campbell, C.L.; Noe, J.P. 1985. The spatial analysis of soilborne pathogens and root diseases. Ann. Rev. Phytopathology, 78(2): 129-148.
- Chellemi, D.O.; Rohrbach, K.G.; Yost, R.S.; Sonoda, R.M. 1988. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens and diseased plants using geostatistics. Phytopathology, 78(2): 221-226.
- Chinchilla, CM; Richardson, DL. 1988. Four potentially destructive diseases in Central America. In Oil Palm/Palm Oil Conferences. Agriculture. (1987, Kuala Lumpur, MY), Proc. PORIM. p. 468-470.
- Chinchilla, CM; Menjivar, R.; Arias, E. 1991. El picudo de la palma y la enfermedad del anillo rojo-hoja pequeña en una plantación comercial de palma aceitera en Honduras. Turrialba 40(4): 471-477.
- Chinchilla, CM. 1992. El síndrome del anillo rojo-hoja pequeña en palma aceitera y cocotero. Palmas (Colombia), 13(1): 33-56.
- Chinchilla, CM; Oehlschlager, AC; González, LM. 1993. Management of the red ring disease in oil palm through pheromone-based trapping of *Rhynchophorus palmarum*). In

- International Palm Oil Congress. Agriculture. (1993, Kuala Lumpur, MY). Proceedings. PORIM. p. 428-441.
- Chinchilla, C.M. 2003. Integrated management of phytosanitary problems in oil palm in Central America. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 67: 69-82.
- C.M.I. 1972. Description of pathogenic fungi and bacteria. *Ustulina deusta* , No. 360. Eastern Press, London.
- Mexzón, RG; Chinchilla, CM; Castrillo, G; Salamanca, D. 1994. Biología y hábitos de *Rhynchophorus palmarum* asociado a palma aceitera en Costa Rica. *ASD Oil Palm Papers (CR)* 8: 14-21.
- Morales, JL.; Chinchilla, CM. 1991. El picudo de la palma aceitera y la enfermedad del anillo rojo-hoja pequeña en una plantación comercial de palma aceitera en Costa Rica. *Turrialba*, 40(4): 478-485.
- Oehlschlager, AC; McDonalds, RS; Chinchilla, CM; Patschke, SN. 1995. Influence of a pheromone-based mass trapping system on the distribution of *Rhynchophorus palmarum* in oil palm. *Environmental Entomology* 24(5): 1005-1012.
- Oehlschlager, A.C.; Chinchilla, C.; Castrillo, G.; González, L. 2002. Control of red ring disease by mass trapping of *Rhynchophorus palmarum* . *Florida Entomologist* 85(3): 507-513.
- Turner, PD. 1981. *Oil Palm Diseases and Disorders*. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur (MY). 280 p.
- Umaña, C.; Chinchilla, C. 1991. Corky base rot of oil palm caused by *Ustulina deusta* in Central America. XXXI Reunión Annual de la Sociedad Americana de Fitopatología, División del Caribe, San José, Costa Rica.
- Van der Plank, J.E. 1963. *Plant Diseases: epidemics and control*. Academic Press, New York. 349 p.
- Webster, R.; Boag, B. 1992. Geostatistical analysis of cyst nematodes in soil. *Journal of Soil Science*, 43: 583-585.
- Zadoks, J.C.; Schein, R.D. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. Oxford University Press, New York. 427 p.