

Desarrollo de variedades de palma de aceite para condiciones climáticas extremas

Development of Oil Palm Varieties for Extreme Climatic Conditions

Amancio Alvarado¹
Francisco Sterling

Resumen

La necesidad de ampliar las áreas para el cultivo de palma aceitera ha llevado la actividad a regiones poco aptas para su buen desarrollo y producción, por lo que la búsqueda de genotipos o variedades tolerantes a enfermedades, al déficit hídrico y a las bajas temperaturas, se ha vuelto un objetivo importante en los programas de mejoramiento genético. La experiencia generada por diversos grupos de investigadores sobre la tolerancia a la sequía en esta especie es relativamente amplia, aunque se ha evaluado una reducida diversidad genética. Por su parte, los estudios sobre la adaptación de los materiales a las bajas temperaturas son escasos. El Programa de Investigaciones en Palma Aceitera de ASD de Costa Rica, ha producido materiales de siembra con aptitudes para soportar estas condiciones adversas, por lo cual ha participado en investigaciones realizadas en Costa Rica y en diversas regiones de África. La tolerancia al déficit hídrico fue evaluada a través de un estudio exploratorio, realizado en dos localidades de Costa Rica, Coto 47 (Pacífico Sur), y San Mateo (Pacífico Central), con condiciones climáticas contrastantes, principalmente en cuanto a la presencia de déficit hídrico. Treinta y cuatro cruzamientos fueron plantados en 1994 en cada localidad, y se evaluaron durante cuatro años, a través de variables relacionadas con la tolerancia a la sequía, el desarrollo vegetativo y la producción de fruta. Los distintos genotipos respondieron en forma diferente a las condiciones de sequía en la región de San Mateo. La menor acumulación de hojas flecha por planta se observó en las progenies obtenidas de las poblaciones Angola y Tanzania; y de las líneas ténera Tanzania, Yangambi y La Mé, cuando estas se combinaron con Deli. El número de hojas secas por palma, atribuidas al déficit hídrico (hojas bajas), varió considerablemente entre progenies; los genotipos obtenidos de las líneas Bamenda, Angola y Deli/Ekona y de las poblaciones silvestres Malawi y Mobai, mostraron la menor cantidad de hojas secas por planta. Las palmas silvestres de origen Malawi y las progenies de origen Bamenda y Tanzania registraron la mayor producción de racimos durante los primeros 24 meses de evaluación; los derivados Mobai y Tanzania (ténera) también mostraron un buen desempeño. Aunque todos los cruces probados fueron afectados negativamente por el déficit hídrico, y el fuerte viento, en la región de San Mateo, se observaron características superiores en algunos de ellos; lo que indica que la investigación sobre déficit hídrico en un ambiente con condiciones menos severas que las del presente estudio, puede permitir la selección de

Palabras Clave

Mejoramiento genético,
Material de siembra,
Déficit hídrico,
Clima,
Temperatura,
Palma de aceite.

1 . ASD de Costa Rica, S.A. Apdo. 30-1000, San José, Costa Rica.

Nota: Este artículo se publica "sin editar", la responsabilidad de los textos es de los autores.



progenies tolerantes para su uso comercial. Por otra parte, los materiales tolerantes al frío se han evaluado en ASD desde la década del 70; tras la introducción en 1967, de semilla silvestre proveniente de tierras altas de Camerún (1.000 a 2.000 msnm) y Tanzania (1.000 msnm). Dichos genotipos se adaptan adecuadamente a sitios en que las líneas convencionalmente utilizadas no lo hacen. Estas progenies (Bamenda x AVROS, Bamenda x Ekona, Tanzania x AVROS y Tanzania x Ekona), producidas desde 1990, han sido evaluadas comercialmente en diversas regiones de Camerún, Etiopía, Kenia, Malawi, Zambia y Ecuador; y han mostrado una elevada precocidad y mayor producción que los materiales de uso convencional. Algunos de estos cruces, también presentan tolerancia al déficit hídrico y a la marchitez por *Fusarium*. El potencial de producción de aceite, y las características de crecimiento de estas progenies se han evaluado en Coto, Costa Rica en varios experimentos, y han mostrado buena producción de fruta y, en algunos casos, más aceite que los materiales de uso tradicional, Deli x AVROS y Deli x Ekona.

Summary

The need to expand the oil palm crops area has taken the activity to regions not very appropriate for its good development and production, and therefore, the search of genotypes or varieties tolerant to diseases, to hydric deficit and to low temperatures, has become an important objective in genetic improvement programs. The experience generated by several research groups about the tolerance to drought in this species is relative wide, although a reduced genetic diversity has been evaluated. On its part, the studies of material adaptation to low temperatures are scarce. The Costa Rica ASD Oil Palm Research Program has produced sowing materials with aptitudes to stand these adverse conditions, for which reason it has participated in research efforts carried in Costa Rica and in various African regions. The hydric deficit tolerance was evaluated by means of an exploratory study carried out in two villages of Costa Rica, Coto 47 (South Pacific) and San Mateo (Central Pacific), with contrasting climatic conditions, mainly regarding the presence of hydric deficit. Thirty four crossings were sown in 1994 in each village, and they were evaluated during four years, through the variables related to tolerance to drought, vegetative development and fruit production. The different genotypes responded in different ways to the drought conditions of the region of San Mateo. A lesser accumulation of arrow leaves per plant was observed in the progenies obtained from the Angola and Tanzania populations; and from the Tanzania, Yangambi and La Mé tenera lines, when these were combined with Deli. The number of dry leaves per palm, attributed to the hydric deficit (lower leaves), had a considerable variation between progenies; the genotypes obtained from the Bamenda, Angola and Deli/Ekona lines and from the Malawai and Mobai wild populations, showed a smaller amount of dry leaves per plant. Wild palms originated from Malawi and the progenies originated in Bamenda and Tanzania, registered the largest bunch production during the first 24 evaluation months; those derived from Mobai and Tanzania (ténera) also showed a good yield. Although the approved crossings tested were negatively affected by the hydric deficit and the strong wind. In the San Mateo region, in some of them higher characteristics were observed, which indicates that the research of hydric deficit in a less strong conditions environment that the ones used for the current study, may allow the selection of tolerant progenies for their commercial use. On the other hand, materials tolerant to cold have been evaluated in ASD since the decade of the 70s, after the introduction in 1967, of the wild seed original from the Cameroon high lands (1000 a 2000 msnm) and Tanzania (1000 msnm). These genotypes properly adapt to places where the lines conventionally used do not. These progenies (Bamenda x AVROS, Bamenda x Ekona, Tanzania x AVROS and Tanzania x Ekona), produced since 1990, have been commercially evaluated in several regions of Cameroon, Etiopia, Kenia, Malawi, Zambia and Ecuador; and they have shown an elevated precocity and larger production than the materials of conventional use. Some of these crossings also present tolerance to hydric deficit and to wilt by *Fusarium*. The potential of oil production and the growth characteristics of these progenies have been evaluated through several experiments in Coto, Costa Rica, and they have shown a good fruit production and, in some cases, more oil than the traditionally used materials, Deli x AVROS and Deli x Ekona.

Introducción

La necesidad de ampliar las áreas para el cultivo de la palma de aceite ha llevado la actividad a regiones cada vez menos aptas para su desarrollo. Los programas de mejoramiento genético buscan genotipos o variedades con tolerancia a enfermedades, al déficit hídrico y a las bajas temperaturas, que permitan una explotación económica adecuada en condiciones marginales.

La experiencia generada sobre la tolerancia a la sequía en esta especie es relativamente amplia, aún cuando han abarcado una reducida diversidad genética. Por su parte, los estudios sobre la adaptación de los materiales a las bajas temperaturas son escasos. El Programa de Investigaciones en Palma Aceitera de ASD de Costa Rica, ha producido materiales genéticos con aptitudes para soportar estas condiciones adversas, con los cuales se han realizado pruebas realizados en Costa Rica y en diversas regiones de África.

El presente documento resume las experiencias obtenidas con la evaluación de estos materiales en diferentes localidades, en las cuales se observa su comportamiento en condiciones de fuerte déficit hídrico y de bajas temperaturas.

Comportamiento de la palma de aceite en condiciones de déficit hídrico

El cultivo de la palma de aceite expresa su óptimo desempeño en regiones con una precipitación abundante y bien distribuida a través del año; los valores medios mensuales asociados con buenos rendimientos deben ser superiores a los 150 mm (Hemptinne y Ferwerda, 1961). Sin embargo, esta especie posee naturalmente una gran capacidad para sobrevivir a periodos prolongados de sequía. Algunas características morfológicas y fisiológicas que facilitan esta adaptación natural son su tronco voluminoso, su sistema radical extenso y un eficiente sistema estomático (Maillard *et al.*, 1974; Villalobos *et al.*, 1991 y 1992). Además puede mencionarse la aborción de inflorescencias femeninas, la variación estacional en los picos de producción de racimos y la movilización de reservas; todo lo cual le permite compensar la menor tasa de fotosíntesis debido al cierre de estomas (Nouy *et al.*, 1999).

Los síntomas visibles más evidentes utilizados como indicadores de la sequía en palmas adultas, son la acumulación de flechas, el doblamiento y secamiento prematuro de las hojas inferiores e intermedias y la falla de racimos (Umaña y Chinchilla, 1989). Algunas variables fisiológicas como el contenido relativo de agua o el potencial hídrico foliar no siempre son buenos indicadores del estrés hídrico, en especial si se evalúan en horas del mediodía (Villalobos *et al.*, 1992).

La rápida respuesta del sistema estomático ante condiciones de estrés hídrico, implica una reducción en la capacidad fotosintética y por ende en el potencial de rendimiento; por lo que la producción de genotipos resistentes a la sequía y altamente productivos parece no ser compatible (Villalobos y Rodríguez, 1998). Sin embargo, otros autores han observado diferencias en el comportamiento de algunos materiales genéticos, y sugieren la posibilidad de seleccionar genotipos resistentes y de alta productividad (Maillard *et al.*, 1974).

Hossou *et al.* (1992), encontraron que el genotipo Deli x Yangambi toleró mejor el déficit hídrico con una tasa de mortalidad inferior al 3%; al tiempo que las parcelas de origen Deli x La Mé mostraron un 16% de mortalidad, aunque algunas progenies La Mé mostraron un mayor grado de adaptación a la carencia de agua. Nouy *et al.* (1999) obtuvieron resultados muy similares; y encontraron una buena respuesta en el comportamiento de Deli x La Mé y Deli x Yangambi evaluados en dos condiciones de sequía, con déficit hídrico de 400 a 700 mm anuales.

Experiencias obtenidas en Costa Rica

Dos ensayos fueron sembrados en sendas localidades de Costa Rica, en los cuales se midió de manera preliminar la respuesta ante el déficit hídrico y el potencial de producción de 34 genotipos. El primero de dichos ensayos se estableció en la Estación Experimental del Programa de Investigaciones en Palma Aceitera de ASD de Costa Rica, en Coto 47 (Pacífico Sur), a una altitud de 50 msnm. En esta región, la precipitación anual es de 3900 mm; durante los meses de diciembre a marzo la cantidad de lluvia es menor, y el déficit hídrico anual total es de 200 mm. Las progenies se distribuyeron en dos bloques, con parcelas de ocho plantas en cada bloque.



El segundo ensayo se sembró en San Mateo (Alajuela, Pacífico Central); este lugar se encuentra a 250 msnm, y es un sitio no apto para el cultivo comercial de palma aceitera, debido a la presencia de un déficit hídrico extenso asociado con fuerte viento. La precipitación en esta región es de 2400 mm anuales, con un periodo seco definido de diciembre a abril, que registra hasta 700 mm de déficit hídrico total. En esta localidad, las progenies se distribuyeron en un solo bloque, en parcelas de 12 plantas.

Las evaluaciones de producción y la determinación de las características del racimo en Coto 47, se registraron entre el cuarto y el séptimo año; el crecimiento se midió a los seis años. En las parcelas de San Mateo, las observaciones de variables asociadas al déficit hídrico (número de hojas secas y cantidad de flechas acumuladas) se realizaron a los cuatro años de edad, y la evaluación de producción de fruta se efectuó a lo largo del tercero y cuarto año. Adicionalmente, se seleccionaron siete cruces de buena a regular adaptación, para medir variables morfológicas y fisiológicas asociadas al déficit hídrico (potencial hídrico, contenido relativo de agua, tasa de pérdida de agua, contenido de ceras epicuticulares y peso específico foliar), durante el periodo de noviembre de 1997 a abril de 1998 (Villalobos y Rodríguez, 1998).

La acumulación de hojas flecha fue el síntoma más frecuentemente asociado con el estrés hídrico; conforme las condiciones de sequía se tornaron más severas, aparecieron amarillamientos y áreas necróticas en las puntas de los foliolos. Posteriormente se observó secamiento y

doblamiento de las hojas ubicadas en la parte inferior y media del dosel, e incluso en algunas se presentó fractura del raquis.

La menor acumulación de hojas flecha por planta se observó en las progenies obtenidas de la población femenina (dura) Angola (1.8 flechas por planta), y de la población Tanzania (ténera) (1.7 flechas por planta). Los materiales con el mayor número de flechas acumuladas incluyen algunas progenies descendientes de las líneas Deli dura, en especial en sus combinaciones con las fuentes masculinas AVROS, Ekona y Calabar (2.8 a 2.5 flechas por planta). El origen Deli mostró mayor tolerancia a la sequía cuando fue cruzado con palmas de las poblaciones Tanzania, Yangambi y La Mé (Tabla 1).

El número de hojas secas por palma varió considerablemente entre progenies, desde 1 hasta 21. Los cruces de origen Bamenda, Angola y las palmas de la población silvestre Malawi, mostraron la menor cantidad de hojas secas por planta (4 a 7.2 en promedio). Las descendencias provenientes de las líneas Deli dura y Tanzania (dura), presentaron el mayor número de hojas secas y dobladas (11 a 15.5). Las diferencias fueron menores entre las líneas masculinas, aunque la fuente Mobai (6.4 hojas secas) mostró superioridad en esta característica (Tabla 2).

En este estudio no se analizaron las diferencias morfológicas o fisiológicas que pudieran ayudar a explicar el grado de adaptación de los genotipos al déficit hídrico; pero algunas observaciones sobre la producción de racimos permiten medir su tolerancia a esas condiciones. Las palmas silvestres de origen Malawi (14.2 racimos durante

Tabla 1 Número de hojas flecha acumuladas en palmas de cuatro años, en varios genotipos de palma aceitera, sembradas en condiciones de severo estrés hídrico en San Mateo, Costa Rica

Origen femenino	Origen masculino							Promedio
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	Mobai	Tanzania	Yangambi	
Angola	2.3	2.3	1.6	2.3	1.4	1.0	1.8	1.8
Bamenda	1.9	2.8		2.4	2.9	1.9	2.5	2.4
Deli Dura	2.8	2.5	2.6	2.2	1.7	2.0	2.1	2.3
Deli/Ekona	2.1	2.3		2.6	3.3		1.8	2.4
Tanzania	1.6	2.5		2.7	2.6		1.9	2.3
Malawi								1.9
Promedio	2.1	2.5	2.1	2.4	2.2	1.7	2.0	2.2

Tabla 2 Número de hojas secas observadas en palmas de cuatro años de edad, en varios genotipos de palma aceitera, sembrados en condiciones de severo estrés hídrico en San Mateo, Costa Rica

Origen femenino	Origen masculino							Promedio
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	Mobai	Tanzania	Yangambi	
Angola	4.0	9.0	6.0	5.0	9.0	ND	10.0	7.2
Bamenda	7.0	11.0		ND	1.0	4.0	9.0	6.4
Deli Dura	10.0	18.0	12.0	6.0	2.0	17.0	12.0	11.0
Deli/Ekona	ND	11.0		6.0	12.0		9.0	9.5
Tanzania	ND	21.0		18.0	8.0		15.0	15.5
Malawi								4.0
Promedio	7.0	14.0	9.0	8.8	6.4	10.5	11.0	8.9

ND = no se recopiló el dato

todo el periodo de evaluación) y las progenies derivadas de las líneas femeninas Bamenda y Tanzania (11.8 y 9.5 racimos por palma, respectivamente), registraron la mayor producción de racimos durante los primeros 24 meses de evaluación; mientras que la fuente Deli dura estuvo asociada con progenies que mostraron un pobre desempeño. Las líneas masculinas también influenciaron el comportamiento de sus descendientes en la producción de racimos; el mayor número de racimos fue registrado en las progenies de origen Mobai (14.2) y Tanzania (17.0) (Tabla 3).

Las progenies de uso comercial, derivadas de la población Deli dura fueron de pobre desempeño, debido a los severos síntomas desarrollados y a su reducida precocidad. Solo las progenies de origen Deli x La Mé, y en menor grado Deli x Yangambi, tuvieron un comportamiento aceptable; coincidiendo con lo reportado en la literatura (Maillard 1974, Hossou *et al.*, 1992).

Aún cuando se evaluaron solo algunas palmas de la población silvestre Malawi, su apariencia y producción de racimos en las condiciones tan adversas adonde se desarrolló el experimento, indican que su grado de adaptación a la sequía es muy bueno.

Villalobos y Rodríguez (1998) ampliaron las anteriores observaciones, al evaluar con mayor detalle siete de los genotipos. Dichos autores encontraron diferencias entre ellos, al analizar otras variables fisiológicas asociadas al estrés hídrico. Concluyeron que es posible obtener descendencias tolerantes a la sequía dentro de las poblaciones Angola, Tanzania y La Mé, y en algunas líneas Deli. Encontraron que la mejor adaptación se asoció con progenies Angola x Tanzania y Angola x La Mé, por su apariencia, producción, mayor potencial hídrico al amanecer y mayor peso específico foliar.

Tabla 3 Número de racimos producidos durante los primeros 24 meses de evaluación en varios genotipos de palma aceitera, sembrados en condiciones de severo estrés hídrico en San Mateo, Costa Rica

Origen femenino	Origen masculino							Promedio
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	Mobai	Tanzania	Yangambi	
Angola	3.7	5.8	8.8	9.2	15.0	14.7	6.2	9.1
Bamenda	7.0	3.7		10.3	21.7	20.7	7.6	11.8
Deli Dura	3.9	6.8	5.0	11.1	11.4	15.6	6.0	8.5
Deli/Ekona	7.9	8.4		8.5	9.6		9.1	8.7
Tanzania	3.4	9.2		10.3	13.5		11.0	9.5
Malawi								14.2
Promedio	5.2	6.8	6.9	9.9	14.2	17.0	8.0	10.3

Una comparación relativa, del rendimiento de los diferentes cruces se puede obtener observando los valores obtenidos en ausencia de déficit hídrico, en la localidad de Coto 47 (Tabla 4).

Tabla 4 Comportamiento promedio observado en varios orígenes genéticos, Coto 47

Origen materno	Origen paterno	n	FFB	ATR	LHJ	O/B	OHAY
Angola	AVROS	16	186.9	246	689	24.7	6.7
	Calabar	5	176.1	201	691	25.3	6.3
	Ekona	11	172.6	204	665	21.8	5.4
	La Mé	10	156.7	209	673	24.4	5.5
	Mobai	12	132.0	219	621	17.8	3.4
	Tanzania	5	187.8	217	659	21.9	5.9
	Yangambi	16	161.4	220	689	26.4	6.2
Promedio		75	165.9	220	670	23.5	5.7
Bamenda	AVROS	7	163.8	196	656	20.5	4.9
	Calabar	11	130.9	156	626	18.0	3.3
	Ekona	8	153.0	150	642	24.1	5.3
	La Mé	8	133.5	151	729	20.5	4.0
	Mobai	11	110.2	156	577	15.7	2.2
	Tanzania	5	185.4	168	661	20.4	5.4
	Yangambi	9	138.1	174	644	20.5	4.5
Promedio		59	140.0	163	642	20.0	4.2
Deli	AVROS	9	167.0	244	730	24.8	5.9
	Calabar	15	169.2	183	705	27.4	6.7
	Ekona	8	171.9	210	668	24.0	6.0
	La Mé	12	160.5	182	711	20.1	4.8
	Mobai	14	122.1	186	631	19.2	3.4
	Tanzania	14	169.4	192	741	25.4	6.2
	Yangambi	14	163.6	213	686	27.3	6.5
Promedio		86	159.5	199	696	24.1	5.6
Tanzania	AVROS	15	166.9	208	655	23.7	5.7
	Calabar	15	169.5	172	662	23.2	5.4
	Ekona	9	154.6	175	664	22.8	6.0
	La Mé	15	153.7	170	667	21.9	4.8
	Mobai	8	119.4	171	562	21.6	3.4
	Yangambi	16	156.2	179	642	24.5	5.4
	Promedio		78	156.4	180	647	23.4
Promedio	AVROS	52	168.0	221	676	22.9	5.8
	Calabar	58	159.7	181	667	23.5	5.4
	Ekona	44	162.0	187	662	23.6	5.7
	La Mé	58	149.1	178	691	21.9	4.7
	Mobai	52	116.5	182	596	19.3	3.2
	Tanzania	29	177.1	201	683	23.0	5.8
	Yangambi	70	151.1	196	668	25.5	5.6
Promedio general		363	153.9	192	665	23.3	5.3

* Producción de fruta anual (FFB) registrados entre el cuarto y el séptimo año de edad.

* Altura (ATR) y longitud foliar (LHJ) evaluados a los seis años de edad.

* La extracción de aceite en el racimo (O/B), evaluada entre el cuarto y el séptimo año de edad.

* OHAY = aceite por hectárea por año.

Respuesta de la palma aceitera a las bajas temperaturas

Origen del material tolerante a las bajas temperaturas

El material con tolerancia a las bajas temperaturas, fue introducido a ASD en 1967 y en 1977, proveniente de dos regiones de África, en las cuales se realizó prospección en plantaciones silvestres. Después de su evaluación inicial sus descendencias fueron reproducidas y sembradas en diferentes localidades para observar su potencial de producción.

Bamenda (Camerún). Blaak G. recolectó en 1967 semillas de palmas silvestres en las tierras altas de Bamenda, en la región noroeste de Camerún, la cual posee una estación seca de seis meses al año. Este material se utilizó para obtener materiales de palma aceitera tolerantes a condiciones extremas como baja radiación solar, sequía y bajas temperaturas. Las primeras evaluaciones en el vivero y en el campo con estos materiales mostraron elevada precocidad, y en algunas progenies se observó tolerancia a la marchitez por *Fusarium* (Blaak y Sterling, 1996).

Una parte de la semilla recolectada fue enviada a la Estación Experimental de ASD de Costa Rica, en la región suroeste de este país. Nueve grupos de semillas, recolectados entre los 900 y los 1500 msnm, provenientes de palmas adultas, fueron sembrados en 1968; algunas características de los materiales recolectados se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5 Composición del racimo evaluada en los materiales originalmente recolectados en las regiones de Bamenda y Kigoma

	Valores promedio				
	Fwt*	M/F	Sh/F	K/F	O/M
	g	%	%	%	%
Bamenda, Camerún					
Palmas D	8.4	35.5	51.8	13.1	50.9
Palmas T	9.4	68.6	21.2	10.2	45.2
Kigoma, Tanzania**					
Palmas D	14.5	63.0			
Palmas T	13.5	76.3	0.9	10.0	

* Fwt = peso medio del fruto, M/F = mesocarpo en el fruto,

Sh/F = cáscara en el fruto, K/F = almendra en el fruto, O/M = aceite en el mesocarpo.

** Richardson y Chávez, 1986.

La población original fue evaluada fenotípicamente durante cuatro años, dando especial importancia a las características del racimo. La formación del racimo en el grupo de plantas dura resultante fue bueno, mostrando en promedio 67% de frutos en el racimo, 41% de mesocarpo en el fruto y 14% de almendra en el fruto; aunque una baja tasa de extracción de aceite (Tabla 6).

Las mejores palmas seleccionadas se usaron para producir la siguiente generación de duras, sembrada en 1994. En esta nueva población se evaluó la producción de racimos durante los primeros tres años, el crecimiento a los cuatro años y las características del racimo del cuarto al quinto año. La producción promedio de fruta de este grupo fue de 94 Kg por palma por año, y su tasa de extracción de aceite fue del 12% (Tabla 7).

Kigoma (Tanzania). Durante otra gira de búsqueda de germoplasma en regiones de altitud media, Blaak G. recolectó semilla silvestre proveniente de seis palmas, cinco téneras y una

dura, en el distrito de Kigoma, Tanzania, en enero de 1977. Este sitio se encuentra a 850 msnm, y posee temperaturas extremas de 11.8°C. La población muestreada presentó una alta frecuencia de palmas ténera con frutos de cáscara excepcionalmente delgada (Richardson y Chávez, 1986) (Tabla 5).

La descendencia de las cuatro téneras fue sembrada en 1978, en la Estación Experimental de ASD. Su producción promedio por palma varió de 90 a 107 kg de fruta durante los primeros cuatro años; producto de un alto número (19 a 21) de racimos pequeños (4.6 a 5.2 Kg). Las palmas tipo dura se caracterizaron por una buena formación del racimo, con 72% de frutos en el racimo, 56% de mesocarpo en el fruto y 20% de aceite en el racimo. En las descendencias ténera, la extracción de aceite alcanzó el 27% (Richardson y Chavez, 1986) (Tabla 6).

Varios individuos tipo dura se seleccionaron después de la evaluación fenotípica inicial, con lo cual se plantó una nueva generación en 1994. Las características de producción y crecimiento se evaluaron durante los mismos periodos indicados para la población Bamenda sembrada ese mismo año. Esta descendencia mostró una excepcional precocidad, con rendimientos anuales de fruta por palma de 185 Kg, un alto porcentaje de mesocarpo en el fruto (54%) y una alta extracción de aceite (18.8%) (Tabla 7).

Comportamiento de las progenies tolerantes a las bajas temperaturas

Producción en regiones de elevada altitud

ASD de Costa Rica ha producido desde 1990, cuatro tipos de progenies con tolerancia al frío: Bamenda x AVROS, Bamenda x Ekona, Tanzania x AVROS y Tanzania x Ekona. Estas fueron inicialmente comercializadas para su siembra en las regiones altas de Camerún, Etiopía, Kenia, Malawi y Zambia (1000 a 1500 msnm); en donde han mostrado una elevada precocidad, tolerancia al déficit hídrico y a la marchitez por *Fusarium* (evaluada en la etapa de vivero) (Chapman *et al.*, 2003; Blaak y Sterling, 1996; Steele y Griffee, 2001; FAO, 2002).

La producción de racimos en dichas regiones, ha iniciado entre los dos y tres años después de la siembra, y los resultados iniciales han mostrado que la producción de aceite supera

Tabla 6 Composición del racimo en los materiales Bamenda y Kigoma evaluados en Coto, Costa Rica

	n*	Fwt g	F/B %	M/F %	K/F %	O/M %	O/B %
Bamenda, Camerún							
D	219	8.2	67.2	41.2	14.3	44.8	12.9
T	49	6.5	65.5	68.9	14.5	44.1	19.1
Kigoma, Tanzania**							
D	96	9.8	71.7	55.7	9.5	50.1	20.2
T	115	7.5	68.3	78.4	10.3	50.3	27.0

* n = palmas; Fwt= peso medio del fruto; F/B= fruto en el racimo; M/F= mesocarpo en el fruto; O/M= aceite en el mesocarpo; O/B= aceite en el racimo.

** Richardson y Chávez, 1986.

Tabla 7 Promedio para algunas variables observado en descendencias dura de origen Bamenda y Kigoma sembradas en 1994

	FFB kg	ATR cm	LHJ cm	M/F %	O/B %	OHAY t
Bamenda, Camerún						
	93.8	57	472	40.5	11.6	1.5
Kigoma, Tanzania						
	184.6	68	522	54.0	18.8	4.9

* FFB = producción de fruta por palma por año; ATR = altura total del tronco; LHJ = longitud de la hoja; M/F = mesocarpo en el fruto; O/B = aceite en el racimo; OHAY = aceite por hectárea por año.



hasta cuatro veces la obtenida a partir de las palmas dura locales (Chapman *et al.*, 2003; Steele y Grifee, 2001; FAO, 2002).

Esta precocidad es sorprendente, si se considera que en las tierras altas de Bamenda, otros materiales comerciales, llegan a estabilizar su producción hasta los 12 años de edad (Blaak y Sterling, 1996), y en Zambia las duras locales inician su producción alrededor del octavo año (FAO, 2002).

La producción de aceite ha alcanzado los 9 a 12 litros por palma a los cuatro años y medio, en los proyectos de Malawi y Zambia; elevándose de 20 a 30 litros a los seis años de edad. Los rendimientos de fruta más altos correspondientes a estas edades, fueron de 60 y 150 Kg/palma, respectivamente. (Chapman *et al.*, 2003; FAO, 2002).

Blaak y Sterling (1996) reportaron los resultados iniciales de un ensayo en el cual se evaluó la precocidad y la producción de algunos cruces Bamenda x AVROS y Tanzania x AVROS, junto con los comerciales, Deli x Ekona y Deli x AVROS. Dicho ensayo fue sembrado en 1992 en una región del oeste de Etiopía, ubicada a 960 msnm, con 1800 mm de precipitación bien distribuida a lo largo del año, y suelos adecuados para el cultivo de la palma (Tabla 8).

La precocidad de los materiales Bamenda y Tanzania fue evidente en el primer experimento, tanto por su elevado porcentaje de palmas en floración como por la cantidad promedio de inflorescencias femeninas por palma, observada

un año después de la siembra. Su comportamiento siguió siendo superior a Deli x AVROS a los tres y cuatro años, aunque no superaron a las descendencias Deli x Ekona, que también mostraron tolerancia a esa condición particular. Dos años después la situación cambió; tras un periodo de aborción de flores y racimos que redujo la producción en todos los materiales, las descendencias de Bamenda y Tanzania mostraron una producción superior y más estable (Tabla 8).

En un grupo de parcelas demostrativas, plantadas en 1998 en Santo Domingo de los Colorados, Ecuador, la precocidad de las progenies Bamenda x Ekona y Tanzania x Ekona ha sido elevada, y su rendimiento acumulado (40 a 42 t/ha) supera al de los materiales de uso comercial más frecuente (33 a 38 t/ha) (Tabla 9).

Producción en regiones bajas

Diversas progenies de origen Bamenda y Tanzania se han sembrado en Coto desde 1985, con el fin de evaluar su potencial de producción de fruta y de aceite.

La mayoría de los cruces evaluados han mostrado buena producción de fruta y algunas, incluso, han producido más aceite que los materiales Deli x AVROS y Deli x Ekona.

Las descendencias de origen Bamenda x AVROS producen tanta fruta como las progenies testigo, a lo cual se suma un menor crecimiento en altura. La combinación Tanzania x AVROS ha mostrado alta producción de fruta y crecimiento vigoroso. Su extracción de aceite es ligeramente inferior a Deli x AVROS; el origen Tanzania x

Tabla 8 Porcentajes de floración y número de racimos observados en un experimento que evalúa materiales de palma aceitera tolerantes al frío, en Gelesha, Etiopía*

Experimento 92/1 Origen	Edad (años)				
	a	b	c		
	1	1	3	4	6
Bamenda x AVROS	70	3.3	5.2	14.3	9.2
Tanzania x AVROS	62	2.3	4.5	12.3	8.6
Deli x Ekona	37	1.2	9.1	16.6	7.3
Deli x AVROS	3	0.1	3.3	10.1	6.9

a = % palmas en floración; b = flores/palma; c = número de racimos por palma
* Blaak y Sterling, 1996.

Tabla 9 Producción inicial de fruta en parcelas demostrativas con diferentes materiales sembrados en 1998, Santo Domingo, Ecuador

Material	Palmas	t/ha/año			Total
		2000	2001	2002	
Bamenda x AVROS	73	10.3	6.3	12.3	28.9
Bamenda x Ekona	36	5.8	15.4	19.2	40.4
Tanzania x AVROS	57	7.8	10.8	13.5	32.1
Tanzania x Ekona	75	9.2	15.3	17.0	41.5
Deli x AVROS	48	6.5	14.8	11.2	32.6
Deli x Ekona	32	9.4	15.6	13.4	38.3
Deli x Ghana	46	9.8	12.2	15.0	37.0
Deli x La Mé	29	7.2	11.7	13.3	32.2
Promedio		8.2	12.8	14.4	35.4

Ekona, muestra un rendimiento de fruta similar al testigo comercial, reducida altura y buena extracción de aceite (Tabla 10).

Conclusiones

Es posible encontrar tolerancia a factores adversos como la sequía y las bajas temperaturas dentro de la especie *Elaeis guineensis*. Muchas pruebas, realizadas en varias localidades, han mostrado diferencias en el comportamiento de los cruces genéticos. Es claro que algunas otras fuentes de germoplasma, distintas de La Mé y Yangambi, muestran potencial para soportar estas condiciones, lo que permitiría ampliar la base genética en la búsqueda de dicho objetivo.

Para profundizar en el estudio del déficit hídrico y explotar toda la diversidad genética disponible,

se requiere establecer ensayos en regiones menos adversas a las descritas en este trabajo, en donde el fuerte viento contribuyó al bajo rendimiento de fruta.

Las posibilidades de obtener materiales que muestren una buena respuesta a las bajas temperaturas parece cercana, dadas las buenas experiencias generadas en las plantaciones comerciales de las regiones elevadas y frías de África y Ecuador.

Con este tipo de experimentos, no solo se espera mejorar la productividad del cultivo en esas condiciones extremas, sino también encontrar nuevas combinaciones genéticas que muestren un buen desempeño en las regiones de siembra tradicionales; y ofrezcan ventajas adicionales como el incremento de la vida útil de la plantación o elevados rendimientos de aceite y almendra.✿

Tabla 10

Comportamiento observado en distintas progenies con materiales tolerantes al frío, evaluadas en Coto 47

Origen	Palmas	FFB kgs	FFB t	ATR cm	LHJ cm	M/F %	O/B %	OHAY t
Siembra 1985								
Deli x AVROS	220	164.3	23.5	415	698	79.2	25.4	6.0
Bamenda x AVROS	115	152.8	21.9	350	745	81.2	25.9	5.7
Siembra 1991								
Deli x AVROS	36	156.7	22.4	148	611	85.6	27.6	6.2
Tanzania x AVROS	36	155.8	22.3	142	677	83.0	26.6	5.9
Tanzania x Ekona	36	130.9	18.7	110	573	76.1	27.3	5.1
Siembra 1992								
Deli x AVROS	102	146.2	20.9	211	660	85.3	29.4	6.1
Tanzania x Ekona	85	152.9	21.9	175	665	84.0	29.8	6.5

* FFB = producción de fruta por palma por año, ATR = altura total del tronco, LHJ = longitud de la hoja, M/F = mesocarpo en el fruto, O/B = aceite en el racimo, OHAY = aceite por hectárea por año.

Bibliografía

- 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.
- CHAPMAN, K.R.; ESCOBAR, R.; GRIFFEE, P. 2003. Cold tolerant or altitude adapted oil palm hybrid development initiatives in the Asia/Pacific region. *Au. J. T.* 6(3):1-5.
- FAO. 2002. Oil palm in western Kenya. *Agriculture 21 Magazine*, FAO. 3 p.
- HEMPTINNE, J.; FERWERDA, J. D. 1961. Influence des précipitations sur les productions du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Oléagineux* 16(7) 431-437.
- HOUSSOU, M.; CORNAIRE, B.; OMORE, A.; ADJE, J. 1992. Selection pour la résistance à la sécheresse du palmier à huile. ISOPB. Montpellier, France.
- MAILLARD, G.; DANIEL, C.; OCHS, R. 1974. Analyse des effets de la sécheresse sur le palmier a huile. *Oléagineux* (8-9): 397-404.



- NOUY, B.; BAUDOUIN, L.; DJEGUI, N.; OMORE, A. 1999. Le palmier a huile en conditions hydriques limitantes. Plantations, recherche, développement. pp 31-45.
- RICHARDSON, D.L.; CHAVEZ, C. 1986. Oil palm germplasm of Tanzanian origin. Turrialba (C.R.), 36(4):493-498.
- STEELE, P.; GRIFFEE, P. 2001. Western Kenya and the potential for oil palm. FAO Int. Rep. 7 p.
- UMAÑA, C.; CHINCHILLA, C. 1989. Sintomatología asociada al déficit hídrico en palma aceitera. Bol. Tec. OPO-UB 3(3): 50-54.
- VILLALOBOS, E.; CHINCHILLA, C.; ECHANDI, C.; FERNANDEZ, O. 1991. Short term responses of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) to water deficit in Costa Rica. PORIM Int. Conf, Kuala Lumpur, Malaysia.
- VILLALOBOS, E.; RODRIGUEZ, W. 1998. Evaluación de la capacidad de asimilación del carbón, de la eficiencia en el uso del agua y de la resistencia a la sequía, en progenies de palmas aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Costa Rica. Universidad de Costa Rica, Informe de Proyecto VI-734-97-16, CIGRAS, 1998. 32 p.
- VILLALOBOS, E.; UMAÑA, C.; CHINCHILLA, C. 1992. Estado de hidratación de la palma aceitera, en respuesta a la sequía. Oléagineux 47(5):217-223.
- VILLALOBOS, E.; UMAÑA, C.; STERLING, F. 1990. Determinación del contenido relativo de agua en progenies de palma aceitera (*Elaeis guineensis*), durante la época seca en Quepos, Costa Rica. Agronomía Costarricense 14(1): 73-78.