

VARIEDADES DE PALMA ACEITERA TOLERANTES AL ESTRÉS HÍDRICO

STRESS TOLERANT OIL PALM VARIETIES

AUTORES

Amancio Alvarado
Francisco Sterling

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

Palabras CLAVE

Palma de aceite, estrés
hídrico, material genético.

Oil palm, water deficit,
genetic material

Tomado de:
ASD Oil Palm Papers,
(2005) 28:5-20.

RESUMEN

La tolerancia al déficit hídrico fue evaluada en dos localidades de Costa Rica: Coto (Pacífico Sur), con un déficit promedio estimado de 200 mm al año; y San Mateo (Pacífico Central), con un déficit de 700 mm. Durante cuatro años se determinó la respuesta a la sequía, el crecimiento vegetativo, y la producción de racimos en 34 cruzamientos (progenies) que fueron plantados en los dos sitios. Las progenies obtenidas de las poblaciones Angola, Tanzania y Yangambi mostraron una menor acumulación de hojas sin abrir (flechas) durante la época seca en San Mateo. Los genotipos obtenidos de las líneas Bamenda y Angola, así como de las poblaciones silvestres Malawi y Mobai, presentaron una menor cantidad de hojas inferiores desecadas como consecuencia aparente de la falta de agua. Estas respuestas se interpretan como mayor tolerancia al estrés hídrico. Las palmas silvestres de origen Malawi, las progenies de origen Bamenda y Tanzania, así como los derivados de Mobai, produjeron más racimos durante los primeros 24 meses en el campo.

Aunque todos los cruces probados fueron dañados en diversa magnitud a causa de las condiciones extremas, se observaron características superiores en algunos de ellos; lo que indica que la investigación sobre déficit hídrico en un ambiente con condiciones menos severas puede permitir la selección de progenies tolerantes para su uso comercial. Los materiales tolerantes al frío se han evaluado desde la década de 70; después de la introducción a Costa Rica en 1967, de semilla silvestre proveniente de regiones altas de Camerún (1000 a 2000 msnm) y Tanzania (1000 msnm). Dichos genotipos se han adaptado adecuadamente a sitios en donde los cruces convencionales no lo hacen. Las progenies comerciales derivadas (Bamenda x Avros, Bamenda x Ekona, Tanzania x Avros y Tanzania x Ekona), producidas desde 1990, han sido evaluadas en diversas regiones de Camerún, Etiopía, Kenia, Malawi, Zambia y Ecuador; y han mostrado mayor producción inicial que los materiales de uso convencional. El potencial de producción de aceite y las características de crecimiento de estas progenies se ha evaluado en Coto 47, Costa Rica en varios experimentos, en donde han mostrado buena producción de fruta y, en algunos casos, más aceite que los materiales de uso convencional.



SUMMARY

Tolerance to water deficit was evaluated in a group of oil palm varieties planted at two localities in Costa Rica: Coto (South Pacific, with almost no water deficit; less than 200 mm per year), and San Mateo (Central Pacific), with an estimated deficit of nearly 700 mm.”_ total of 34 crosses were planted at each site in 1994, and their vegetative characteristics, precocity, yield and response to water deficit were evaluated over four years. Those progenies obtained from Angola, Tanzania and Yangambi populations showed fewer spears (unopened leaves) accumulating during the dry sea son. The number of lower leaves that desiccated varied widely among progenies; the genotypes of the lines Bamenda and Angola, and those of the wild populations from Malawi and Mobai showed fewer leaves that desiccated as a consequence of the severe water deficit, which can be interpreted as a better tolerance to stress. The Malawi wild palms, the progenies from Bamenda and Tanzania, and the Mobai derivatives yielded more bunches during the first two years in the field. Even though all crosses showed some of the negative effects of extreme water deficit at the San Mateo locality, it was evident that some were more tolerant, and this is an indication that they could perform even better under less extreme conditions. The evaluation of materials tolerant to low temperatures started in the 1970s, after the introduction in 1967 of seeds collected from palms growing wild in the highlands of Cameroon (1000-2000 masl) and Tanzania (1000 masl). Some of the progenies obtained from these introductions (Bamenda x Avros, Bamenda x Ekona, Tanzania x Ekona and Tanzania x Ekona) have been evaluated since 1990 in several localities in Cameroon, Ethiopia, Kenya, Malawi, Zambia and Ecuador, where they have shown great precocity and better adaptability than local and other commercial varieties. Oil production potential and growth characteristics of these stress-tolerant varieties have been studied in Coto, under good growing conditions, where they have shown good yield potential, and in some instances even higher oil extraction rates than conventional varieties.



INTRODUCCIÓN

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

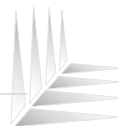
La experiencia generada sobre la tolerancia a la sequía en esta especie es relativamente amplia, pero la base genética evaluada ha sido estrecha; por su parte, los estudios sobre la adaptación a bajas temperaturas son escasos. ASD de Costa Rica ha producido variedades con aptitud para soportar estas condiciones adversas, con las cuales se han realizado pruebas en Costa Rica y en diversas regiones de África. El presente documento resume las experiencias obtenidas con la evaluación de estos materiales en varias localidades.

TOLERANCIA AL DÉFICIT HÍDRICO

El cultivo de la palma de aceite expresa su óptimo desempeño en regiones con una precipitación abundante (> 2000 mm al año), y bien distribuida; los

valores medios mensuales asociados con buenos rendimientos son superiores a los 150 mm (Hemphlin y Ferwerda, 1961). Sin embargo, esta especie posee naturalmente 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, la habilidad de abortar las inflorescencias, la variación estacional en los picos de producción de racimos, y la movilización de reservas, le permiten compensar la menor tasa de fotosíntesis debido al cierre de estomas (Nouy *et al.*, 1999).

Los síntomas visibles más evidentes utilizados como indicadores del déficit hídrico en palmas en el campo, son la acumulación de hojas 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 estomática ante el 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).

Houssou *et al.* (1992), encontraron que el genotipo Deli x Yangambi toleró mejor el déficit hídrico con una tasa de mortalidad inferior a 13%, al tiempo que las parcelas de origen Deli x La Mé mostraron un 16% de mortalidad. No obstante, 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 buena respuesta en el comportamiento de Deli x La Mé y Deli x Yangambi evaluados en dos sitios con diferente grado de déficit hídrico: 400 - 700 mm anuales.

Dos ensayos fueron sembrados en sendas localidades de Costa Rica, en los cuales se midió 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 promedio es de 3.900 mm; durante los meses de diciembre a marzo la cantidad de lluvia es menor, pero el déficit hídrico anual total es normalmente inferior a 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 fuertes vientos. La precipitación anual promedio es de 2.400 mm, con un periodo seco definido de diciembre a abril, que registra hasta 700 mm de déficit hídrico total. Las progenies se distribuyeron en un solo bloque, en parcelas de 12 plantas.

En la localidad de Coto 47 las evaluaciones de producción y de las características del racimo se

hicieron entre el cuarto y el séptimo año, y el crecimiento vegetativo 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 la producción durante el tercero y cuarto años. Adicionalmente, se seleccionaron siete cruces de buena a regular adaptación, para medir algunas 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).

Resultados. La acumulación de hojas flecha fue un síntoma consistentemente asociado con el estrés hídrico. Posteriormente, y conforme el déficit se acentuó, aparecieron amarillamientos y zonas necróticas en las puntas de los folíolos. Eventualmente, 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 dura Angola (1,8 flechas por planta), y de la población Tanzania, como progenitor masculino (1,7 flechas por planta). Los materiales con el mayor número de flechas acumuladas incluyeron algunas progenies descendientes de las líneas Deli dura, en especial en sus combinaciones con las fuentes masculinas Avros, Ekona y Calabar (2,8 – 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 promedio de hojas inferiores secas por palma varió 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 - 7,2 hojas). Las descendencias provenientes de las líneas Deli dura y Tanzania (progenitor femenino), presentaron el mayor número de hojas secas y dobladas (11 – 15,5). Las diferencias fueron menores entre las líneas masculinas, y la fuente Mobai (6,4 hojas secas) (Tabla 2).

En este estudio no se realizaron mediciones morfológicas o fisiológicas que pudieran ayudar a

explicar el grado de adaptación de los genotipos al déficit hídrico; pero la producción de racimos por palma durante los primeros 24 meses en el campo permite estimar su tolerancia al estrés. Las palmas silvestres de origen Malawi (14,2 racimos/palma), y las progenies derivadas de las líneas femeninas Bamenda y Tanzania (11,8 y 9,5 racimos) fueron las mejores, mientras que Deli dura tuvo un desempeño más pobre. Con respecto a las líneas masculinas, el mayor número de racimos fue registrado en las progenies de origen Mobai (14,2) y Tanzania (17,0) (Tabla 3).

Las progenies comerciales derivadas de la población Deli dura, produjeron pocos racimos, mostraron

síntomas severos de déficit hídrico, y fueron poco precoces. Solo las progenies de origen Deli x La Mé, y en menor grado Deli x Yangambi, tuvieron un comportamiento aceptable, coincidiendo con lo encontrado en la literatura (Maillard, 1974, Houssou *et al.*, 1992).

La apariencia y producción de la población silvestre de Malawi indican que tiene genes que le confieren un gran potencial para adaptarse a condiciones extremas de estrés hídrico.

Villalobos y Rodríguez (1998) ampliaron las anteriores observaciones al evaluar con mayor detalle siete de los genotipos. Dichos autores encontraron diferencias

Tabla 1. Número de hojas flecha acumuladas por planta en varios genotipos de palma aceitera de cuatro años de edad. Siembra en San Mateo, Costa Rica (Déficit hídrico anual promedio >700 mm)

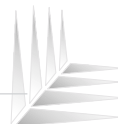
Progenitor femenino	Progenitor masculino							Mean
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	Mobai	Tanzania	Yangambi	
Angola	2,3	2,3	1,6	2,3	1,4	1,0	1,8	1,8
Bamenda	1,9	2,8		2,4	2,9	1,9	2,5	2,4
Deli Dura	2,8	2,5	2,6	2,2	1,7	2,0	2,1	2,3
Deli/Ekona	2,1	2,3		2,6	3,3		1,8	2,4
Tanzania	1,6	2,5		2,7	2,6		1,9	2,3
Malawi								1,9
Promedio	2,1	2,5	2,1	2,4	2,2	1,7	2,0	2,2

Tabla 2. Número de hojas inferiores secas 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

Progenitor femenino	Progenitor masculino							Mean
	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

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

Progenitor femenino	Progenitor masculino							Mean
	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	3,5		11,0	9,5
Malawi								14,2
Promedio	5,2	6,8	6,9	9,9	14,2	17,0	8,0	10,3



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 Tanza-

nia y Angola x La Mé, por su apariencia, producción, mayor potencial hídrico al amanecer y mayor peso específico foliar. El potencial productivo de estos cruces en condiciones menos extremas de estrés puede ser estimado a partir de su desempeño en la localidad de Coto 47 (Tabla 4).

Tabla 4. Características vegetativas y composición de los racimos de varios cruzamientos de palma aceitera evaluados en Coto, Costa Rica (Zona de estrés hídrico)

Líneas maternas	Líneas paternas	n	FFB	THT	LLG	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	40,0
	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	664	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	5,3
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

· Aceite en el racimo (O/B), evaluada entre el cuarto y séptimo años; OHAY = aceite por hectárea por año. Racimos de fruta fresca (FFB) registrados entre el cuarto y séptimo años; altura (THT) y longitud foliar (LLG) a los seis años de edad.

TOLERANCIA A BAJAS TEMPERATURAS

El material genético con tolerancia a las bajas temperaturas fue introducido a ASD entre 1967 y 1977, proveniente de dos regiones de África durante una prospección en plantaciones silvestres. Después de una evaluación inicial sus descendencias fueron reproducidas y sembradas en diferentes localidades.

Bamenda (Camerún). Proviene de semillas de palmas silvestres recolectadas en las tierras altas de Bamenda, en la región noroeste de Camerún (900-1500 msnm), la cual posee una estación seca de seis meses. Estos genotipos presentan una tolerancia especial a condiciones extremas como baja radiación solar, sequía y bajas temperaturas. Las primeras evaluaciones en el vivero y en el campo mostraron una alta precocidad, y en algunas progenies, se observó tolerancia a la marchitez por *Fusarium* (Blaak y Sterling, 1996). Las características de varios grupos de semillas sembradas en 1968 aparecen en la Tabla 5.

La población original fue evaluada fenotípicamente durante cuatro años, considerando en particular las características del racimo. La formación del racimo en el grupo de plantas dura fue buena, con un promedio de 67% de frutos en el racimo, 41% de mesocarpio en el fruto y 14% de almendra en el fruto, aunque con una baja tasa de extracción de aceite (Tabla 6).

Las mejores palmas se usaron para producir la siguiente generación de duras, que fue sembrada en

1994, y en donde 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). Este material proviene de semilla recolectada en 1977 en seis palmas silvestres (5 téneras y una dura) que crecían en regiones de altitud media, en el distrito de Kigoma, Tanzania. Este sitio se encuentra a 850 msnm, en donde se registran temperaturas mínimas cercanas a 12°C. La población muestreada presentó 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 Coto. La producción promedio por palma varió entre 90 y 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 mesocarpio en el fruto y 20% de aceite en el racimo. En las descendencias ténera, la extracción de aceite fue 27% (Richardson y Chávez, 1986) (Tabla 6).

Varios individuos tipo dura fueron posteriormente seleccionados, y se plantó una nueva generación en 1994. Las características de producción y crecimiento se evaluaron durante los mismos períodos 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 mesocarpio en el fruto (54%) y una alta extracción de aceite (18,8%) (Tabla 7).

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

	Valores promedios				
	Fwt	M/F	Sh/F	K/F	O/M
	g	%	%	%	%
Bamenda, Cameroon					
Palmas D	8,4	35,5	51,8	13,1	50,8
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	

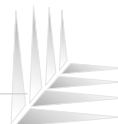
* Fwt = peso promedio del fruto, M/F = mesocarpio en el fruto, Sh/F = cáscara en el fruto, K/F = almendra en el fruto, O/M = aceite en el mesocarpio.

** Richardson and Chavez, 1986.

*** Sh/F en mm.

COMPORTAMIENTO DE LAS VARIEDADES TOLERANTES A BAJAS TEMPERATURAS EN CONDICIONES EXTREMAS

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), con el propósito inicial de ser sembradas en

**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, Cameroon							
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 = mesocarpio en el fruto, O/M = aceite en el mesocarpio, O/B = aceite en el racimo. *Richardson and Chavez 1986.

Tabla 7. Características vegetativas y del racimo en decadencias dura origen Bamenda y Kigoma sembradas en 1994 en Coto, Costa Rica

	FFB Kg	THT cm	LLG cm	M/F %	O/B %	OHAY t
Bamenda, Cameroon	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, THT = altura del tronco, LLG = longitud de la hoja, M/F = mesocarpio en el fruto, O/B = aceite de racimo, OHAY = aceite por hectárea por año.

las regiones altas de Camerún, Etiopía, Kenia, Malawi y Zambia (1.000 a 1.500 msnm). En varios grupos de plantas sembradas en estas regiones se ha demostrado que poseen una gran precocidad y tolerancia al déficit hídrico. En varias pruebas en la fase de vivero, también se demostró que algunas poseían tolerancia a la marchitez por *Fusarium* (Chapman *et al.*, 2003; Blaak y Sterling, 1996; Steele y Griffee, 2001; FAO, 2002). La producción de racimos en dichas regiones, comenzó entre los dos y tres años después de la siembra y la producción inicial de aceite ha superado hasta cuatro veces la obtenida de las palmas dura locales (Chapman *et al.*, 2003; Steele y Griffee, 2001; FAO, 2002).

Aún con un manejo agronómico básico de las palmas, la producción de aceite ha alcanzado 9 -12 litros por palma a los cuatro años y medio en los proyectos sociales de la FAO en Malawi y Zambia, y se ha incrementado a 20 -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 , 2003; 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).

En la Tabla 8 se anotan los resultados de un ensayo sembrado en 1992, en la región oeste de Etiopía, a 960

msnm, con 1.800 mm de precipitación pluvial al año con buena distribución y en suelos apropiados para el cultivo. La precocidad y producción de cruces Bamenda x Avros y Tanzania x Avros, se comparó con cruces comerciales Deli x Ekona y Deli x Avros (Blaak y Sterling, 1996).

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

Tabla 8. Precocidad y número e racimos/planta en cuatro cruces de palma aceitera con diferente tolerancia al estrés, Gelesha, Etiopía¹

Origen	Palmas en floración (%) 1*	Flores/palma 1*	Racimos/planta		
			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

*Edad en años

1. Blaak and Sterling 1996

también mostraron tolerancia a esa condición particular. Dos años después la situación cambió; tras un periodo de estrés que causó aborto de flores y racimos, se redujo la producción en todos los materiales, pero 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 al tercer año de producción (40 a 42 t/ha), supera al de los materiales de uso comercial más frecuente (33 a 38 t/ha). Esta región es bien conocida por presentar condiciones de nubosidad, bajas temperaturas y fuerte déficit hídrico que mantienen producciones usualmente marginales en los cruces comerciales de uso común (Tabla 9).

DESEMPEÑO EN AMBIENTES NORMALES PARA EL CULTIVO DE LA PALMA

Diversas progenies de origen Bamenda y Tanzania se han sembrado en Coto, Costa Rica desde 1985 con el fin de evaluar su potencial de producción. 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 en algunas progenies. 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 Ekona, muestra un rendimiento de fruta similar al testigo comercial, reducida altura y buena extracción de aceite (Tabla 10).

CONCLUSIONES

Es posible encontrar tolerancia al déficit hídrico dentro de la especie *Elaeis guineensis*. Múltiples pruebas realizadas en varias localidades han mostrado diferencias en el comportamiento de cruces genéticos de diferentes orígenes. Resultó claro que otras fuentes de germoplasma, distintas de La Mé y Yangambi, también muestran potencial para soportar estrés hídrico, lo que permitiría ampliar la base genética en la búsqueda de dicho objetivo.

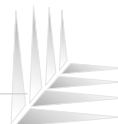
Para profundizar en el estudio de la tolerancia al déficit hídrico y explotar toda la diversidad genética disponible, se requiere establecer ensayos en regiones menos adversas a las descritas en este trabajo, en donde, además del fuerte déficit hídrico, el viento fue otro factor que contribuyó a acentuar el efecto y deprimir fuertemente el potencial productivo.

La posibilidad de obtener materiales genéticos comerciales que soporten temperaturas por debajo de las consideradas aceptables para el cultivo es también una realidad, dadas las buenas experiencias generadas en las plantaciones comerciales de las regiones elevadas y frías de África y Ecuador. La tolerancia combinada a varios factores de estrés (bajas temperaturas y déficit hídrico por ejemplo) parece también posible.

Con este tipo de experiencias, no sólo 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 9. Producción inicial de fruta en parcelas con diferentes materiales sembradas en 1998, Santo Domingo, Ecuador.

Variedad	t/ha/año				
	Palmas	2000	2001	2002	Total
Bemenda x AVROS	73	10,3	6,3	12,3	28,9
Bemenda 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	32,5
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

**Tabla 10.** Características de varias progenies tolerantes al estrés plantadas en un sitio favorable. Coto, Costa Rica

Origen	Palmas	FFB	FFB	THT	LLG	M/F	O/B	OHAY
Plantadas en 1985								
Deli x AVROS	220	164,3	23,5	415	698	79,2	25,4	6,0
Bamenda x AROS	115	152,8	21,9	350	745	81,2	25,9	5,7
Plantadas en 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
Plantadas en 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
Plantadas en 1998								
Deli x AVROS	36	109,2	17,5	109	672	84,6	32,2	5,6
Deli x Ekona	216	132,0	21,1	94	669	86,8	29,0	6,1
Bamenda x AVROS	36	109,9	17,6	110	572	71,0	21,9	3,8
Bamenda x Ekona	108	132,1	21,1	93	608	77,5	25,7	5,4
Tanzania x AVROS	36	94,3	15,1	129	691	79,7	28,8	4,3

* FFB = Fruta fresca por palma por año, THT = altura del tronco, LLG = Longitud de la hoja, M/F = mesocarpio 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, KR; Escobar, R; Griffiee, 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.
- Hemptonne, J.; Ferwerda, JD. 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 à huile. *Oléagineux* (8-9): 397-404.
- Nouy, B; Baudouin, L; Djegui, N; Omore, A. 1999. *Le palmier à huile en conditions hydriques limitantes. Plantations, recherche, développement*. pp31-45.
- Richardson, D; Chavez, C. 1986. Oil palm germplasm of Tanzanian origin. *Turrialba (C.R.)*, 36(4):493-498.
- Steele, P; Griffiee, 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; Echando, C; Fernández, 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; Rodríguez, 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. 32p.
- Villalobos, B; 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.