

Eventos previos y contemporáneos a la aparición de los síntomas de la pudrición del cogollo en palma aceitera

Albertazzi H.,¹ Bulgarelli J., Chinchilla C. Ml².

Resumen

Se siguió el comportamiento de cuatro grupos de palmas (*Elaeis guineensis* Jacq.) inicialmente sanas, en sendas áreas con una alta incidencia del trastorno conocido localmente como flecha seca, y que corresponde a lo que en Sur América se denomina pudrición del cogollo (PC). Varias de las palmas desarrollaron los síntomas del trastorno. Las plantas que eventualmente desarrollarían los primeros síntomas característicos de la PC ('amarillamiento' de foliolos de hojas jóvenes y secamiento y/o pudrición de las hojas flecha) mostraron por algún tiempo un rápido crecimiento vegetativo, seguido de una caída posterior en el mismo. Anterior al desarrollo de síntomas, las plantas experimentaron una disminución de la tasa de emisión foliar, y una reducción del largo de las hojas y del área foliar. En las plantas que se mantuvieron sanas, estas variables siguieron una tendencia creciente. Esta secuencia de eventos (un crecimiento vigoroso seguido de un retardo evidente en desarrollo y posterior aparición de los síntomas) indica que las plantas (particularmente las más vigorosas) estuvieron expuestas a uno o más tipos de estrés antes de que aparecieran los síntomas de PC. Este comportamiento fue observado en todos los grupos de palmas estudiados, y se determinó que el periodo de estrés se podía situar entre 8 y 9 meses previos a las mediciones que detectaron una disminución en el crecimiento vegetativo: este periodo corresponde a la fase de rápido crecimiento (elongación) de los órganos involucrados.

El aborto de inflorescencias femeninas parece ser la causa principal de la reducción en el número de racimos de las plantas con síntomas, lo cual respalda también la hipótesis del efecto del estrés como una causa fundamental del desarrollo posterior de la sintomatología de las pudriciones del cogollo en palma aceitera. El peso de los racimos maduros no se redujo sino hasta después de seis meses de la aparición de los síntomas.

La distribución de frecuencias de la densidad del sistema radical fino en palmas jóvenes con síntomas, presentó una tendencia a desplazarse hacia valores bajos de densidad radical (menores a 0.75 g/l). Este comportamiento también parece anteceder a la aparición de los síntomas del desorden, y fue evidente entre 2 y 5 meses antes de la aparición de los primeros síntomas.

Introducción

Las pudriciones del cogollo son trastornos comunes del crecimiento de la palma aceitera, y en América tropical han sido una de las causas del fracaso de algunas plantaciones en Panamá, Nicaragua, Colombia, Ecuador, Surinam y Brazil (Ruinaud et al. 1990; Mariau et al. 1992; Swinburne 1993; Franqueville 2001). En Costa Rica y algunos otros países, las pudriciones y/o secamientos de las hojas jóvenes, también han causado pérdidas importantes, pero no han obligado al abandono de las empresas, sino que estas han sobrevivido gracias a una combinación

¹ ASD de Costa Rica, h.albertazzi@asd-cr.com; 2. Consultor para ASD, cmlchinchilla@gmail.com

de factores ambientales que hacen que los síntomas no sean tan severos (las palmas se recuperan de los síntomas luego de algún tiempo), y a la toma de medidas que mejoran las condiciones agronómicas del cultivo (Chinchilla y Durán 1998, 1999).

Los diferentes nombres dados a estos desórdenes en los lugares en que han ocurrido, reflejan la incertidumbre existente sobre sus verdaderas causas, y el efecto del ambiente y manejo de la plantación sobre la reacción de la planta. En Brasil, el problema se conoce como 'amarillamiento' fatal, lo cual indica su naturaleza aparentemente letal. En Ecuador y otros países, es conocido como pudrición letal del cogollo, lo cual hace alusión a las pudriciones del cogollo y el punto de crecimiento vegetativo que conllevan a la muerte de la planta. En Colombia, se le ha llamado pudrición del cogollo en algunas regiones, lo cual, aunque siempre hace énfasis en las pudriciones, deja entrever que los síntomas no son necesariamente letales. En Costa Rica, un trastorno similar es conocido como "flecha seca", nombre que coloca el énfasis en el hecho de que muchas veces no existen pudriciones, sino secamientos (y 'amarillamiento') de las flechas y de las hojas jóvenes, y en que el trastorno no es letal, sino que la gran mayoría de las plantas se recuperan luego de varios meses (Chinchilla y Durán, 1998, 1999).

Trastornos similares a las pudriciones del cogollo en América tropical no son desconocidos en Asia (Turner 1981; National Research Center for Oil Palm 1996), pero la incidencia nunca ha alcanzado los límites observados en América.

La presencia de patógenos como causa primaria de las pudriciones del cogollo de la palma aceitera no ha sido establecida más allá de cualquier duda, y la tendencia actual es considerarlas más bien como un trastorno del crecimiento asociado a condiciones desfavorables para el desarrollo del cultivo. Los hongos y bacterias que causan las pudriciones en la parte aérea de la planta y las raíces, pueden ser considerados oportunistas en la mayoría de los casos.

Las pudriciones del cogollo y trastornos similares están asociadas a varios factores del suelo, clima y agronómicos que son negativos para el crecimiento normal de las plantas, particularmente del sistema radical. De estos, los más comunes son una aeración deficiente del suelo, una fertilización desequilibrada (particularmente de las bases más importantes: K, Ca y Mg), un suelo biológicamente empobrecido y un balance hídrico alterado (Monge et al. 1993; Alvarado et al. 1997; Chinchilla y Durán 1998, 1999). No obstante, la etiología del problema sigue abierta a la discusión, como es el caso de muchos otros trastornos (o "declines") en forestales y muchos otros cultivos importantes (Lima 1982; Manion y Lachance 1992; Melakeberhan 1993; Tu 1994; Grimm et al. 1997; Chinchilla y Durán 1998).

Un estudio que puede arrojar luz sobre las causas de las pudriciones y secamientos del cogollo de la palma aceitera es el seguimiento del progreso de los síntomas en el tiempo, particularmente de aquellos eventos que ocurren antes y durante la manifestación de los síntomas más evidentes de 'amarillamiento' y pudrición o secamiento de hojas. Para lograr esto, se debe partir de la observación sistemática de palmas originalmente sanas, en áreas en donde se espera la ocurrencia de una alta incidencia del problema. En estas palmas originalmente sanas, se pueden tomar mediciones repetidas del crecimiento vegetativo (aéreo y radical), y la fisiología (fotosíntesis, comportamiento estomático, partición de asimilados etc.), de manera que cuando los síntomas inequívocos del desorden aparecen ('amarillamiento' y pudrición), se tenga una secuencia de

“fotografías”, que permitan separar las plantas que se enferman de aquellas que se mantienen sanas. En este trabajo se informa sobre algunos de estos estudios hechos en una plantación comercial en la región del Pacífico central de Costa Rica, en donde se siguió el historial de varias palmas sanas que posteriormente presentaron los síntomas del trastorno conocido como flecha seca en la región.

Los llamados síntomas iniciales de este trastorno incluyen la presencia de varios folíolos amarillos, generalmente localizados en la base de una o más hojas jóvenes, y el desarrollo posterior de pudriciones y/secamientos de las hojas sin abrir (flechas), seguido de una generalización del ‘amarillamiento’ en varias de las hojas jóvenes. En el resto del texto, cuando se mencionen los síntomas iniciales del trastorno o “los primeros síntomas”, se está haciendo referencia a estos síntomas.

Materiales y métodos

Las observaciones corresponden a una plantación comercial de palma aceitera afectada desde el año 1992 por una condición muy similar a la descrita en la literatura como pudrición del cogollo (Chinchilla y Durán 1999). La zona se caracteriza por presentar suelos de origen aluvial, muchos de ellos poco profundos (esqueléticos) y de baja fertilidad. La estación de lluvias se extiende generalmente de abril a noviembre, y existe una estación seca bastante marcada entre enero y marzo (Fig. 1).

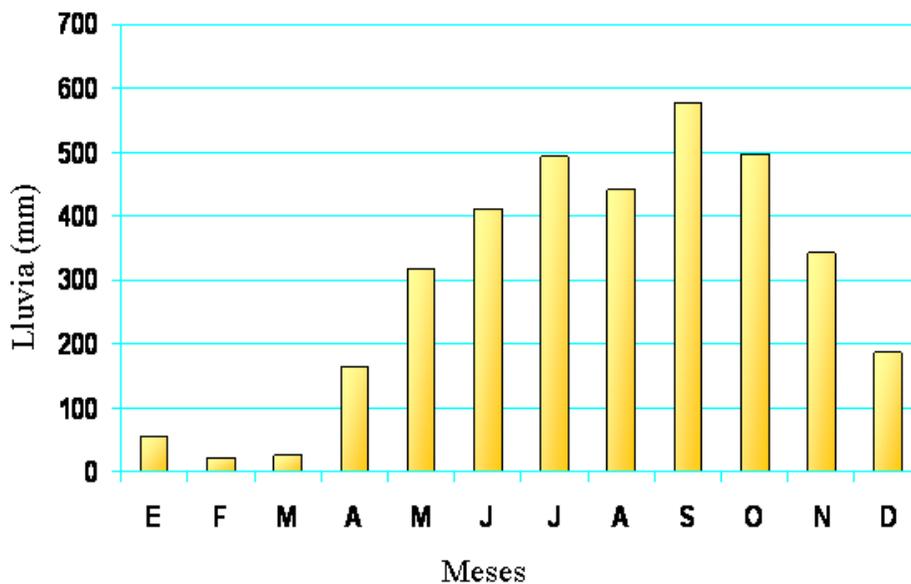


Fig. 1. Distribución mensual de la lluvia en el área de Quepos, Costa Rica (período 1992-2001).

Estudio 1. Se seleccionaron 100 palmas sanas Deli x AVROS sembradas en 1990, a las cuales se les tomaron mediciones del crecimiento vegetativo en forma mensual (hoja uno), y se anotó la fecha cuando se observaron los primeros síntomas del trastorno (‘amarillamiento’ de algunos de los folíolos basales en algunas de las hojas más nuevas: posiciones 2-3 en la filotaxia

generalmente). En esta etapa aún no era evidente en la mayoría de las plantas, ningún tipo de pudrición o secamiento de las hojas jóvenes. Para facilitar la interpretación de los resultados, se promediaron los datos de las plantas que aparecieron con síntomas dentro de un periodo de dos meses.

Estudio 2. Se utilizaron 304 palmas Deli/Kigoma x Ekona sembradas en 1997. Estas palmas formaban parte de un experimento de fertilización, por lo cual se tomaban lecturas periódicas de las variables de crecimiento y de incidencia de la flecha seca.

Las palmas que mostraban síntomas se separaron en categorías según la fecha en que aparecían los primeros síntomas. Para facilitar la comprensión de la información, en algunos casos se juntaron las palmas que habían mostrado síntomas en fechas cercanas.

Estudio 3. Se seleccionaron 78 palmas sanas y 48 con síntomas iniciales de PC en una siembra comercial Deli/Kigoma x Ekona de 1998. Se realizó un primer muestreo de raíces durante los primeros meses de la época de lluvias en junio del 2001, y otro en diciembre durante la salida de las lluvias. En este segundo muestreo, varias de las palmas originalmente sanas habían desarrollado síntomas. El muestreo se hizo con un barreno Eijkelkamp que extrae un volumen de suelo de 730 cm³. Las raíces extraídas se lavaron con agua y se secaron a 70 °C durante 24 horas en un horno con corriente forzada de aire. Posteriormente las raíces se separaron en dos categorías: gruesas (raíces primarias y secundarias) y finas (terciarias y cuaternarias), y se determinó su peso seco.

Estudio 4. Se seleccionaron 25 palmas sanas Deli/Kigoma x Ekona de ocho meses de edad, y cada dos semanas se tomaron mediciones rutinarias del crecimiento vegetativo aéreo (sección transversal del pecíolo, largo del raquis de la hoja (hoja 1), tasa de emisión foliar etc.), raíces y contenido de azúcares solubles. El muestreo de raíces se hizo a 15 cm de profundidad y a 30 cm de la base de las palmas, con el barreno Eijkelkamp. La concentración de azúcares solubles en la savia extraída del bulbo, raíces gruesas y raquis de las hojas, se midió con un refractómetro portátil Leica.

Resultados y discusión

Estudio 1

Las variables de crecimiento medidas en la hoja número uno reflejan las condiciones que prevalecían varios meses antes de la emergencia de esta hoja. En el caso del largo del raquis y la sección transversal del pecíolo, los periodos de mayor sensibilidad al estrés se ubican cuando la hoja alcanza las posiciones -10 y -6 aproximadamente (Hartley 1981). Si asumimos una tasa de emisión foliar de dos hojas por mes, esto corresponde a eventos que ocurrieron al menos entre 5 y 3 meses antes de que la hoja alcanzara la posición uno.

El grupo de palmas que apareció con síntomas entre enero y febrero de 1996, habían mostrado un mayor largo del raquis en las mediciones anteriores (noviembre y diciembre del 95), pero para la fecha en que aparecieron los síntomas, la magnitud de esta variable había caído considerablemente, lo cual refleja un estrés ocurrido aproximadamente cinco meses antes. El otro

grupo de palmas que se enfermaría más tarde (marzo-abril del 96), mantuvieron una tasa muy alta de crecimiento por algún tiempo, pero al igual que el grupo anterior, para el momento en que desarrollaron síntomas, el valor del largo del raquis había caído dramáticamente (Fig. 2).

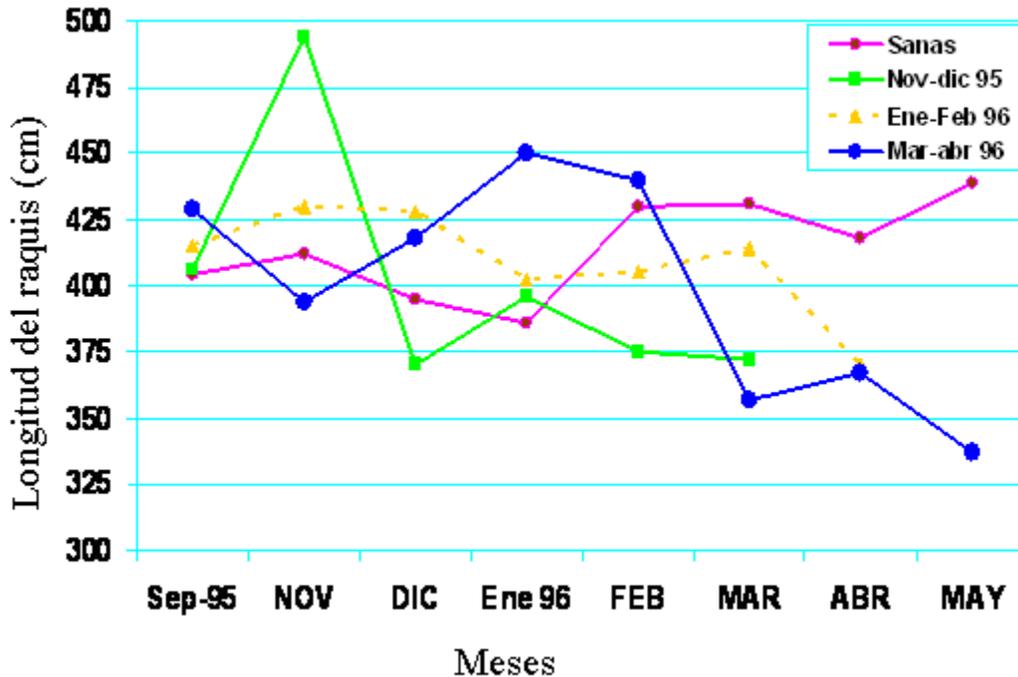


Fig. 2. Largo del raquis en cuatro grupos de palmas sembradas en 1990, a los cuales se les dio seguimiento en el periodo anterior e inmediatamente posterior a la aparición de los síntomas de PC. Las palmas sanas son comparadas con otras que aparecieron con síntomas en los meses de noviembre-diciembre de 1995, enero-febrero, y marzo-abril del 96.

El hecho de que las palmas que aparecen con síntomas en cada fecha muestran un pequeño incremento en el valor del largo del raquis posterior a la aparición de los síntomas, es una indicación de que el evento máximo de estrés anterior tuvo una duración definida. Los bajos valores de longitud del raquis y PxS posteriores a la aparición del problema, solo están indicando el efecto acumulado de la severidad del ataque. Esta fase, que muestra los efectos posteriores a la aparición de los primeros síntomas, solo es considerada parcialmente en este trabajo (estudio 2), pero se conoce que las consecuencias sobre la productividad y crecimiento de las plantas se pueden extender por más de dos años.

El comportamiento del valor PxS, que es una variable también muy sensible al estrés, es muy similar al del crecimiento del raquis (Fig. 3). Un comportamiento similar fue observado cuando se le dio seguimiento a palmas sanas que desarrollaron síntomas de la pudrición común de la flecha/arqueo foliar. En ese caso fueron también las palmas que habían entrado en una fase de rápido crecimiento, las que eventualmente presentaron un fuerte efecto negativo sobre el crecimiento, y luego desarrollaron los síntomas del trastorno (Chinchilla et al. 1997).

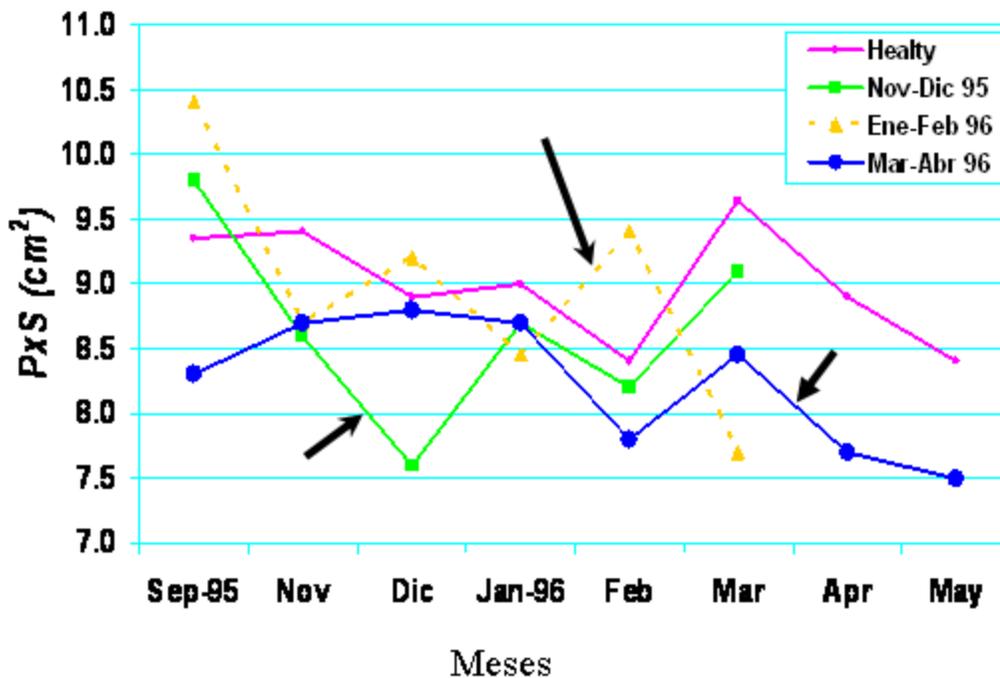


Fig. 3. Sección transversal del pecíolo en cuatro grupos de palmas sembradas en 1990, a los cuales se les dio seguimiento en el periodo anterior e inmediatamente posterior a la aparición de los síntomas de PC. Las palmas sanas son comparadas con otras que mostraron síntomas en los meses de noviembre-diciembre de 1995, enero-febrero y marzo-abril del 96 (flechas).

Estudio 2

Crecimiento vegetativo. Un grupo de palmas (pertenecientes a un experimento de fertilización), aparecieron con síntomas en diciembre de 1999, y se usaron para documentar el efecto negativo sobre el crecimiento vegetativo que se observa después de la aparición de los primeros síntomas del trastorno. Debido a que las mediciones del crecimiento foliar fueron hechas aproximadamente cada seis meses, según la rutina en estos experimentos, no fue posible establecer relaciones precisas entre la aparición de los síntomas en palmas particulares, y su crecimiento vegetativo inmediatamente anterior (y posterior) a la aparición de tales síntomas. No obstante, se hizo un intento, asumiendo una tasa de emisión foliar cercana a tres hojas por mes para palmas de esta edad. De esta forma, las lecturas del PxS y largo del raquis de la hoja 17 reflejan una situación (estrés o buenas condiciones) que ocurrió posiblemente entre 8 y 9 meses previos a la medición, cuando estos órganos estaban en una fase de rápido crecimiento. Considerando este hecho, fue aparente que estas variables fueron negativamente afectadas en su crecimiento posiblemente uno o dos meses antes de la aparición de los síntomas en los diferentes grupos de palmas enfermas. Para aclarar este hecho, se realizó el estudio cuatro, en donde se tomaron mediciones de crecimiento aéreo en forma mensual.

Los valores de las mediciones anteriores a la aparición de los síntomas (octubre del 99), y posteriores a ese evento (agosto del 2000) fueron muy similares entre palmas sanas y enfermas

(Cuadro 1). No obstante, el efecto negativo de la enfermedad sobre el nuevo crecimiento vegetativo fue muy evidente en la medición realizada en marzo del 2001, aproximadamente un año después de la aparición de los síntomas en diciembre del 99.

Cuadro 1. Variables de crecimiento en un grupo de palmas sanas y otro que presentó síntomas de pudrición de cogollo en una fecha intermedia (diciembre de 1999). Palmas sembradas en 1997

Categoría	Octubre 1999				Marzo 2001			
	n	PxS	RLG	LAR	n	PxS	RLG	LAR
Sanas	35	4.7	302	3.2	33	9.3	438	5.7
Enfermas (dic./99)	20	4.7	302	3.2	7	6.3	328	3.7

PxS = Área transversal del pecíolo (cm²), RLG = Longitud del raquis (cm), LAR = Área foliar (m²), n = Tamaño de la muestra

Producción

Las palmas que tienen en un momento dado una gran carga de racimos, podrían estar más estresadas, y por lo consiguiente, más predispuestas a un ataque de PC. El número de racimos por palma puede ser afectado a partir del momento de la diferenciación floral, que ocurre al menos 19 meses antes de la antesis de la inflorescencia, por lo cual es muy poco probable que el cambio en la razón de sexo pueda ser asociado con la aparición de los síntomas de las pudriciones de cogollo. Dos observaciones adicionales que apoyan esta idea son:

- Los síntomas de PC pueden presentarse unos pocos meses después de sembrar las palmas en el campo.
- No se han detectado diferencias en crecimiento entre palmas que se mantienen sanas y las que se enferman hasta dos años después.

No obstante, las diferencias en el número de racimos entre palmas sanas y con los primeros síntomas podrían ser el resultado del aborto (pre-antesis), o falla (pos-antesis) de los racimos. Al igual que en el caso de la diferenciación floral, las tasas de aborción y fallas pueden ser afectadas por situaciones de estrés, que pueden ocurrir en un momento más cercano a la aparición de los síntomas de la PC.

El primer pico de producción en el área del experimento ocurrió en el año 2001, especialmente entre los meses de marzo y julio. Durante este periodo fue evidente que el efecto negativo de la PC sobre el número de racimos fue menor conforme la fecha de aparición de los síntomas fue más cercana al pico mencionado (Fig. 4). La diferencia en el número de racimos entre palmas sanas y las que aparecieron enfermas en mayo del 2000 (aproximadamente nueve meses antes del inicio del pico de producción) fue notablemente mayor que en las plantas que aparecieron enfermas en agosto y setiembre de ese año (aproximadamente entre 6 y 7 meses antes del inicio del pico).

En general, cuando se compararon palmas sanas y enfermas, se determinó que el número de racimos fue menor en los grupos de palmas que se habían enfermado entre 8 y 12 meses antes del pico de cosecha, pero no existían diferencias notables entre palmas sanas y aquellas que

habían mostrado síntomas solo siete meses antes. Esto permite inferir que los eventos que causaron una disminución en el número de racimos ocurrieron en un periodo muy cercano a aquél que transcurre entre el estímulo del aborto, y la disminución en el número de racimos cosechados, y que según Corley (1977) es de 9-11 meses. Es entonces muy posible que el aborto de las inflorescencias femeninas en desarrollo sea la causa principal de la reducción inicial del número de racimos en las palmas que presentan los síntomas de PC, y que este fenómeno esté reflejando un estrés previo a la aparición de tales síntomas.

El peso promedio del racimo experimentó una reducción después de aproximadamente seis meses de la aparición de los primeros síntomas (Fig. 5). En un estudio previo se había determinado que el peso del racimo y de los frutos fértiles individuales de palmas sanas era mayor que en palmas con síntomas iniciales. La diferencia en peso del racimo fue de 2.7 kg, y el peso de los frutos individuales de palmas sanas fue hasta 56% mayor que el de palmas afectadas (datos sin publicar).

En otro trabajo anterior, se compararon racimos maduros provenientes de palmas sanas y con síntomas iniciales de PC. El porcentaje de frutos partenocárpicos y blancos (vanos) fue mayor en los racimos provenientes de palmas con los primeros síntomas. No obstante, en algún periodo previo a la aparición de los síntomas, el porcentaje de frutos partenocárpicos en palmas sanas fue similar (e incluso menor) al de palmas que se enfermaron posteriormente. Dado que el porcentaje de frutos fértiles se define en un periodo cercano a la polinización, se concluyó que efectivamente algún evento (posiblemente un estrés) ocurría en un periodo anterior a la aparición de los síntomas, pero que posiblemente las palmas más expuestas a ser afectadas por este estrés eran aquellas que de alguna manera tenían una mayor presión por madurar una mayor carga de racimos bien conformados. Los datos de crecimiento vegetativo anteriores a la aparición de los síntomas de ‘amarillamiento’ y pudrición, también indicaron que en algún momento previo a la reducción en crecimiento (estrés asociado a la aparición posterior de síntomas), también había ocurrido un periodo de rápido crecimiento vegetativo, que posiblemente hacía a la planta más susceptible a la situación de estrés.

La reducción en el peso promedio del racimo ocurre tanto por una caída en el peso promedio de los frutos individuales, como por una reducción en el número de frutos fértiles (aumento en el porcentaje de frutos partenocárpicos y vanos).

La reducción en el peso de los frutos individuales se debe posiblemente a eventos que ocurrieron durante los primeros dos meses después de la antesis, tiempo durante el cual el fruto alcanza aproximadamente 80% de su peso final (Corley 1977), lo cual indica que la incapacidad de la planta de "llenar" los frutos es una causa importante de la reducción en el peso promedio del racimo en las palmas afectadas.

Los eventos que se han descrito hasta aquí son anteriores o bien ocurren poco después de la aparición de los primeros síntomas del trastorno, y es claro que posteriormente, y según la gravedad de los síntomas (hojas perdidas por la planta), ocurre una reducción muy significativa en la producción de las plantas afectadas, que puede extenderse por dos años o más después de la aparición de los síntomas.

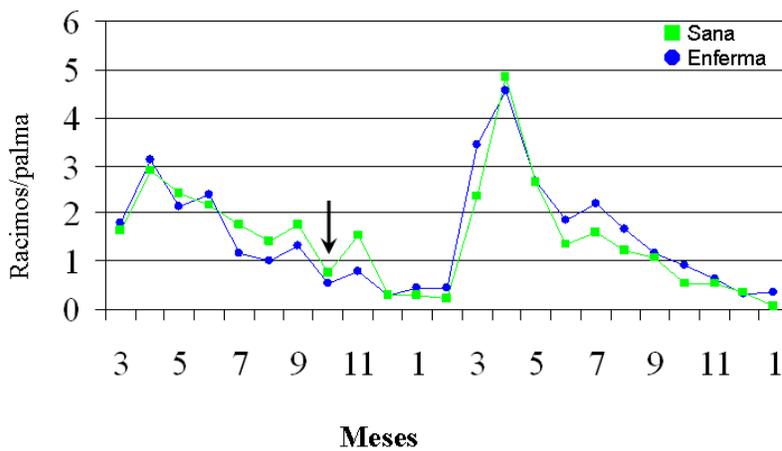
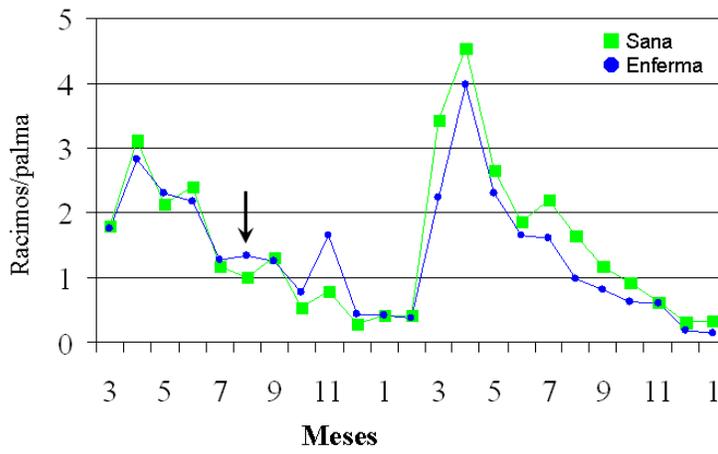
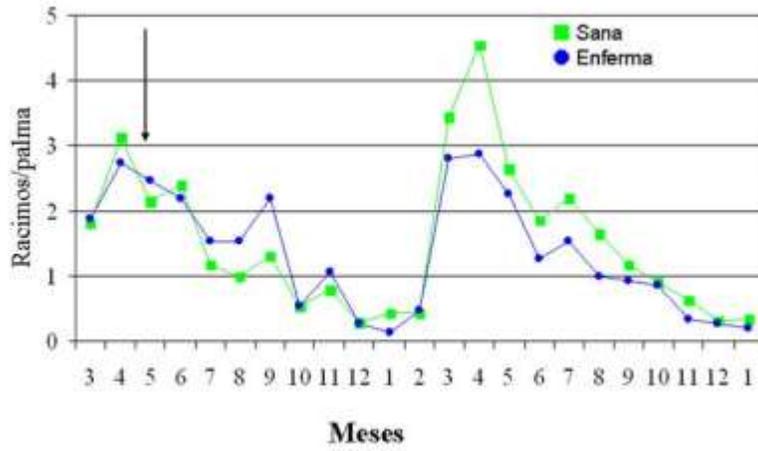


Fig. 4. Cambio en el tiempo en el número de racimos/planta en palmas sanas, y otras que presentaron síntomas de PC en tres fechas diferentes (indicadas por las flechas).

Estudio 3

La distribución de frecuencias de raíces finas en las palmas enfermas tiende a desplazarse hacia valores bajos de densidad radical (menores a 0.75 g/l). Durante el primer muestreo de las palmas sanas, se presentó un pico principal en 1.5 g/l y otro menor en 3g/l, los cuales representan aproximadamente 70% de las muestras (Fig. 6). En palmas enfermas, los datos cercanos a 1.5 g/l representan únicamente 33% de las muestras, y otro pico (24% de las muestras) corresponde a aquellas palmas con valores de raíces finas entre 0.25 y 0.5 g/l (Fig. 6). El aumento en el peso de las raíces gruesas puede considerarse normal según el crecimiento de las plantas.

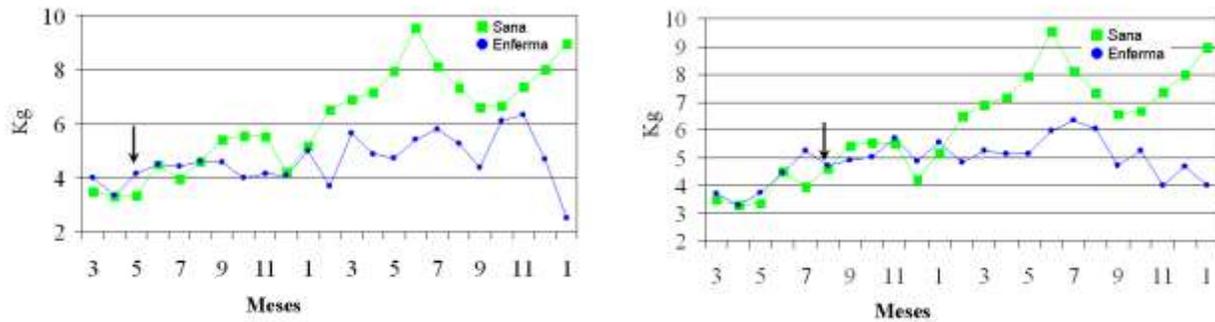


Fig. 5. Comparación de los cambios en el peso promedio del racimo en palmas sanas, y dos grupos de palmas inicialmente sanas, y que presentaron síntomas de PC en dos distintas fechas (indicadas por las flechas).

Tanto las palmas que se enfermaron, como las que se mantuvieron sanas, presentaron una reducción en la cantidad de raíces finas durante el segundo muestreo realizado seis meses después (Fig. 7), lo cual indicaba que aún las palmas que se mantenían sanas estaban en una fase de susceptibilidad hacia la enfermedad, la cual eventualmente se generalizó en toda el área. La reducción en la cantidad de raíces se puede asociar en parte a las condiciones de saturación de humedad del suelo después de varios meses de lluvias.

Sin embargo, en el primer muestreo, sólo 36% de las plantas sanas (que posteriormente se enfermarían), tenían densidades radicales por encima de 1 g/l. En las palmas que se mantuvieron sanas hasta el segundo muestreo, este porcentaje fue de 82%. Esto indica posiblemente, que la reducción en la densidad radical precede a los síntomas de la enfermedad.

Durante ambos muestreos se encontraron diferencias estadísticas en el contenido de raíces finas entre el grupo de palmas sanas y enfermas (Cuadro 2). Algunas inconsistencias aparentes en los datos pueden originarse del hecho de no poder separar en este estudio palmas que se enfermaron en diferentes momentos entre las fechas de muestreo, y los diferentes grados de severidad de los síntomas.

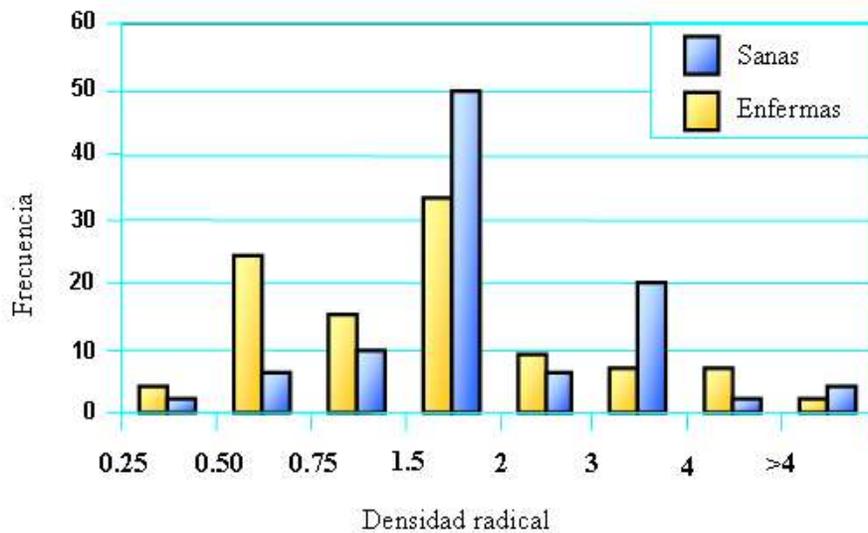


Fig. 6. Distribución de frecuencias de la densidad de raíces terciarias y cuaternarias en palmas sanas y con síntomas de PC. Palmas de aproximadamente tres años de edad.

Cuadro 2. Concentración promedio de raíces (g/l) de palmas sanas, enfermas y recuperadas de PC en dos fechas de muestreo. Palmas sembradas en 1998

	Raíces finas		Raíces gruesas	
	Junio 2001	Diciembre 2001	Junio 2001	Diciembre 2001
Sanas en ambas fechas	1.53	0.53	0.21	1.11
Enfermas en fecha 2	0.78**	0.38**	0.15	0.58*
Enfermas desde fecha 1	1.08*	0.25	0.46	0.53*
Recuperadas en fecha 2	2.08	0.26	0.19	0.34**

Comparaciones estadísticas contra el grupo de palmas sanas dentro de la misma columna (Prueba de t)

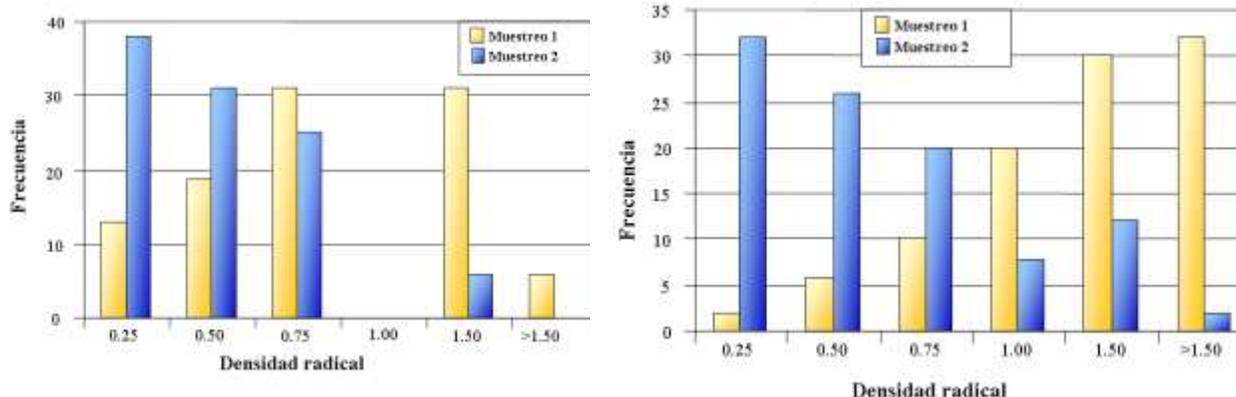


Fig. 7. Distribución de frecuencias de la densidad de raíces terciarias y cuaternarias durante dos fechas de muestreo separadas seis meses. Izquierda) palmas que mostraron síntomas de PC en la segunda fecha. Derecha) palmas que se mantuvieron sanas. Palmas de tres años de edad.

Estudio 4

Un total de 18 palmas (70%) de las 25 originalmente sanas, mostraron síntomas. El aumento en incidencia del problema a partir de abril del 2002 (inicio de las lluvias) estuvo acompañado de una disminución previa en la cantidad y peso de raíces tanto finas como gruesas. Esta reducción ocurrió durante los meses más secos del año, y es en parte una consecuencia de la falta de humedad en las capas superficiales del suelo. Luego de que se presentaron los primeros casos del trastorno en el área, se observó un incremento en la cantidad de raíces finas en las palmas que se mantuvieron sanas, lo cual estuvo asociado con la entrada de las lluvias. Sin embargo, la magnitud de la respuesta ante el establecimiento de las lluvias fue menor o no ocurrió del todo en las palmas con síntomas. Antes de la aparición de los síntomas, la cantidad de raíces gruesas y finas disminuyó en más de 50% en la mayoría (94%) de las palmas que se enfermaron (Cuadro 3). Esta reducción en la densidad radical fue evidente entre dos y cinco meses previo a la manifestación de los síntomas de secamientos y ‘amarillamientos’ en las hojas más jóvenes.

Cuadro 3. Porcentaje de las plantas que presentaron síntomas de PC (18 de 25 originalmente sanas) en donde la cantidad de raíces finas disminuyó, aumentó, o se mantuvo aproximadamente igual, antes y después de la aparición de síntomas iniciales

	Raíces finas			Raíces gruesas		
	Disminuyó	Similar	Aumentó	Disminuyó	Similar	Aumentó
Antes de los síntomas	94%	6%	-	89%	11%	-
Después de los síntomas	39%	17%	44%	44%	12%	44%

El comportamiento de la dinámica radical no siguió un patrón definido en todas las plantas en el periodo posterior a la aparición de los síntomas: en aproximadamente un mismo porcentaje (39-40%), la densidad de raíces finas aumentó o disminuyó, y en 17% de las plantas no fue evidente un cambio. En estas últimas plantas se presentaron densidades radicales muy bajas, menores a 0.5 g/l. Estas diferencias están sin duda ligadas a la severidad de los síntomas y a la habilidad de

palmas individuales de iniciar en forma temprana o tardía el periodo de recuperación de los síntomas. Otras dos variables del crecimiento que fueron afectadas antes de la aparición de los síntomas típicos de la PC fueron el valor del PxS y la longitud del raquis. En 66% de las plantas que se enfermaron, la tasa de crecimiento del PxS se detuvo, o disminuyó antes de la aparición de los síntomas. La tasa de incremento en el valor del PxS se mantuvo en aumento en 85% de las palmas que no habían mostrado síntomas en la fecha en cuestión.

La longitud del raquis disminuyó o se mantuvo estable en 88 % de las palmas que posteriormente presentaron síntomas. En las palmas sanas, el aumento paulatino de esta variable se mantuvo en 86% de los casos. En general, en estas últimas palmas, el valor del PxS cambió de 2.0 a 2.8 cm², y el del largo del raquis de 2 a 3 m durante el periodo de estudio.

En las palmas que presentaron síntomas, la disminución en los valores del PxS y del largo del raquis se observó entre 2 y 3 meses antes de la aparición de los síntomas del trastorno, lo cual implica que realmente ocurrió en una fecha más anterior, considerando el tiempo requerido por estas hojas para alcanzar la posición uno en la filotaxia. La tasa de emisión foliar de estas palmas (por debajo de dos hojas por mes) fue muy baja para su edad.

La severidad de los síntomas parece estar estrechamente asociada a la magnitud del estrés que causa la reducción en la cantidad de raíces, y las tasas de crecimiento de la longitud y la sección transversal del raquis. Las palmas que desarrollaron síntomas leves (poco ‘amarillamiento’ y secamiento de foliolos) presentaron tasas de reducción menores de estas variables (Cuadro 4). En estas palmas, luego de presentarse los síntomas, se observó un aumento en la cantidad de raíces en 50 % de los casos, e incluso una tendencia hacia un aumento en las tasas de crecimiento del raquis y PxS. En el caso de los síntomas severos (secamiento de más de un tercio de las hojas afectadas y ‘amarillamiento’ generalizado de foliolos), se presentó, además de la disminución previa en la cantidad de raíces, una reducción más marcada en las tasas de crecimiento de las variables aéreas (Cuadro 4). En 66% de las palmas que presentaron síntomas severos, se observó posteriormente una reducción en el contenido de raíces, del largo del raquis y del PxS.

Cuadro 4. Tasas de cambio semanal de la sección transversal del pecíolo, longitud de raquis (hoja uno) y de la tasa de emisión foliar en palmas sanas y enfermas según la severidad del ataque de flecha seca y la rapidez de la recuperación. Palmas de ocho meses en el campo

Estado	Severidad	Recuperación	Tasa de cambio PxS (cm ² /semana)	Tasa de cambio LR (cm/semana)	Hojas/mes
Sanas			0.012 ± 0.07	0.86 ± 1.3	1.54 ± 0.09
	baja	alta	-0.030 ± 0.04	-3.8 ± 2.4*	1.47 ± 0.05
Enfermas	baja	lenta	-0.040 ± 0.07	-1.18 ± 5.5	1.39 ± 0.10*
	alta	lenta	-0.142 ± 0.09	-1.63 ± 8.5	1.45 ± 0.07

* Denota diferencias estadísticas al 0.05 según prueba de *t* vs las palmas sanas

** Tres categorías de palmas según la severidad de los síntomas y la facilidad con que se recuperaron del problema; PxS = Área transversal del pecíolo; LR = longitud del raquis

La presencia de ‘amarillamientos’ severos se asoció con la reducción del sistema radical, pero la muerte de hojas (foliolos secos) se observó en 78% de las palmas, hasta que el contenido de raíces finas fue inferior a 0.5 g/l, lo que en la mayoría de los casos representó la pérdida de más del 50 % del sistema radical fino de la palma originalmente sana. El comportamiento de estas variables en tres palmas individuales se ilustra en la figura ocho.

La aparición de los síntomas de PC también se asoció con un incremento en el contenido de azúcares solubles en las hojas jóvenes, un fenómeno que ya había sido observado en otros estudios (Chinchilla y Durán, 1999). La gradiente en la hoja se mantuvo similar en palmas sanas y enfermas (Fig. 9). El contenido de azúcares solubles en las raíces y bulbo fue similar en ambas categorías de palmas.

Conclusiones

La aparición de los síntomas de la PC parece estar precedida por una serie de eventos extremos (de relativa corta duración) que denotan la presencia de uno o más factores de estrés que afectan el crecimiento vegetativo de las plantas y su habilidad de formar los frutos en desarrollo. Estos eventos de estrés ocurren varios meses antes de la aparición de lo que se consideran ser los primeros síntomas del problema (‘amarillamiento’ de algunos foliolos de las hojas más jóvenes y secamiento o pudrición en algunas zonas de las hojas flecha). El efecto negativo de esta situación de estrés podría ser más negativo en aquellas palmas que estaban creciendo más vigorosamente y/o tenían una mayor carga de racimos.

Un grupo de alteraciones en el tiempo (algunas en secuencia y otras posiblemente simultáneas) del crecimiento y producción observadas en palmas que presentaron los síntomas de PC fueron: crecimiento vigoroso, aborto de inflorescencias, reducción en el porcentaje de frutos normales (fértiles), disminución en el valor de la sección transversal del pecíolo y del largo del raquis, reducción en la cantidad de raíces (principalmente el sistema absorbente), aparición de síntomas de ‘amarillamiento’ (foliolos basales de hojas jóvenes), pudriciones y/o secamientos en las flechas, y pérdida de peso de los frutos, asociada con una reducción en el porcentaje de aceite en el racimo y reducción en el número de racimos. La severidad y tipo de síntomas de la PC (‘amarillamiento’ y secamientos) y el potencial de recuperación estuvo asociada a la magnitud de la pérdida del sistema radical.

El aumento en la concentración de azúcares solubles en las hojas de las palmas con síntomas iniciales de PC, puede indicar un bloqueo en el floema, que impide la llegada de carbohidratos hasta los órganos en crecimiento (cogollo, inflorescencias y raíces), lo cual puede desencadenar los síntomas del trastorno y favorece el ataque de patógenos oportunistas. La severidad de los síntomas y la velocidad de recuperación de los mismos, puede depender de la magnitud del bloqueo en el transporte de fotosintatos y de la habilidad de la planta de restablecer su flujo normal.

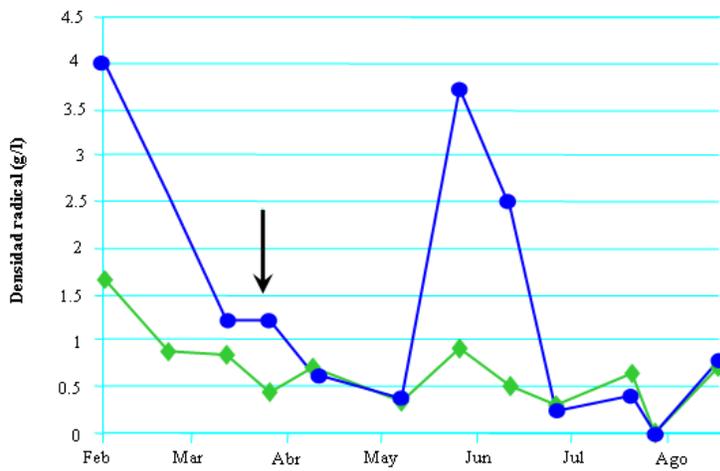
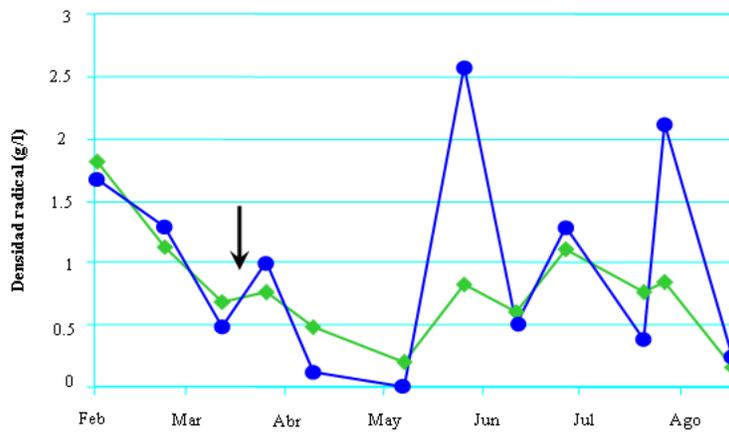
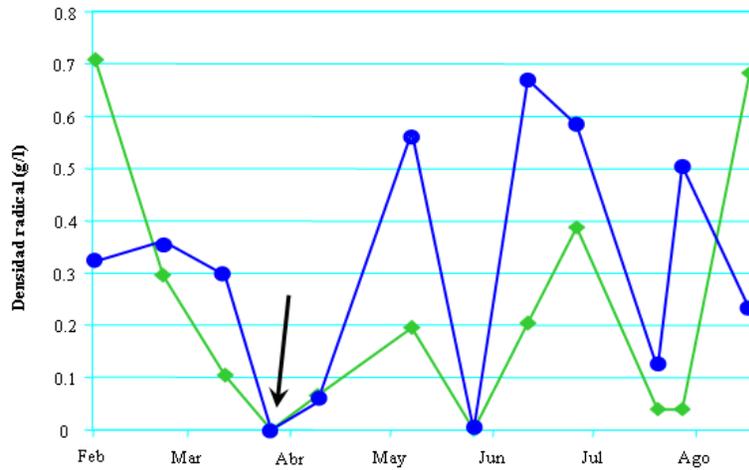


Fig. 8a. Dinámica (densidad de raíces; g/l) del sistema radical fino (♦) y grueso (●) en palmas originalmente sanas y que presentaron los síntomas de PC en la fecha señalada por la flecha. Las plantas tenían 8 meses de edad al inicio de las observaciones.

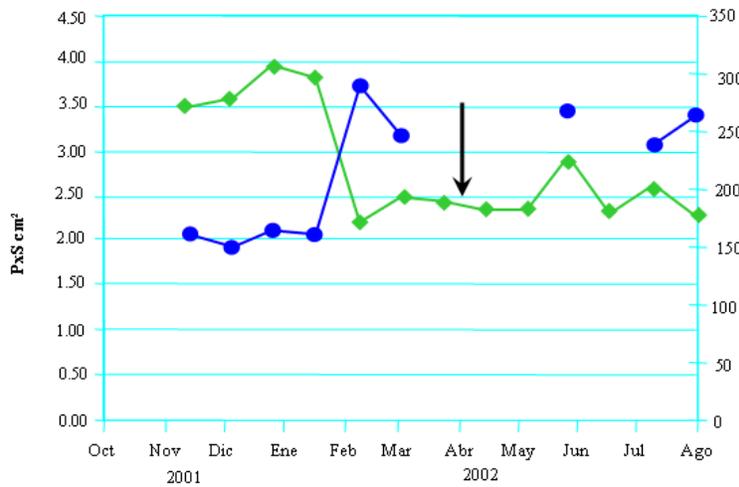
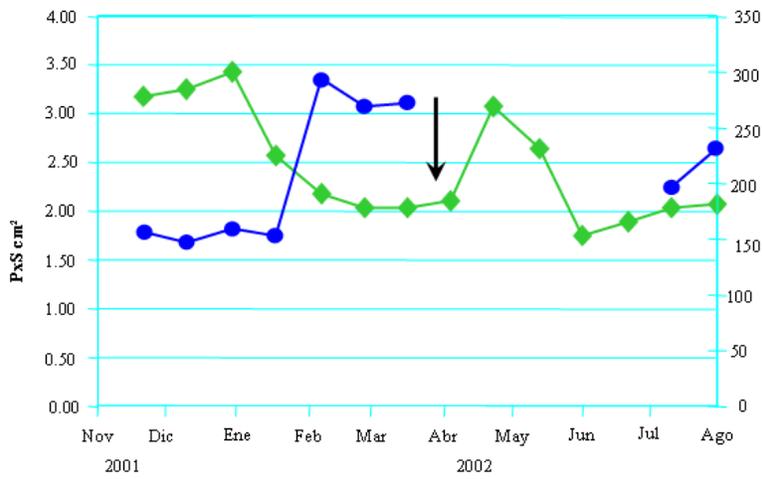
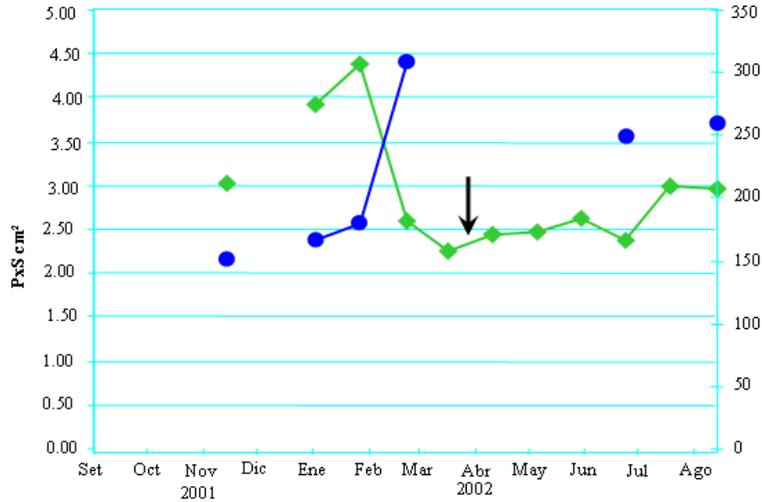


Fig. 8b. Dinámica de la sección transversal del peciolo (♦) y longitud del raquis (●) de palmas originalmente sanas y que presentaron los síntomas de PC en la fecha señalada por la flecha. Las plantas tenían 8 meses de edad al inicio de las observaciones.

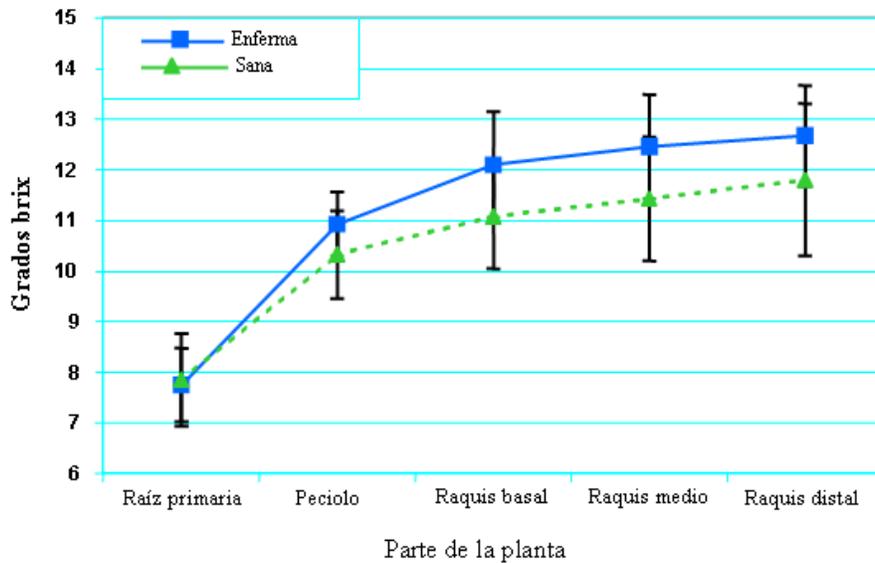


Fig. 9. Concentración de azúcares solubles en palmas sanas y enfermas de PC, hoja #1.

Si las alteraciones anotadas realmente indican la presencia de una situación de estrés que podría llevar a la aparición de los síntomas de la PC, sería teóricamente posible identificar en el campo a grupos de palmas en esta condición de predisposición. Las mediciones sistemáticas de valor PxS y del largo de la hoja serían particularmente útiles para interpretar cualquier patrón que se esté alejando del crecimiento esperado según la edad de las palmas. Una vez cuantificada la situación potencialmente problemática, el paso siguiente sería la identificación del o los factores de estrés asociados (aeración del suelo, nutrición etc.) para corregirlos y evitar de esta forma un efecto negativo sobre la producción, o aún peor, la aparición y desarrollo de un problema como las pudriciones de cogollo.

Literatura

Alvarado A., Chinchilla C., Bulgarelli J. & Sterling F. 1997. Agronomic factors associated with common spear rot/crown disease in oil palm. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica), 15:8-28.

Chinchilla C., Salas A. & Castrillo G. 1997. La pudrición común de la flecha/arqueo foliar: efecto sobre el crecimiento y la producción inicial en palma aceitera. ASD Oil Palm Papers (Costa Rica), 16: 1-17.

Chinchilla C. & Durán N. 1998. Manejo de problemas fitosanitarios en palma aceitera: una perspectiva agronómica. Palmas, Colombia. 19 (número especial): 242-256.

Chinchilla C. & Durán N. 1999. Nature and management of spear rot-like problems in oil palm: a case study in Costa Rica. In. Proceedings 1999 PORIM Intern. Palm Oil Congress, Agriculture. Malaysia. p. 97-126.

Chinchilla C. & Escobar R. 2004. Red ring and other diseases of the oil palm in Central and South America. In. Inter. Conf. on Pests and Diseases of Importance to the Industry. Kuala Lumpur, Malaysia. P.265-271.

Corley R.H.V. & Tinker P.B. 2003. The Oil Palm (4th edition). Blackwell Science Ltd., Oxford, 561 p.

Franqueville H. 2001. Oil palm bud rot in Latin America: preliminary review of established facts and achievements. CIRAD/BUROTROP. 33 p.

Grimm G., Bistline F. & Smith P. 1977. Incidence of blight in several groves on the central Florida ridge. Proc. Fla. State Hort. Soc. 90: 80-81.

Lima J. & Borducchi A. 1982. Observations on citrus blight in Sao Paulo, Brazil. Proc. Fla. State Hort. Soc. 95: 72-75.

National Research Center for Oil Palm. 1996. Annual Report 1994-1995 & 1995-96, Pedagevi, Andhra Pradesh.

Manion T. & Lachance D. (eds.) 1992. Forest Decline Concepts. APS Press. Minnesota. 249 p.

Mariau D., Lande H., Renard J., Dollet M, Rocha L, Rios R., Orellana F. & Corrado F. 1992. Pudriciones del cogollo en palma aceitera, en América Latina. Sintomatología, epidemiología e incidencia. Oléaginéux, 47(11): 605-618.

Melakeberhan H., Jones A.L., Sobiczewski P. & Bird G.W. 1993. Factors associated with the decline of sweet cherry trees in Michigan: nematodes, bacterial canker, nutrition, soil pH, and winter injury. Plant Disease, 77(3): 266-271.

Monge J.E., Chinchilla C.M. & Woung A. 1993. Studies on the etiology of the crown disease\spear rot syndrome in oil palm. ASD Oil Palm Papers, 7: 1-16.

Ruinard J., Nandem T. & Tjon A. Joe (eds.). Spear Rot of Oil Palm in Tropical America. (1990, Grafische Industrie, Paramaribo). 1988. (Proc.). Surinam, Paramaribo.

Swinburne T.R. 1993. Fatal Yellows, Bud Rot and Spear Rot of African Oil Palm. A comparison of the symptoms of these diseases in Brazil, Ecuador and Colombia. The Planter, Malaysia. 69(802): 15-23.

Tu J.C. 1994. Effects of soil compaction, temperature, and moisture on the development of the Fusarium root rot complex of pea in Southwest Ontario. Phytoprotection, 75(3): 125-131.

No hay riesgo conocido de introducir plagas y patógenos a través de la importación de clones de palma aceitera de Costa Rica

Chinchilla C. Ml¹. y Guzmán N.²

Introducción

El riesgo de introducir agentes dañinos (plagas, virus, hongos etc.) a través de la importación de semilla sexual de palma aceitera es muy bajo. En particular, la semilla producida en Centro América se encuentra virtualmente libre de tal riesgo, por cuanto el único patógeno conocido que puede ser transmitido en la semilla de la palma aceitera (*Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis*), no se encuentra en la región (Turner 1980; Franqueville & Diabaté 2004; Flood J. 2004). Costa Rica ha exportado desde 1986, más de 133 millones de semillas de palma aceitera a más de 30 países en América, Asia y África, sin que haya existido ninguna intercepción de patógeno o plaga alguna (Chinchilla & Umaña 1996; Escobar & Chinchilla 2004).

El riesgo de introducir alguna plaga o enfermedad a través de material clonal de palma aceitera es prácticamente inexistente, debido a que el proceso de clonación se realiza en condiciones asépticas con medidas muy estrictas para evitar la contaminación. ASD de Costa Rica tiene más de veinte años de experiencia en clonación de la palma aceitera, y construyó un laboratorio moderno que inició operaciones en el 2000.



El proceso de clonación de la palma aceitera

En términos muy generales, el proceso se inicia con la selección de una palma excepcional (con alto potencial de producción de aceite por ejemplo), de la cual se colectan tejidos (*explantes*), que son llevados al laboratorio y puestos en un medio estéril especial para inducir la formación de una masa indiferenciada de células llamada 'callo'. Este proceso puede tomar hasta un año. Las masas de callo son transferidas a otro medio para inducir la embriogénesis (masas de células que tienen el potencial de producir brotes de la parte aérea y raíces). Este proceso toma varios meses.

Para efectos comerciales, se necesita bastante tejido (masas embriogénicas) para producir suficientes plantas de un mismo clon. Esto se consigue poniendo las masas de *embrioides* en un medio para su proliferación. Eventualmente los tejidos embriogénicos generan una parte aérea (hojas) y luego son inducidos a formar raíces (Corley & Tinker 2003). Todo este proceso se realiza utilizando las normas sanitarias más estrictas para evitar la contaminación.

El producto final es la producción de una gran cantidad de plántulas llamadas *ramets*, que forman un clon determinado, el cual se espera que reproduzca las características de la palma excepcional originalmente seleccionada (*ortet*).

¹ Consultor para ASD, cmlchinchilla@gmail.com; 2. ASD Costa Rica, n.guzman@asd-cr.com

Controles sanitarios durante el proceso de clonación

Dentro del laboratorio, el manejo del tejido se hace en salas que tienen un sistema sofisticado de control de calidad del aire ambiental. Los tres aspectos principales que son regulados son la humedad relativa, las partículas suspendidas (baterías de filtros: tela, carbón y HEPAs) y la sanidad (luz ultravioleta). El manejo del tejido se hace en cámaras de transferencia (aire filtrado), que están en una sala clasificada como 10000 (no se permiten más de 10,000 partículas de tamaño de 0.5 micras/pie cúbico/minuto). El agua utilizada para la preparación de los medios se obtiene de pozos profundos y es filtrada y tratada para remover partículas suspendidas y otros contaminantes, para lo cual se utilizan procedimientos farmacéuticos. Todos los sistemas críticos dentro del proceso están respaldados por UPS, y un generador principal, de manera que el laboratorio no queda sin energía por un periodo mayor a 22 segundos, lo cual impide la despresurización de la sala limpia, en donde se realiza la clonación propiamente dicha.



La sala de preparación de los medios de crecimiento está totalmente separada del área de clonación. Para la esterilización de los medios y de todos los materiales necesarios dentro del área de cultivo, se utiliza una autoclave de doble puerta que permite descargarlos directamente en el área limpia (con aire filtrado), una vez concluida su esterilización.

El programa de clonación de la palma aceitera de ASD utiliza inflorescencias inmaduras como fuente para obtener los '*explantes*'. Las inflorescencias inmaduras (posiciones 10-16 en la filotaxia), están naturalmente cubiertas por un sistema de envolturas (espatas), que evitan su contacto directo con el ambiente, de manera que son prácticamente estériles, pues las plantas tienden a excluir a la gran mayoría de los patógenos de los órganos reproductivos en desarrollo. No obstante esto, las inflorescencias son superficialmente desinfectadas con hipoclorito de sodio en el laboratorio.



Durante la fase final del proceso de clonación, los *ramets* son transferidos desde los frascos en que crecen en el laboratorio, a bolsas de celofán especial con un medio estéril para su transporte hasta el punto de destino.

Controles sanitarios durante las fases de selección de los *ortets* y la extracción de los *explantes*

Los *ortets* son seleccionados entre palmas sembradas en experimentos de mejoramiento genético, cuyo desempeño (en términos de producción, crecimiento y otras características deseables) ha podido ser registrado regularmente. Sin embargo, la elección final de una palma determinada se hace hasta después de una inspección detallada, para garantizar que el individuo está libre de plagas, enfermedades o trastornos conocidos.

Todas las áreas en donde se seleccionan *ortets*, son visitadas regularmente para detectar cualquier problema fitosanitario que eventualmente pudiese presentarse, y actuar oportunamente. Estas áreas cumplen con los requisitos de 'áreas libres de enfermedades' certificadas como tales por una organización oficial del gobierno de Costa Rica (Servicio Fitosanitario del Estado), el cual opera dentro de los términos de los acuerdos internacionales para la aplicación de medidas

sanitarias y fitosanitarias (Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measurements). La certificación de productos vegetales para la exportación en Costa Rica, está regulada por La Ley de Protección Fitosanitaria número 7664 (www.protecneq.go.cr) y sus regulaciones asociadas, la Convención Internacional para la Protección de las Plantas (IIPC), y la Organización Internacional del Comercio (WTO).

Dentro de estos acuerdos, todas las áreas dedicadas a la producción, empaque y exportación de productos vegetales, incluyendo puertos de salida son inspeccionadas periódicamente por autoridades fitosanitarias del gobierno. Los inspectores oficiales realizan observaciones, toman muestras si lo consideran necesario y emiten recomendaciones que deben ser necesariamente acatadas, antes de que pueda ser emitido un Certificado Fitosanitario de Exportación, el cual acompaña todos los envíos de clones o semillas de palma aceitera exportados por ASD de Costa Rica. Los procedimientos de empaque y transporte también son regulados por acuerdos internacionales para la exportación de este tipo de productos vivos.



Referencias

Chinchilla C. & Escobar R. 2004. Quarantine regulations for oil palm seeds and clones from Costa Rica. In: Proceedings of the International Conference on Pests and Diseases of Importance to the Oil Palm Industry. Kuala Lumpur, Malaysia, p. 265 - 271.

Chinchilla C. & Umaña C. 1996. There is no (known) danger in importing palm diseases through oil palm seed imports from Costa Rica. ASD Oil Palm Papers, 13: 1-8.

Corley R.H.V. & Tinker P.B. 2003. The Oil Palm (4th ed.). Blackwell Science Ltd, Oxford, pp. 201-215.

Escobar R. & Chinchilla C. 2004. Red ring and other diseases of the oil palm in Central and South America. In: The International Conference on Pests and Diseases of Importance to the Oil Palm Industry. Kuala Lumpur, Malaysia, p. 37-52.

Flood J. 2004. Diseases and treatments of seed and nursery materials. In: The International Conference on Pests and Diseases of Importance to the Oil Palm Industry. Kuala Lumpur, Malaysia, p. 209-217.

Franqueville H. & Diabaté S. 2004. Status on oil palm vascular wilt. In: The International Conference on Pests and Diseases of Importance to the Oil Palm Industry. Kuala Lumpur, Malaysia, p.30-36.

Turner P. 1981. Oil Palm Diseases and Disorders. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. 280 p.

Variedades de palma aceitera tolerantes al estrés

Alvarado A¹. y Sterling F.

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 al déficit, el crecimiento vegetativo, y la producción de racimos en 34 cruzamientos (progenies).

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. 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 del 70; después de la introducción a Costa Rica en 1967, de semilla silvestre proveniente de regiones altas de Camerún (1000-2000 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.

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

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

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 Africa. 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 (Hemptinne 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 Rodriguez 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 al 3%; 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 3900 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 cada uno.

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 es de 2400 mm, con un periodo seco entre diciembre y 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 sétimo 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 foliolos. Eventualmente, se observó secamiento y doblamiento de las hojas del dosel inferior y medio, 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 (Cuadro 1).

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

Progenitor femenino	Progenitor masculino							Promedio
	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	Mobai	Tanza-nia	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 <i>dura</i>	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
<i>Promedio</i>	<i>2.1</i>	<i>2.5</i>	<i>2.1</i>	<i>2.4</i>	<i>2.2</i>	<i>1.7</i>	<i>2.0</i>	<i>2.2</i>

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) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Número de hojas inferiores secas en palmas de cuatro años de edad, en varios genotipos de palma aceitera, sembradas en condiciones de severo estrés hídrico en San Mateo, Costa Rica

Progenitor femenino	Progenitor 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 <i>dura</i>	10.0	18.0	12.0	6.0	2.0	17.0	12.0	11.0
Deli x Eko.	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
<i>Promedio</i>	<i>7.0</i>	<i>14.0</i>	<i>9.0</i>	<i>8.8</i>	<i>6.4</i>	<i>10.5</i>	<i>11.0</i>	<i>8.9</i>

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) (Cuadro 3)

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

Progenitor hembra	AVROS	Calabar	Ekona	La Mé	Mobai	Tanzania	Yangambi	Promedio
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 <i>dura</i>	3.9	6.8	5.0	11.1	11.4	15.6	6.0	8.5
Deli x Eko.	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
<i>Promedio</i>	<i>5.2</i>	<i>6.8</i>	<i>6.9</i>	<i>9.9</i>	<i>14.2</i>	<i>17.0</i>	<i>8.0</i>	<i>10.3</i>

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 Rodriguez (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. 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 (Cuadro 4).

Tolerancia a bajas temperaturas

El material genético de origen silvestre con tolerancia a las bajas temperaturas fue introducido a ASD entre 1967 y 1977, proveniente de dos regiones de África. 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). (Cuadro 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 (Cuadro 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% (Cuadro 7).

Cuadro 4. Características vegetativas y composición de los racimos de varios cruzamientos de palma aceitera evaluados en Coto, Costa Rica (zona sin 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 Me	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
	Mean	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 Me	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 Me	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
	Mean	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 Me	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

	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
Promedio	La Me	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	23.5	5.6
Media general		363	153.9	192	665	23.3	5.3

FFB = racimos de fruta fresca, THT = altura del tronco, LLG = longitud de la hoja, O/B = aceite en el racimo, OHAY = aceite/ha/año

Kigoma (Tanzania). Este material proviene de semilla recolectada en 1977, en seis palmas (5 *téneras* y una *dura*) silvestres 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 Chavez 1986), (Cuadro 5).

Cuadro 5. Composición del racimo en los materiales Kigoma y Bamenda originales

	FWT (%)	M/F (%)	Sh/F (%)	K/F (%)	O/M (%)
Bamenda, Cameroon					
<i>Duras</i>	8.4	35.5	51.8	13.1	50.9
<i>Téneras</i>	9.4	68.6	21.2	10.2	45.2
Kigoma, Tanzania**					
<i>Duras</i>	14.5	63.0			
<i>Téneras</i>	13.5	76.3	0.9***	10.0	

* FWT = peso medio 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 y Chaves, 1986; *** Sh/F en mm

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 Chavez 1986) (Cuadro 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 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 mesocarpio en el fruto (54%) y una alta extracción de aceite (18.8%) (Cuadro 7).

Cuadro 6. Composición del racimo en Bamenda y Kigoma evaluados en Coto, Costa Rica

	n	FWT (%)	F/B	M/F (%)	K/F (%)	O/M (%)	O/B (%)
Bamenda, Cameroon							
<i>Duras</i>	219	8.2	67.2	41.2	14.3	44.8	12.9
<i>Teneras</i>	49	6.5	65.5	68.9	14.5	44.1	19.1
Kigoma, Tanzania*							
<i>Duras</i>	96	9.8	71.7	55.7	9.5	50.1	20.2
<i>Teneras</i>	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, K/F = almendra den el fruto, O/M = aceite en el mesocarpio, O/B = aceite en el racimo;

* Richardson y Chaves, 1986

Variedades tolerantes a bajas temperaturas

Comportamiento 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 las regiones altas de Camerún, Etiopía, Kenia, Malawi y Zambia (1000 a 1500 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).

Cuadro 7. Características vegetativas y del racimo en descendencias *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 por año, THT = altura de tronco, LLG = longitud de hoja, M/F = mesocarpio en el fruto, O/B = aceite en el racimo, OHAY = aceite/ha/año

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 et al. 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 el cuadro ocho se anotan los resultados de un ensayo sembrado en 1992, en la región oeste de Etiopía, a 960 msnm, con 1800 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).

Cuadro 8. Precocidad y número de racimos por planta en cuatro cruces de palma aceitera con diferente tolerancia al estrés, Gelesha, Ethiopia¹

Origen	Palmas en floración (%)	Flores/palma	Racimos/palma		
	1*	1*	3	4	6
Bamenda x Ekona	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 (años); 1 Blaak and 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 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 (Cuadro 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 (Cuadro 9).

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

Variedad	Palmas	t/ha/año			
		2000	2001	2002	Total
Bamenda x AVROS	73	10.3	6.3	12.3	28.0
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
<i>Promedio</i>		8.2	12.8	14.4	35.4

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 (Cuadro 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.

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

Origen	Palmas	FFB (kg)	FFB (t/ha)	THT (cm)	LLG (cm)	M/F (%)	O/B (%)	OHAY(t)
Siembra de 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 de 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 de 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
Siembra de 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 de tronco, LLG = longitud de la hoja, M/F = mesocarpio en el fruto, O/B = aceite en el racimo, OHAY = aceite/ha/año

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 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.

Literatura

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 á huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Oléagineux*, 16(7) 431-437.

Houssou M., Cornaire B., Omore A. & Adje J. 1992. Selection pour la résistance á la sécheresse du palmier á 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. & 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.