

La ‘pudrición común de la flecha/arqueo foliar: efecto sobre el crecimiento y la producción inicial en palma aceitera

Carlos Ml. Chinchilla¹, Alfredo Salas and Geovanni Castrillo

Resumen

Los síntomas de la Pudrición Común de la Flecha (PCF) se asociaron consistentemente a los de Arqueo Foliar, tanto en vivero como durante la fase de campo. Varios factores ambientales parecen determinar la incidencia. En particular, algunas prácticas agronómicas que favorecían un crecimiento inicial vigoroso predisponían a las plantas al ataque de la enfermedad. La incidencia de la PCF fue baja en el vivero, y la mayoría de las plantas que presentaron síntomas en esta fase aparecieron enfermas nuevamente en el campo. Sin embargo, las plantas que no se enfermaron de nuevo en el campo, presentaron algunas variables de crecimiento (largo del peciolo y raquis, sección transversal del peciolo, tasa de emisión foliar) y una producción inicial superior al de plantas testigo (sanas en el vivero y el campo). Una alta precocidad en el primer grupo de plantas (enfermas en el vivero y sanas en el campo) es probablemente la causa de una reducción fuerte en el rendimiento posterior, lo que resulta en un rendimiento acumulado (primeros 38 meses) inferior al de las plantas testigo sanas.

Las plantas con síntomas en el vivero y el campo presentaron inicialmente también, algunas variables de crecimiento superiores a las de las plantas testigo; pero después de algunos meses de haberse presentado los síntomas, el crecimiento fue afectado adversamente. La reducción en el rendimiento acumulado durante los primeros 38 meses después del trasplante, entre este grupo de palmas y el grupo testigo, fue de aproximadamente 4.5 t/ha. Sin embargo, el impacto de estos desórdenes en plantaciones comerciales debe ser poco, ya que la incidencia normalmente es muy baja en esas condiciones.

La selección de genotipos susceptibles durante la fase de vivero podría tener el inconveniente de descartar algún material vigoroso y de alto potencial de rendimiento, que presente una alta incidencia de la enfermedad debido a algún factor de predisposición.

Introducción

La combinación de los síntomas de ‘pudrición común de la flecha (PCF) y de ‘arqueo foliar’ (AF) es la condición más frecuente de la palma aceitera durante los dos primeros años después del trasplante al campo. Los síntomas de estos desórdenes del crecimiento han sido descritos ampliamente (Kovachich 1957; Bull y Robertson 1959; Duff 1962,1963; Turner 1981; Chinchilla 1987; Monge et al. 1994). La tendencia en la literatura ha sido tratar la PCF como una condición diferente a la del ‘arqueo foliar’. Sin embargo, también existe evidencia de que ambos trastornos están estrechamente relacionados y podrían tener una causa común (Turner 1981; Chinchilla 1987; Monge et al. 1992).

¹ ASD de Costa Rica, cmlchinchilla@gmail.com

Conforme la edad de la planta aumenta en el campo, la incidencia normalmente disminuye, pero en algunas progenies susceptibles, algunas palmas pueden mostrar síntomas aún después de los seis años. En estos casos, el efecto negativo sobre el crecimiento y la producción es bastante claro. No obstante, poco se conoce acerca del efecto del caso más frecuente; plantas que luego de mostrar síntomas durante un tiempo, se recuperan y adquieren una apariencia normal.

En este trabajo se compararon el crecimiento y los componentes del rendimiento, en varios grupos de plantas que presentaron síntomas en diferentes etapas de su desarrollo, incluyendo la fase de vivero.

Metodología

Los datos para estos análisis fueron obtenidos a partir de observaciones casuales sobre la incidencia de PCF y AF en parcelas de un experimento con material avanzado de vivero, cuyo objetivo original fue estudiar el efecto de varias prácticas agronómicas sobre el crecimiento de las palmas en el vivero y el campo. En el experimento se usó material Deli x AVROS, sembrado en bolsas de dos tamaños (40x53 cm y 51 x 61 cm), a dos espaciamientos (90 y 137 cm) y dos niveles de fertilización.

Cada parcela consistió de 25 palmas distribuidas en un patrón triangular con nueve plantas como parcela útil. Cuando las plantas cumplieron aproximadamente 18 meses, las nueve plantas centrales de cada parcela fueron trasplantadas al campo (9 m triangular).

Durante la etapa de vivero, se presentó en algunas de las parcelas una incidencia relativamente alta de PCF/AF que fue cuantificada. Un primer grupo de datos (ensayo A) se obtuvo de las plantas afectadas que formaban parte de la parcela útil de algunos de los tratamientos de vivero.

En el momento del trasplante al campo, las palmas con síntomas de PCF/AF, que constituían bordes de las unidades experimentales en vivero, fueron sembradas juntas, al lado de otro grupo de plantas sanas provenientes también de bordes de tratamientos similares al dado a las plantas afectadas. Este ensayo fue designado como B.

En el campo se realizaron evaluaciones semestrales del crecimiento (Corley y Breure 1981) y se anotó la producción semanal de cada palma individual. La incidencia y la severidad de los síntomas de la pudrición de flecha/arqueo foliar fueron evaluadas en el vivero y durante la fase de campo.

Para facilitar la interpretación de los resultados, las plantas se dividieron en cuatro grupos (tratamientos). El primer grupo estuvo constituido por plantas que presentaron síntomas tanto en el vivero como en el campo. El segundo grupo fueron plantas con síntomas en el vivero, pero sanas en el campo. Una tercera categoría fue un grupo de plantas tomadas al azar de los diferentes tratamientos del experimento que no presentaron síntomas (grupo testigo). Finalmente, el cuarto grupo estuvo constituido por palmas sanas en el vivero y que mostraron síntomas en alguna de las evaluaciones de campo. Debido a que el número de nuevas plantas enfermas cambió en cada evaluación y a que se presentó el fenómeno de la recurrencia de síntomas, la cantidad de plantas por categoría varió en cada fecha.

La separación de medias entre tratamientos se hizo utilizando la prueba de *t* de Student o la diferencia mínima significativa (LSD), siguiendo el procedimiento GLM (SAS Institute 1988).

Resultados y discusión

Fase de vivero

La PCF/AF no es común durante la etapa de vivero, pero la combinación de un cruce susceptible, con algunos tratamientos de vivero, pareció favorecer la aparición de síntomas en estos experimentos.

Las primeras plantas enfermas fueron detectadas a los siete meses de edad, y la mayor incidencia ocurrió cuando tuvieron alrededor del año. Algunos tratamientos de vivero tuvieron un efecto significativo sobre la incidencia de la enfermedad durante esta fase, y los efectos se mantuvieron aún después del trasplante al campo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Incidencia y severidad de la ‘podrición común de la flecha/ arqueo foliar’ en el vivero y en el campo, según algunas prácticas agronómicas de vivero

Tratamiento de vivero		Incidencia en vivero (%) ¹	Hojas afectadas /planta	Hojas muertas /planta	Hojas arqueadas /planta	Palmas enfermas %	Indice severidad (0-2)
Espaciamiento	90 cm	9.5	2.32 **	1.31	1.28	0.11**	0.68**
	137 cm	4.6	0.88	0.22 **	0.68	0.04	0.34
Tamaño de bolsa	40x53 cm	5.3	0.79	0.27	0.58	0.0	0.29
	51x61 cm	8.8	2.41 **	1.25 *	1.37**	0.10**	0.72**
Fertilización ²	1	7.0	1.63	0.96	0.88	0.09	0.54
	2	7.1	1.57	0.56	1.07	0.06	0.55
Interacción	90*40x53 cm	6.2 b	1.01 b	0.48 b	0.67	0.05 b	0.35
	90*51x61 cm	12.8 a	3.63 a	2.13 a	1.89	0.16 a	1.01
	137*40x53 cm	4.3 b	0.57 b	0.07 b	0.50	0.03 b	0.23
	137*51x61 cm	4.8 b	1.19 b	0.37 b	0.85	0.04 b	0.44

1. Incidencia en el vivero (12 meses) fue calculada en parcelas de 25 plantas (arreglo factorial en un BCA con 12 repeticiones). En el campo (24 meses), las parcelas eran de 9 plantas (6 repeticiones). Programa base de fertilización y el doble del mismo.

*: P = 0.05, **: P = 0.01

La mayoría de las plantas enfermas se encontraron en aquellos tratamientos que favorecieron un desarrollo vegetativo más rápido durante los primeros meses de vivero. La combinación de un espaciamiento de 90 cm y una bolsa grande (51x61 cm) resultó particularmente afectada. Estas plantas entraron en competencia por luz más tempranamente y sufrieron una fuerte etiolación durante las últimas etapas de este vivero, que se mantuvo por aproximadamente 18 meses.

Detalles sobre el crecimiento de estas plantas ya han sido publicados (Chinchilla et al. 1990). Los efectos negativos de una mayor competencia por luz (etiología), o la combinación de este factor y la alta incidencia de la pudrición de flecha/arqueo foliar en el vivero y el campo, probablemente fueron la causa de un pobre desempeño de esas plantas en cuanto a crecimiento y producción inicial.

La presencia de la enfermedad en las plantas de vivero afectó negativamente todas las variables de crecimiento durante esta etapa (Cuadro 2). Algunas de las plantas más severamente afectadas tuvieron que ser descartadas en el momento del trasplante al campo. No obstante, no estaba claro el efecto de un ataque leve de la enfermedad en vivero, sobre el crecimiento y rendimiento posterior de las palmas en el campo. Para aclarar este punto se establecieron las pruebas A y B.

Cuadro 2. Crecimiento vegetativo en palmas de vivero (Deli x AVROS) sanas o que habían sufrido al menos un ataque de ‘pudrición común de la flecha /arqueo foliar’

Días ¹	Categoría	Raquis (cm)	Foliolos /m	Área foliar ² (m ²)	Hojas/mes	PxS (cm ²)
301	Sanas	60.1**	103.7	0.306**	2.092	
	Enfermas	51.8	111.0**	0.231	2.045	
358	Sanas	84.2**	96.2	0.499**	2.082	1.174**
	Enfermas	73.5	103.0**	0.387	1.990	1.041
428	Sanas	116.2	85.3	0.688	1.775	1.365**
	Enfermas	101.1	93.6**	0.563**	1.727	1.211
482	Sanas	150.8	78.1	0.925**	1.854	1.586*
	Enfermas	133.8	83.4*	0.794	1.706	1.524

Las medias fueron separadas en cada fecha y para cada variable mediante una prueba de *t* Student.

*: P=0.05, **: P=0.01. 1. Días después de la siembra en vivero. 2. Área de la hoja No. 1.

Fase de campo

Ensayo A: crecimiento

La incidencia y severidad de la PCF/AF se evaluó en el vivero (tres veces) y en seis oportunidades en el campo. La interpretación de las relaciones entre el crecimiento, la producción y el ataque de la enfermedad fue complicada debido a que el ataque pudo tener consecuencias que se manifestaron hasta dos años después, como es el caso de efectos sobre la diferenciación sexual. Por otro lado, en cada evaluación de campo aparecieron plantas en que la enfermedad tenía diferentes períodos de haberse iniciado, y además las plantas presentaban diferentes grados de severidad. Finalmente, un porcentaje variable de las plantas presentó un único ataque, mientras que en otras, una recuperación aparente era seguida por uno o más ataques posteriores, separados unos de otros por semanas o aun meses.

Generalmente las medidas de crecimiento se programan para ser tomadas en forma sistemática (semestralmente, por ejemplo), y durante una evaluación determinada, la planta enferma puede simplemente estar mostrando los efectos negativos de la enfermedad y no el tipo de crecimiento que precedió al desencadenamiento de los síntomas. Por otro lado, una planta susceptible que

haya superado un ataque leve de la enfermedad podría reiniciar un tipo de crecimiento, incluso más vigoroso que el de una planta normal sana, lo que podría o no conducir a un nuevo ataque. Estas situaciones son las que se reflejan en los datos de crecimiento y producción de plantas sanas y enfermas.

La primera evaluación de la enfermedad en el campo se realizó aproximadamente a los seis meses del trasplante. De 30 plantas encontradas con síntomas, 18 (60%) no habían aparecido con síntomas en el vivero. De estas 18 plantas originales enfermas, sólo tres aparecieron nuevamente con síntomas en las evaluaciones posteriores, mientras que, de las 12 plantas restantes que habían presentado síntomas en el vivero, 11 aparecieron nuevamente enfermas en las siguientes evaluaciones de campo. Probablemente la característica más sobresaliente de los datos de crecimiento es el aparente mejor desarrollo vegetativo en el grupo de plantas que presentó la enfermedad durante la fase de vivero y que se mantuvieron sanas en el campo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Crecimiento vegetativo en el campo de palmas Deli x AVROS afectadas por la ‘pudrición común de la flecha/arqueo foliar’. Ensayo A

Días ¹	Grupo*	Pecíolo (cm)	Raquis (cm)	PxS (cm ²)	Foliolos /m	Área foliar (m ²)	Hojas/mes	Hojas/palma
190 (6.3)	A (12)	25.40	158.30	2.6590	113.7	1.2213	2.1772	15.11
	B (59)	24.21	149.75	2.3990	109.7	1.1579	2.1415	15.30
	C (100)	24.75	154.87	2.3767	106.2	1.1955	2.0999	15.74
	D (18)	21.50	143.11	2.0972	119.7	1.0751	1.8361	13.00
	DMS	2.71	11.76	0.2795	10.1	N.S.	0.2638	2.30
371 (12.2)	A (30)	47.00	176.27	3.4994	115.4	1.5367	2.6050	24.19
	B (41)	43.93	175.34	3.4688	112.0	1.5353	2.5865	24.73
	C (100)	43.77	183.65	3.3869	107.0	1.6502	2.6415	25.33
	D (75)	43.85	175.20	3.1925	109.4	1.5226	2.5177	24.92
	DMS	N.S.	8.45	0.2764	5.0	0.1276	0.1237	N.S.
553 (18)	A (42)	60.45	230.20	4.6559	100.1	2.5329	3.2969	33.60
	B (29)	63.55	242.20	5.1844	94.4	2.8191	3.1624	34.03
	C (100)	64.48	254.20	5.0731	89.1	2.9925	3.1738	34.97
	D (75)	61.98	243.60	4.8492	92.2	2.7492	3.1470	34.00
	DMS	4.03	10.61	0.4170	3.1	0.2433	0.1499	N.S.
742 (24.4)	A (42)	90.30	294.80	6.3363	81.9	3.0745	3.3537	38.05
	B (29)	91.40	297.40	6.5140	81.5	3.3667	3.5176	39.55
	C (100)	95.40	309.10	6.3676	77.5	3.3376	3.5307	39.34
	D (88)	92.90	303.20	6.3038	80.3	3.2821	3.3731	38.27
	DMS	5.07	14.30	N.S.	2.9	0.2630	0.1575	1.07
931 (30.6)	A (42)	104.70	337.50	7.7365	69.5	4.2326	3.3597	40.47
	B (29)	108.80	347.90	8.0363	68.1	4.2604	3.2522	40.17
	C (100)	112.30	352.00	7.5858	62.0	4.3305	3.4356	40.47
	D (88)	112.20	353.70	7.8162	65.2	4.3002	3.3621	40.29
	DMS	7.40	16.20	N.S.	3.2	N.S.	0.1833	N.S.

A = Plantas con síntomas en el vivero y el campo; B = Síntomas en el vivero y sanas en el campo;

C = Sanas siempre; D = Sanas en el vivero y con síntomas en el campo.

El número en paréntesis indica el número de plantas en cada categoría en cada fecha

DMS = Diferencia mínima significativa (P=0.05). Los datos corresponden a las hojas No. 5 y 7 a los 190 y 371 DDT y a la hoja 17 en mediciones subsiguientes. 1. Días después de siembra (meses en paréntesis)

Más aun, durante las dos primeras evaluaciones de crecimiento (190 y 371 días después del trasplante), el mayor valor de la sección transversal del peciolo (PxS) lo tenían las plantas que habían presentado síntomas en el vivero y estaban ahora con las primeras hojas flecha afectadas por la enfermedad. La tasa de emisión foliar tiende a ser mayor en las plantas con síntomas tanto en el vivero como en el campo.

Durante la evaluación de incidencia realizada aproximadamente a los 18 meses de edad en el vivero, la gran mayoría de las palmas que formarían la categoría de enfermas en el campo ya habían mostrado síntomas (Fig.1). Esto se refleja en un deterioro en algunas variables de crecimiento de las plantas con síntomas. No se observaron, sin embargo, diferencias en desarrollo entre plantas ahora sanas y aquellas que presentaron síntomas o no en la fase de vivero (Cuadro 3).

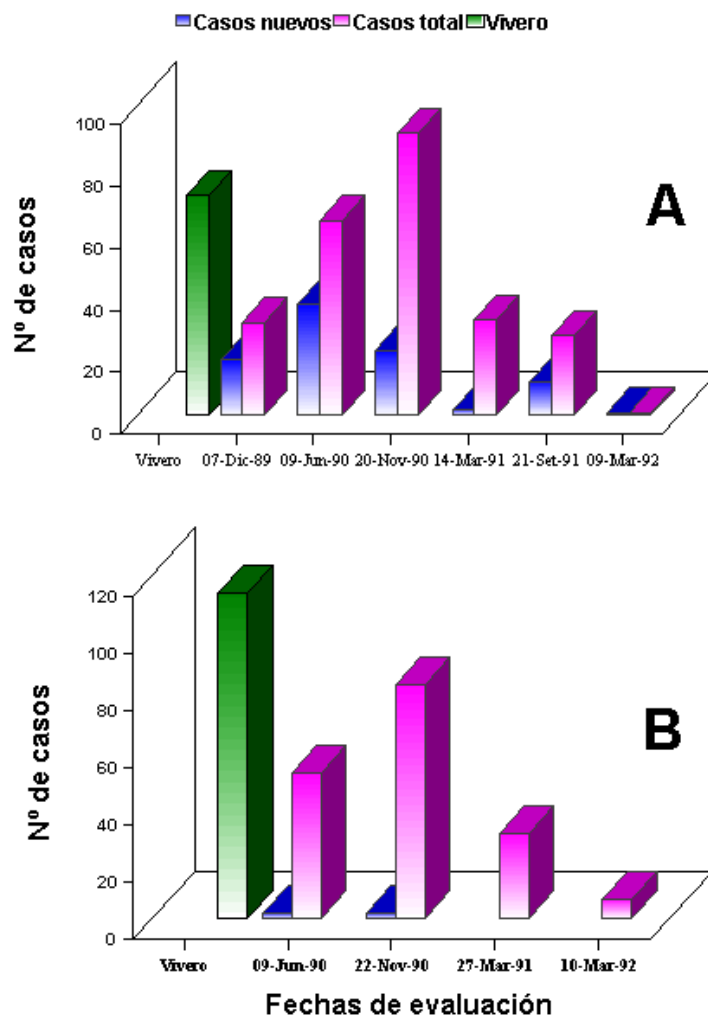


Fig. 1. Incidencia de ‘podrición común de la flecha / arqueo foliar’ en dos experimentos (A y B), y diferentes etapas de desarrollo (vivero y campo) de palmas Deli x AVROS (Trasplante al campo: junio 1989).

El área foliar fue menor en las palmas afectadas. Sin embargo, los datos del cuadro 3, deben interpretarse con precaución, puesto que por las características mismas de la enfermedad, mucha área foliar se pierde y no puede cuantificarse. La reducción observada en el área foliar se debe a un menor número de folíolos por hoja, así como a la presencia de folíolos de menor longitud y ancho. La relación entre un aparente mejor crecimiento vegetativo y una mayor incidencia de la PCF/AF ha sido observada en plantas en el campo (Thompson 1928, citado por Turner 1981; Turner 1981; Monge et al. 1992). Tal relación aparente puede deberse a que un crecimiento muy activo, especialmente una alta tasa de elongación del peciolo y raquis, puede conducir a una lignificación anormal de los tejidos en crecimiento (Heusser citado por Turner 1981; Monge et al. 1992), lo cual induce al doblamiento de los raquis y favorece el ataque de microorganismos oportunistas, tales como *Erwinia* spp y *Fusarium* spp.

Del total de palmas que aparecieron con síntomas en el campo, sólo 32% habían presentado la enfermedad en el vivero. Del total de las plantas con síntomas en el vivero, 59% mostró de nuevo síntomas en el campo.

La mayoría de las plantas enfermas en el campo fueron detectadas durante el reconocimiento hecho aproximadamente a los 18 meses (Fig. 1). Este comportamiento también ha sido observado en otras situaciones (Breure y Soebagjo 1991; Monge et al. 1992; Sterling y Alvarado 1996) y se repite en el ensayo B, por lo cual se considera que, en la mayoría de los casos, las evaluaciones de enfermedad hechas después de los 18 meses de edad de las plantas no aportan nueva información sobre el comportamiento de un material comercial.

Ensayo B: crecimiento

En este ensayo se sembraron en un bloque 144 plantas que habían mostrado síntomas durante la fase de vivero. Un bloque contiguo estuvo constituido por 53 plantas que estuvieron sanas en el vivero. De este último grupo solamente cuatro plantas aparecieron enfermas durante el tiempo que duraron las observaciones de campo. En el primer grupo de plantas que presentaron la enfermedad en el vivero, 71% aparecieron nuevamente enfermas durante las evaluaciones de campo. Esta alta proporción indica la predisposición genética que existe a la enfermedad. Sin embargo, el hecho de que 29% de las plantas no mostraran síntomas nuevamente en el campo, indica que también existe un fuerte efecto ambiental sobre el desencadenamiento de la sintomatología. En el ensayo A, 41% de las plantas enfermas en el vivero no fueron afectadas en el campo.

Las diferentes proporciones de plantas que aparecieron con síntomas, tanto en el vivero como en el campo, en los ensayos A y B, pudieron deberse en parte a la ubicación de las palmas enfermas en cada experimento. En el ensayo B, las plantas que habían mostrado síntomas en el vivero se sembraron formando un bloque, lo cual teóricamente podría haber creado condiciones para un alto potencial de *inóculo* de los microorganismos oportunistas que causan las pudriciones que caracterizan a la PCF/AF.

Esto traería como consecuencia el desencadenamiento de la reacción de susceptibilidad en algunas palmas que de otra manera tal vez no se hubieran enfermado. En el caso del ensayo A, las plantas que presentaban síntomas en el vivero fueron sembradas en el campo en parcelas separadas y rodeadas por plantas sanas.

El comportamiento de los datos de crecimiento en las plantas del ensayo B es muy similar al encontrado en el ensayo anterior (Cuadro 4). Se observan también en este grupo de datos las mismas tendencias a un mejor crecimiento inicial en el grupo de plantas que presentaron síntomas en vivero, y que enfermaron posteriormente, o bien, se mantuvieron sanas en el campo.

Cuadro 4. Crecimiento vegetativo en el campo de palmas afectadas por la ‘podrición común de la flecha/arqueo foliar’ en vivero y/o campo. Ensayo B

Días ¹	Grupo*	Pecíolo (cm)	Raquis (cm)	PxS (cm ²)	Foliolos /m	Área foliar (m ²)	Hojas/mes
194	A (78)	21.1 a	154.5 a	2.352 a	108.9	1.156 a	
	B (35)	22.8 b	141.8 b	2.204 ab	111.5	0.996 b	
	C (48)	21.9 b	151.0 ab	2.133 b	108.7	1.152 a	
374	A (49)	45.9 a	174.1	3.30 a	113.6 a	1.527	1.291
	B (64)	42.0 a	174.4	3.16 a	112.2 ab	1.546	1.225
	C (48)	38.0 b	172.6	2.93 ab	111.1 b	1.523	1.216
553	A (49)	62.4	226.3 ab	4.664	51.2 c	1.245	3.433 a
	B (64)	65.7	216.2 b	4.759	83.2 b	2.241	3.097 b
	C (48)	66.1	230.3 a	4.514	97.4 a	2.558	3.126 b
752	A (33)	86.3 ab	282.3	5.866 ab	85.7	3.284	3.143 b
	B (35)	87.5 a	285.3	6.539 a	85.9	3.288	3.358 a
	C (48)	86.8 ab	276.8	5.847 abc	86.3	3.421	3.299 a
	D (46)	86.3 b	282.1	5.866 ab	85.7	3.284	3.144 b

A = Plantas con síntomas en el vivero y el campo; B = Síntomas en el vivero y sanas en el campo; C = Sanas siempre; D = Sanas en el vivero y con síntomas en el campo

El número en paréntesis indica el número de plantas en cada categoría en cada fecha

Las medias fueron separadas en cada fecha y para cada variable mediante la prueba de de *t* Student. Las medias con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente. Hojas en posición 5 y 9 a los 194 y 374 días y la hoja 17 en las siguientes mediciones. 1. Días después del trasplante a campo

Aproximadamente a los seis meses de edad en el campo, la mayoría de las palmas encontradas enfermas estaban mostrando los primeros síntomas del desorden. Durante esta evaluación, el grupo de plantas enfermas en el vivero y el campo tenían el mayor largo del pecíolo, seguidas por las plantas con síntomas en el vivero pero sanas en el campo. Igual tendencia se presentó para la relación PxS y la TEF. La misma situación se mantuvo durante la siguiente evaluación, pero a los 18 meses de edad la mayoría de las plantas en la categoría de enfermas ya habían mostrado síntomas durante un período considerable, por lo cual algunas variables de crecimiento (largo de raquis y pecíolo y el área foliar) ya habían sido adversamente afectadas. Sin embargo, no se observaron diferencias en el crecimiento entre plantas ahora sanas y las que presentaron o no síntomas en el vivero. Las plantas testigo (sanas en el vivero y el campo) presentan la menor

relación de PxS, y la TEF es mayor en las plantas enfermas en el vivero y con recurrencia de síntomas en el campo.

Cuadro 5. Componentes del rendimiento en varios grupos de palmas *Elaeis guineensis* sanas o afectadas por la ‘podrición común de la flecha/arqueo foliar’

Ensayo A					Ensayo B			
Meses ¹	Grupo*	Kg	Racimos	Peso racimo	Grupo	Kg	Racimos	Peso racimo
18	A (42)	0.00	0.00	0.00				
	B (29)	0.03	0.03					
	C (100)	0.11	0.06	1.88				
	D (75)	0.22	0.13	1.75				
24	A (42)	2.54	0.90	3.34	A (80)	1.19	0.49	2.82
	B (29)	7.36	1.83	4.35	B (34)	2.80	0.88	4.24
	C (100)	8.58	2.53	3.85	C (49)	1.56	0.61	3.56
	D (77)	6.07	2.06	3.48				
	DMS	6.03	1.16	0.89		N.S.	N.S.	N.S.
30	A (42)	51.13	11.33	5.34	A (80)	42.4	9.44	4.70
	B (29)	81.57	14.45	6.11	B (34)	62.66	11.50	5.88
	C (100)	77.95	14.54	6.28	C (49)	57.26	11.14	5.43
	D (88)	68.99	14.52	5.57				
	DMS	17.86	3.19	N.S.		14.86	N.S.	0.77
38	A (42)	121.28	25.24	5.16	A (80)	105.90	21.97	5.39
	B (29)	141.73	25.03	6.45	B (34)	121.30	22.47	5.50
	C (100)	152.53	27.62	5.46	C (49)	133.69	25.37	5.97
	D (75)	142.77	28.82	4.57				
	DMS	31.25	3.58	N.S.		27.79	3.39	N.S.

A = Plantas con síntomas en el vivero y el campo; B = Síntomas en el vivero y sanas en el campo; C = Sanas siempre; D = Sanas en el vivero y con síntomas en el campo

El número en paréntesis indica el número de plantas en cada categoría en cada fecha. Las medias fueron separadas en cada fecha y para cada variable mediante la prueba de "t" de

DMS = diferencia mínima significativa (P = 0.05). 1. Meses después de la siembra. Kg= kg acumulado por planta. Racimos= número acumulado por planta

Rendimiento

Durante los primeros meses, la producción en ambos ensayos fue ligeramente superior en el grupo de plantas que habían presentado síntomas en el vivero, pero que aparecían como sanas en las evaluaciones de campo (Fig. 2). Esta respuesta concuerda con un mejor desarrollo vegetativo inicial en este grupo de plantas (Cuadros 3 y 4).

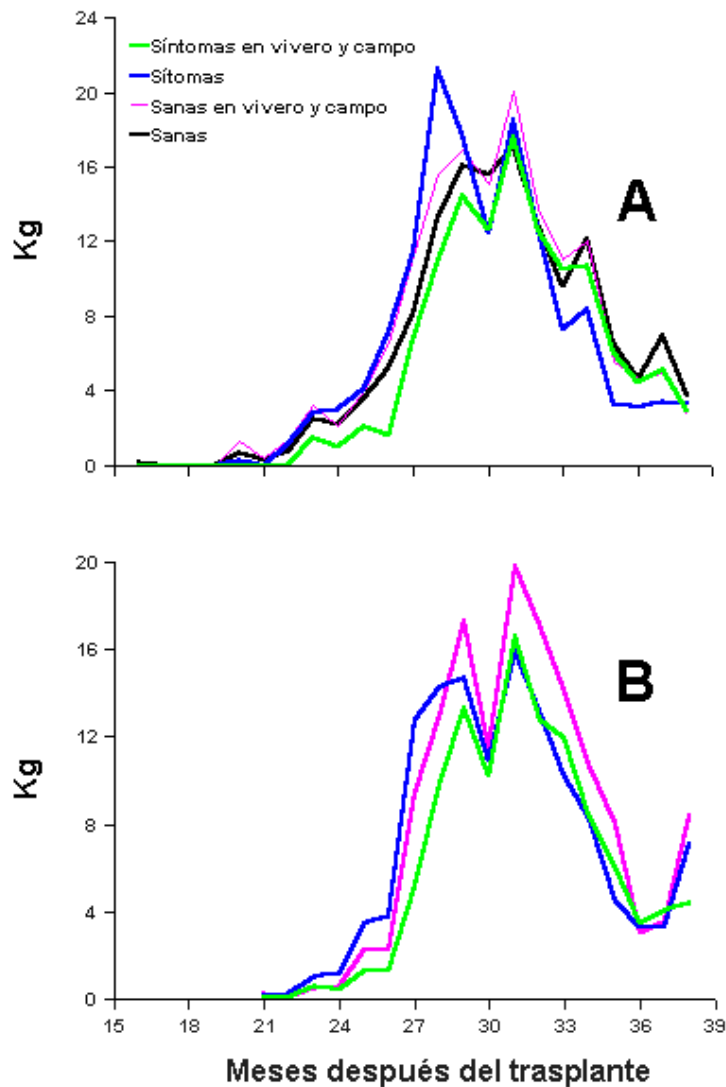


Fig. 2 Rendimiento de fruta fresca por planta en dos ensayos (A y B), en palmas sanas y enfermas por la ‘pudrición común de la flecha /arqueo foliar’ (Línea azul: síntomas en vivero y sanas en el campo. Línea negra: sanas en vivero y con síntomas en el campo)

El grupo de plantas con persistencia de los síntomas en el vivero y el campo tuvo un rendimiento acumulado inferior al resto de los grupos desde las primeras semanas de cosecha (Cuadro 5). La diferencia estimada en la producción acumulada a los 38 meses después del trasplante, entre este grupo (enfermas en el vivero y el campo) y el testigo (sanas en vivero y campo) fue de 4,47 y 4,54 toneladas de fruta fresca por hectárea en los ensayos A y B respectivamente (Fig. 3). La menor producción se asoció a un peso promedio menor del racimo (Fig. 4), que se mantuvo hasta

aproximadamente los 32 meses después del trasplante, y a una menor producción inicial de racimos por planta (Fig. 5).

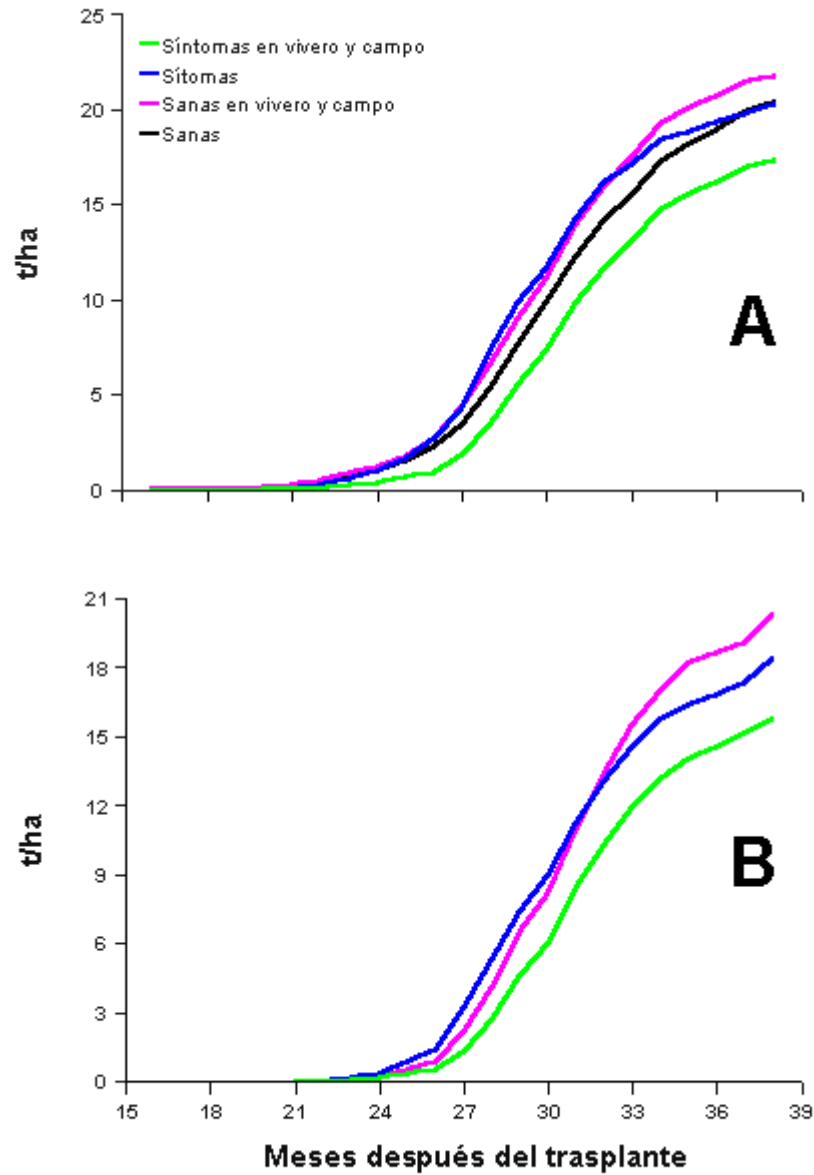


Fig. 3. Rendimiento acumulado en dos ensayos (A y B) en varios grupos de palmas sanas y enfermas por la 'pudrición común de la flecha /arqueo foliar' (Línea azul: síntomas en vivero y sanas en campo. Línea negra: sanas en vivero y con síntomas en el campo)

En el ensayo A, el grupo de palmas sanas en el vivero y que presentaron síntomas en el campo, tuvieron una producción similar a la de plantas sanas en el campo y enfermas en el vivero.

La caída posterior en rendimiento observada en el grupo de palmas que se enfermaron en el vivero y aparecen como sanas en el campo (Fig. 2) no se debe, probablemente, a un efecto retardado de la enfermedad que se mantuvo latente desde el período de vivero, sino la consecuencia de la precocidad, que agotó parcialmente las reservas de la planta.

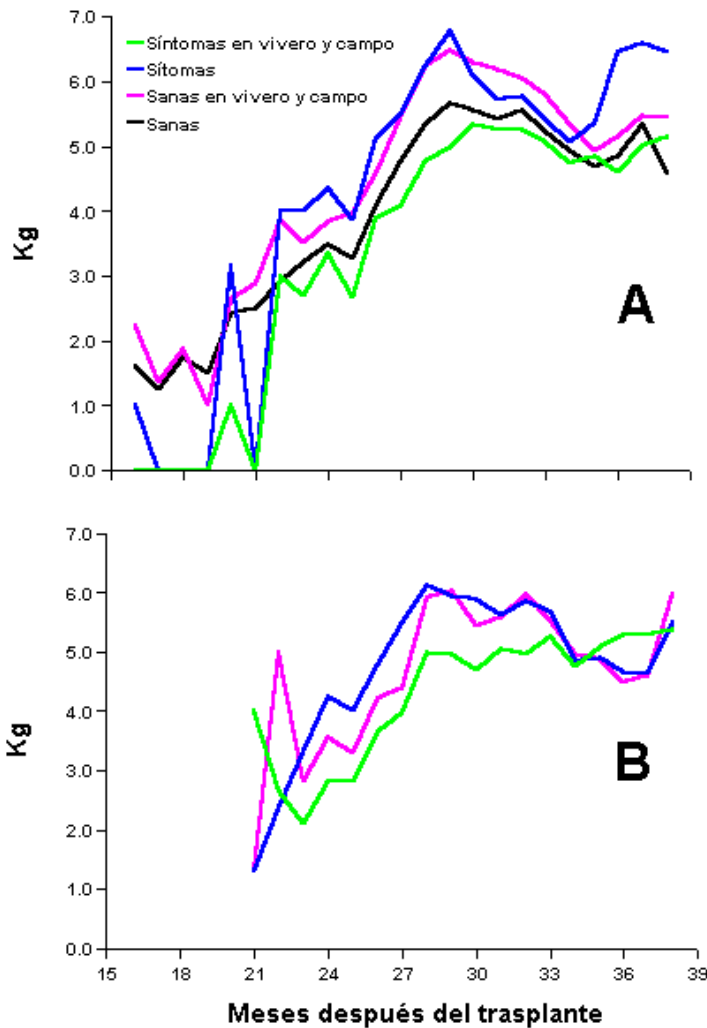


Fig. 4. Peso promedio del racimo en dos ensayos (A y B) en palmas sanas y enfermas por la ' pudrición común de la flecha /arqueo foliar'. *Línea azul:* síntomas en vivero y sanas en campo. *Línea negra:* sanas en vivero y con síntomas en campo.

En otros experimentos se ha notado esta tendencia a una reducción posterior fuerte en los rendimientos en lotes jóvenes, que mostraron una alta precocidad y una elevada producción inicial. Cuando el pico de producción ocurre, como en este caso, durante los meses de baja

precipitación (diciembre-febrero), el efecto detrimental posterior sobre el rendimiento es aún mayor, debido posiblemente a un efecto de aborto de racimos (Richardson 1987).

La caída en producción posterior al pico de la época seca se asocia a una baja considerable en el número de racimos producidos por planta (Fig. 5), pero no en el peso promedio del racimo (Fig. 4). El peso promedio del racimo durante los últimos meses de evaluaciones fue mayor en las plantas sanas en el campo y que habían tenido síntomas en el vivero, en las cuales el número de racimos por planta fue menor.

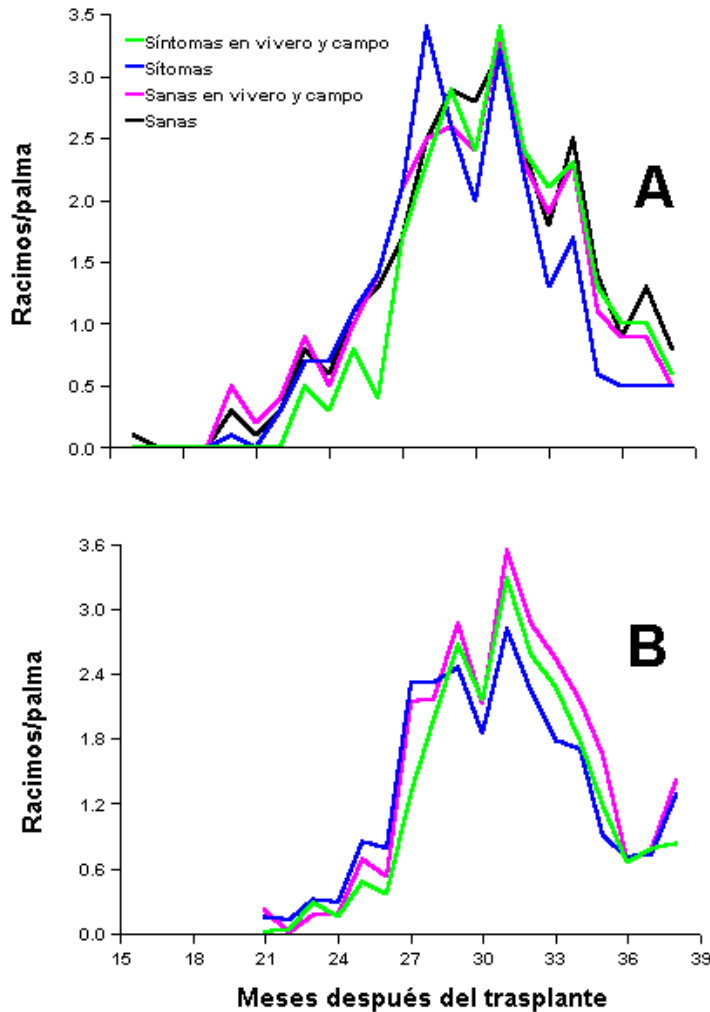


Fig. 5. Número de racimos de fruta producidos por palma en dos ensayos (A y B), en palmas sanas y enfermas por la ‘pudrición común de la flecha /arqueo foliar’. Línea azul: síntomas en vivero y sanas en campo. Línea negra: sanas en vivero y con síntomas en campo.

Conclusiones

El desorden conocido como ‘pudrición común de la flecha/arqueo foliar’ afecta negativamente el crecimiento vegetativo y los rendimientos iniciales de palmas individuales. Sin embargo, el grupo de plantas que estuvo enfermo en el vivero pero sano en el campo presentó, en general, un crecimiento en el campo que fue incluso superior al de plantas sanas. Aun más, el rendimiento de los primeros meses del primer grupo de plantas fue superior al grupo testigo (sanas). Los datos parecieran indicar que el desarrollo vegetativo de las plantas que eventualmente presentan la enfermedad es más rápido y exuberante que el de las plantas que permanecen sanas.

La variable de crecimiento que puede tomarse como un indicador de susceptibilidad hacia la PCF/AF, no está identificada aún. Tres candidatos son la TEF (Monge et al. 1992), la relación PxS, la cual está estrechamente ligada al vigor de la planta (Richardson 1986) y la tasa de elongación de los peciolo, la cual no es una medición que se tome rutinariamente.

No obstante, cualquier correlación entre estas variables de crecimiento e incidencia debe interpretarse con cautela, pues podría simplemente indicar que los factores del ambiente que determinan las fluctuaciones en la incidencia del trastorno son los mismos que afectan los cambios en cualquiera de estas variables. La idea por probar es que palmas con un crecimiento muy activo (posiblemente caracterizadas por alto valor de la relación PxS, de la TEF y de elongación del peciolo), en un momento fisiológico dado, son más propensas a desarrollar un momento fisiológico dado, son más propensas a desarrollar los síntomas de la PCF/AF.

El crecimiento en estas plantas podría no mantener un equilibrio con el proceso de lignificación de los tejidos del peciolo y raquis, lo cual conlleva al desarrollo de los síntomas de arqueo y facilita la invasión de organismos oportunistas habitantes comunes en los tejidos externos de las hojas, tales como *Erwinia* spp. y *Fusarium* spp. Estas observaciones, así como otras obtenidas en otros experimentos (Turner 1981; Monge et al. 1992, 1993) también aportan evidencia, según creemos, a esta hipótesis.

Un crecimiento aéreo muy rápido puede alterar el equilibrio raíz parte aérea, particularmente en plantas que estén creciendo en condiciones que limiten el desarrollo radical, tales como una aeración pobre en el suelo.

Durante los primeros 38 meses después del trasplante, las palmas testigo sanas produjeron un estimado de aproximadamente 4.5 toneladas de fruta fresca por hectárea más, que plantas que habían presentado síntomas en el vivero y aparecieron enfermas nuevamente durante la fase de campo. Sin embargo, el impacto económico de la condición PCF/AF debe ser poco significativo, ya que la incidencia es normalmente muy baja en una plantación comercial.

La estrategia de combate más obvia para reducir el problema de la PCF/AF es la selección de genotipos resistentes. Se ha sugerido que es necesario desarrollar una metodología que permita detectar las progenies susceptibles desde la etapa de vivero. Para obtener tal método es necesario determinar y cuantificar los factores ambientales que determinan la incidencia. Sin embargo, los resultados de estos ensayos nos indican que se debe ser cauteloso para no excluir innecesariamente algunas progenies valiosas que muestren susceptibilidad a la enfermedad, pero que podrían tener un potencial alto de producción.

Puesto que la susceptibilidad es gobernada posiblemente por unos pocos genes (Blaak 1970; De Berchoux and Gascon 1963; Gai 1969; Soh 1969), y dado que el rendimiento es una característica poligénica, las posibilidades de un verdadero ligamiento genético entre susceptibilidad y rendimiento son muy bajas.

En otras palabras, aun en presencia de susceptibilidad, algunas progenies podrían ser lo suficientemente valiosas como para mantenerlas dentro del programa e intentar dejar atrás su susceptibilidad mediante los cruzamientos apropiados; a la vez que se retengan sus características de buen vigor y alto rendimiento potencial.

Agradecimientos

Se agradece a la compañía Palma Tica y ASD de Costa Rica por el permiso para publicar estos resultados. En especial, se agradece la colaboración de C. H. Umaña, por su participación durante las etapas iniciales de este trabajo.

Literatura citada

- Blaak, G. 1970. Epistasis for crown disease in the oil palm (*Elaeis guineensis*). *Euphytica*, 19: 22-24.
- Breure, C. J. and Soebago, F. X. 1991. Factors associated with occurrence of crown disease in oil palm (*Elaeis guineensis*) and its effects on growth and yield. *Euphytica*, 54: 55-64.
- Bull, R. A. and Robertson, J. S. 1959. The problems of "little leaf" of oil palms: a review. *J. W. Africa Inst. Oil Palm Res.*, 2(8): 355-375.
- Chinchilla, C. Ml. 1987a. Algunos comentarios sobre el complejo "pudrición de la flecha/arqueo foliar" en plantaciones jóvenes de palma aceitera de United Fruit Co. *Bol. Técnico United Fruit Co.* 1(1): 11-15.
- Chinchilla, C. Ml. 1987b. Informe anual. Dpto. de Sanidad, Co. Palma Tica, Costa Rica. 115p.
- Chinchilla, C. Ml.; Umaña, C. H. y Richardson, D. L. 1990. Material de desarrollo avanzado en viveros de palma aceitera. I. Espaciamento y volumen de la bolsa, Turrialba 40(4): 428-439.
- Corley, R. H. V. and Breure, C. J. 1981. Measurements in oil palm experiments. London, Unilever Plantation Group. 35p.
- De Berchoux, C. and Gascon, J. P. 1963. L'arcure défoliée du palmier a huile; elements pour l'obtention de lignées résistantes. *Oleagineux*, 18(11): 713-715.
- Duff, A.S.D. 1962. Bud rot disease of the oil palm. *Nature*, 195(4844): 918-919.
- Duff, A. S. D. 1963. The bud rot-little leaf disease of the oil palm. *J. W. Inst. Oil Palm Res.*, 4(14): 176-190.
- Gai, S. K. 1969. Progeny differences in susceptibility in oil palm to crown disease. *The Malaysian Agric. J.* 47(2): 207-210.
- Kovachich, W. G. 1957. Some diseases of the oil palm in the Belgian Congo. *J. W. Afric. Inst. Oil Palm Res.*, 2(7): 221-229.
- Monge, J. E.; Chinchilla, C. Ml.; Wang, A. 1993. Studies on the etiology and epidemiology of the Crown Disease (Common Spear Rot syndrome) in oil palm. *ASD Oil Palm Papers, Costa Rica*, 7: 1-16.

- Monge, J. E.; Chinchilla, C. Ml.; Castrillo, G. 1992. Estrés y susceptibilidad de la palma aceitera a la pudrición común de la flecha. *Agronomía Costarricense*, 16(2): 243-248
- Monge, J.E.; Vasquez, N.; Chinchilla, C.Ml. 1994. Common Spear Rot/Crown Disease in oil palm: anatomy of the affected tissue. *Elaeis, Malaysia*, 6(2): 102-108.
- Richardson, D. L. 1986. Morfología, crecimiento, floración y rendimiento de la palma aceitera. Co. Palma Tica, Costa Rica. 190p.
- SAS Institute. 1988. SAS user's guide: Statistics. SAS Institute, Cary North Carolina.
- Soh, K. G. 1969. Progeny differences in susceptibility of oil palm to crown disease. *Malay. Agric. J.* 47: 207-210.
- Sterling, F. and Alvarado, A. 1996. Crown disease/Common Spear Rot in oil palm: genetic differences and effects on initial production. *ASD Technical Papers*. 12: 18-32.
- Turner, P. D. 1981. Oil palm diseases and disorders. Kuala Lumpur, Oxford University Press, The Incorporated Soc. of Planters. 280p.

Efecto del clima y la edad del cultivo sobre la varianza de algunos componentes del racimo de la palma aceitera, en Coto, Costa Rica

Francisco Sterling, Cristóbal Montoya, Amancio Alvarado¹

Resumen

Los registros de los análisis de racimos efectuados entre 1990 y 1995, en nueve progenies tipo tenera de origen Deli dura x AVROS, ubicados en un ensayo de prueba de progenies localizado en la región sudoeste de Costa Rica, mostraron que existe un comportamiento cíclico de la tasa de extracción de aceite y almendra en el racimo. Se observó, que la varianza medida en la variable "contenido de aceite en el racimo" fue causada principalmente, por los cambios en la eficiencia de polinización ("fruit set") y en menor magnitud, por la varianza que afectó las variables "aceite en el mesocarpio" y "mesocarpio en el fruto".

Las diferencias registradas en la variable "frutos en el racimo", en una misma progenie, en diferentes épocas en el mismo año, evidencian el efecto cíclico del clima sobre la eficiencia de polinización; especialmente, por la reducción de la viabilidad y producción de polen, además de la reducción del tamaño de la población de insectos polinizadores, que normalmente se registra entre septiembre y noviembre. Estos cambios permiten explicar las bajas proporciones de frutos en el racimo, observadas en los racimos cosechados entre febrero y mayo. Las variaciones de la precipitación y de la radiación solar pocas semanas antes de la cosecha, coinciden respectivamente, con los cambios en la variable "contenido de aceite en el mesocarpio", en los racimos cosechados en los períodos entre febrero y mayo y, posteriormente, entre julio y septiembre.

Estos resultados muestran, que el ordenamiento de progenies realizado con los datos obtenidos, sólo durante el quinto año después del plantío, tienen la relación más cercana, que cualquiera de los otros años estudiados en una clasificación efectuada, usando la totalidad de los datos desde el año tres, al siete. En el año cinco además, las tres variables más importantes como determinantes del contenido de aceite en el racimo ("aceite en el mesocarpio", "mesocarpio en el fruto" y "frutos en el racimo"), tuvieron las menores varianzas.

Durante el quinto año, un mínimo de 80 y un máximo 151 racimos, deberían ser analizados para lograr una buena representación de los parámetros de calidad de los racimos, en progenies de palma aceitera representadas por un número no inferior a 36 palmas.

Introducción

La tasa de extracción de aceite y la tasa de extracción de almendras, son índices de uso común para medir la eficiencia de una operación de palma aceitera. Estos parámetros son útiles como indicadores de costos de operación; sin embargo, ellos no muestran el nivel de productividad real

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

Presencia de *Strategus aloeus* L. (Scarabaeidae) en el estado de Tabasco, México

Saúl Sanchez S. y Carlos F. Ortiz G¹.

Introducción

Varias especies de coleópteros en la familia Scarabaeidae, referidas popularmente como escarabajos rinocerontes, son plagas importantes en varias palmáceas, incluyendo la palma aceitera y el cocotero. El género *Oryctes* ocurre en el viejo mundo y *Strategus* en América (Bachy 1963, Child 1964, Piggott 1964, Lever 1969).

O. rhinoceros se encuentra ampliamente distribuido en el sureste asiático e islas del Pacífico (Lever 1969, Hill 1975). El daño es causado por los adultos, los cuales se alimentan del centro de la corona de las plantas, incluyendo las hojas nuevas aún sin abrir. Al abrir estas hojas, presentan una deformidad característica como cortes en forma de "V". En cocotero, las espatas e inflorescencias también son atacadas comúnmente. La muerte de la planta puede ocurrir como consecuencia de la destrucción directa del punto de crecimiento o bien por infecciones causadas por patógenos oportunistas. En algunas oportunidades el daño es agravado debido a que otros coleópteros del género *Rhynchophorus* son atraídos hasta las heridas (Menón y Pandalai 1958, Hartley 1967, Wood 1976, Taffin 1993).

Según la Cuarentena Exterior, número 16, vigente en México, *O. rhinoceros* no se encuentra en el país. No obstante, Salcedo (1986) menciona la presencia de este insecto en la costa de Tabasco, asociado a plantas jóvenes de cocotero. Debido a la importancia de esta plaga en Asia, se consideró importante confirmar su presencia en México o bien invalidar el informe existente.

Metodología

Se reunió información sobre la morfología de los adultos de *Oryctes rhinoceros* y el tipo de daño causado (Menón y Pandalai 1958, Child 1964, Piggott 1964, Lever 1969, Taffin 1993), con la cual se estudiaron y compararon las especies de la familia Scarabaeidae depositadas en la colección entomológica del campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. Posteriormente se realizaron recorridos por plantaciones de cocotero con el fin de buscar evidencia del daño atribuido a *O. rhinoceros*, y coleccionar los escarabajos asociados al cultivo. El trabajo fue realizado durante el período de octubre de 1996 a agosto de 1997.

Resultados y discusión

S. aloeus se encuentra distribuido ampliamente en el continente americano, y es una plaga común en cocotero y palma aceitera (Bondar 1940, Hartley 1967, Mariau 1976, Genty et al. 1978, Chinchilla 1997). En México, se encuentra en casi todos los estados (Morón et al. 1997), y ha sido catalogada como una especie perjudicial en cocotero (García 1981).

¹ División de Fitosanidad, Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados. Apdo. 24, 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México

Aparte del informe de Salcedo (1986), sobre la posible presencia de *O. rhinoceros* en Tabasco, no existe ninguna otra información sobre este particular en México. No obstante, varias observaciones aportan evidencia de que *Strategus aloeus* fue incorrectamente identificado como el *O. rhinoceros*.

Aunque en general, *O. rhinoceros* y *S. aloeus* presentan una apariencia similar, existen diferencias morfológicas notables entre ambas especies. Una de estas es la posición de la proyección ceratiforme o cuerno de la parte anterior del cuerpo. En *O. rhinoceros* aparece en la cabeza y en *S. aloeus* en el margen anterior del pronoto (Menón y Pandalai 1958). Los machos de *S. aloeus* presentan además otras dos proyecciones, similares a cuernos, sobre los costados del pronoto, las cuales no aparecen en *O. rhinoceros*.

Salcedo (1986) menciona que *O. rhinoceros* ataca plantas jóvenes de cocotero menores de tres años de edad. Sin embargo, esta especie realmente es capaz de atacar plantas de cualquier edad (Piggott 1967, Lever 1969, Hill 1975). *Strategus aloeus* normalmente restringe su actividad a palmas jóvenes, particularmente durante los dos primeros años en el campo (Hartley 1967, Lever 1969, Mariau 1976, Genty et al. 1978)

El patrón de alimentación de *O. rhinoceros* y *S. aloeus* varía notablemente. La primera especie se establece en el cogollo de la planta y luego desciende en dirección a la yema terminal. El adulto de *S. aloeus* excava en la base de la planta y luego progresa hacia arriba (Child 1964, Piggott 1964, Fremond et al. 1966, Hartley 1967, Lever 1969, Genty et al. 1978).

Conclusiones

La presencia del escarabajo rinoceronte asiático *Oryctes rhinoceros* no pudo ser confirmada en Tabasco. No obstante, la especie *Strategus aloeus* fue encontrada asociada a cocotero, y es muy posible que esta especie haya sido incorrectamente identificada como *O. rhinoceros* en el pasado. Actualmente en Tabasco y otros estados de la República Mexicana, se llevan a cabo acciones para el establecimiento del cultivo de la palma aceitera. Por lo tanto, se espera que *S. aloeus* forme parte de la fauna perjudicial de este cultivo.

Literatura citada

- Bachy, A. 1963. Insectes et animaux nuisables au palmier a huile. Oléagineux 18(1): 15--18.
- Bedford, G.O. 1977. Informe sobre la visita a México del 7 de diciembre de 1976 al 25 de enero de 1977. Escuela de Ciencias Biológicas. Facultad Tecnológica de Sydney. Australia. 25 p.
- Bondar, G. 1940. Insectos nocivos e molestias do coqueiro (*Cocos nucifera*) no Brasil. Tipografía Naval. Bahía, Brasil. 160 p.
- Child, R. 1964. Coconuts. Tropical Agriculture Series. Longmans. London. 216 p.
- Chinchilla, C.M. 1997. Fauna perjudicial en palma aceitera. In: Memorias del Curso Aspectos Generales del Cultivo de la palma Aceitera. ASD de Costa Rica. 49 p.
- Fremond, Y., R. Ziller et M.N. de Lamothe. 1996. Le cocotier. Techniques Agricoles et Productions Tropicales. VIII. G.--P. Maisonnueve & Larose. Paris. 267 p.
- García M., C. 1981. Lista de insectos y ácaros perjudiciales a los cultivos en México. Fitófilo 86:7--196.
- Genty, P.M R.D. de Chenon et J.P. Morin. 1978. Les ravageurs du palmier a huile en Amérique Latine. Oléagineux 33 (7) : 324--420.
- Hartley, C.W.S. 1967. The oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Longmans. London. 706 p.

- Hill, D.S. 1975. Agricultural insect pest of the tropics and their control. Cambridge University Press. Cambridge. 516 p.
- Lever, R.J.A.W. 1969. Pests of the coconut palm. FAO. Rome. 190 p.
- Mariau, D. 1976. Insect pest in South America. In: Oil Palm Research. Developments in Crop Science (1). Corley, R.H.V., J.J. Hardon and B.J. Wood (eds.). Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp. 387--393.
- Menon, K.P.V. and K.M. Pandalai. 1958. The coconut palm a monograph. Indian Central Cococut Committee. Pyarelal Sah at the Times of India Press. Bombay. 384 p.
- Morón, M.A., B.C. Ratcliffe y C. Deloya. 1997. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Vol. I Familia Melolonthidae. Subfamilias Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae, Trichiinae, Valgine y Melolonthinae. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, y Sociedad Mexicana de Entomología. México. 280 p.
- Pigott, C.J. 1964. Coconut growing. Oxford University Press. London. 109 p.
- Salcedo G., J.G. 1986. La producción coprera en el estado de Tabasco. Colección Cuadernos Universitarios. Serie Agronomía No. 11. Universidad Autónoma Chapingo. México. 186 p.
- Taffin, G. de. 1993. Le cocotier. Le Technicien d' Agrilculture Tropicale. 25 Maisonneuve & Larose. Paris. 166 p.
- Wood, B.J. 1976. Insect pest in south east Asia. In: Oil Palm Research. Developments in Crop Science (1). Corley, R.H.V., J.J. Hardon and B.J. Wood (eds.). Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. pp. 347--367.

de la plantación, pues no miden ni la eficiencia de la cosecha, ni otros factores ambientales que impiden lograr rendimientos óptimos.

En una plantación comercial, la productividad depende de condiciones ambientales, del potencial de rendimiento del material genético plantado y de la eficiencia administrativa y agronómica con que se maneja la plantación.

La optimización del rendimiento de aceite y almendras, depende de la producción de racimos y su calidad, el crecimiento vegetativo (que determina la vida útil de la plantación), y la capacidad del cultivo para tolerar competencia inter-palmas y otros factores detrimentales externos, tales como enfermedades y déficit hídrico.

Debido al alto grado de heredabilidad de algunos de los componentes del racimo, el mejoramiento de la calidad de los racimos se ha usado como herramienta para aumentar el potencial de rendimiento. Varios autores (Rao et al. 1983; Link & Toh. 1988), han mencionado desventajas de este método; entre las que se mencionan la introducción de un sesgo positivo sistemático durante la toma de las muestras, de las que posteriormente es necesario obtener submuestras.

Otro inconveniente es el alto grado de variabilidad que afecta a algunos componentes del racimo; lo cual, hace necesario efectuar un número alto de análisis para conseguir la caracterización adecuada de una progenie. Debido a lo anterior, también el número de muestras aumenta apreciablemente cuando es necesario describir y seleccionar palmas individuales.

Este artículo revisa las fuentes de variación, que afectan los principales parámetros de selección relacionados con los racimos de la palma aceitera. Se analiza la repercusión de estas fuentes de variación, sobre las tasas de extracción de aceite y almendra. Se determinan, un tamaño de muestra y un período de evaluación mínimos, que permitan lograr la mayor precisión al describir y seleccionar progenies en las características del racimo, como criterio de selección.

Materiales y métodos

En septiembre de 1987, nueve progenies de origen Deli dura (BM8 x BM20) cruzadas con pisíferas de origen AVROS (BM119/7), se plantaron en un ensayo en la estación experimental del Programa de Investigación de Palma de ASD, en la región sudoeste de Costa Rica. El área se caracteriza por poseer suelos de origen aluvial, profundos, de buena fertilidad; y está caracterizada por una reducida radiación solar y una elevada precipitación pluvial (3800 mm anuales).

Mensualmente, por cada progenie se cosecharon y se analizaron 25 racimos maduros (Blaak, et al. 1963). El estudio comenzó en agosto de 1990, cuando los materiales genéticos tenían 39 meses de plantados en el campo, y se prolongó hasta junio de 1996. Los racimos se colectaron, cuando mostraron un grado de madurez definido por el desprendimiento natural de tres a cinco frutos.

A partir de los datos obtenidos entre septiembre de 1990 y agosto de 1995, se estimó la varianza anual para cada variable, y se obtuvieron los valores máximos y mínimos. Las variables estudiadas fueron: "peso promedio del fruto", "peso promedio del racimo", "proporción total de frutos en el racimo", "frutos fértiles en el racimo", "mesocarpo en el fruto", "aceite en el mesocarpo", "almendra en el fruto" y "aceite en el racimo".

Se estudiaron las tendencias de las variables en el corto y en el mediano plazo. Las progenies fueron clasificadas en cada uno de los cinco años, usando como criterio la magnitud de la variable "producción de aceite por palma al año (OPAY). Utilizando la información correspondiente al período completo, se hizo un ordenamiento final para las progenies por la variable OPAY, y se usó para calcular los valores de los índices de "Spearman rho", que posteriormente se utilizaron, para comparar los diferentes ordenamientos de las progenies obtenidos durante los distintos años.

Para detectar las principales fuentes de variación, se utilizó el procedimiento estadístico conocido como "análisis de regresión múltiple escalonada" (SAS "stepwise"), y se definieron: "el contenido de aceite en el racimo", como la variable dependiente, y los otros componentes del racimo, como las variables independientes.

El tamaño de la muestra para el año cinco, se obtuvo usando las unidades individuales de muestreo para la variable "producción de aceite por palma al año"; se estableció un nivel de confianza de 95% y una precisión de 5% alrededor de la media. El tamaño de la población inicial se fijó en 12 racimos por palma y 36 individuos en una progenie, y se asumió una razón de sexo promedio de 0.8. Así, el marco de muestreo para una progenie en el quinto año, fue de 346 racimos.

Resultados

Edad de las palmas, clima y componentes del racimo

El rendimiento y el peso promedio del racimo, aumentaron con la edad de las palmas, y este comportamiento se estabilizó cuando las palmas alcanzaron los nueve años de edad (Figs. 1, 2). La varianza del tamaño de los frutos, mostró pocos cambios con la edad de las palmas (Cuadro 1). Sin embargo, existió un gran efecto estacional relacionado con los cambios del clima (Cuadro 2). El valor promedio de la variable "frutos en el racimo", disminuyó con la edad de las palmas y también varió significativamente, en respuesta a los cambios estacionales del clima.

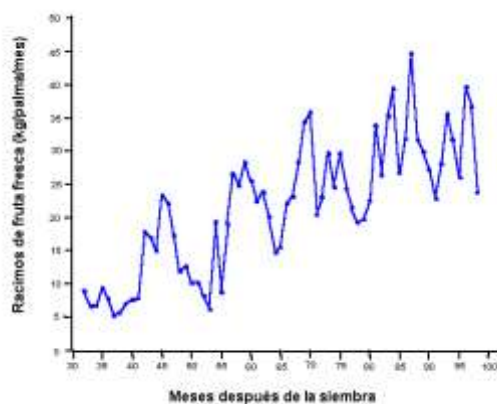


Fig. 1. Variación en los kilogramos de fruta producidos por palma con la edad en Deli x AVROS. Coto, Costa Rica

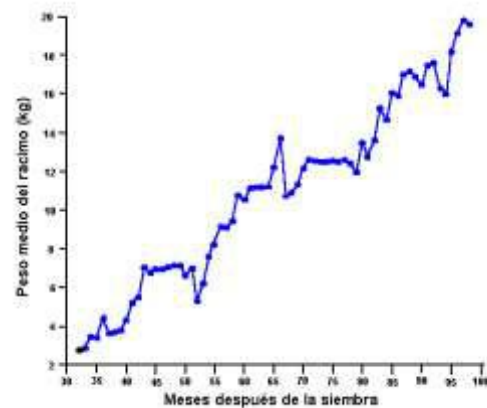


Fig. 2. Variación en el peso del racimo (kg) en Deli x AVROS

La proporción mesocarpio en el fruto estuvo inversamente relacionada con "la proporción de frutos en el racimo". Esta segunda variable tuvo un comportamiento decreciente, al aumentar la edad de la palma; además, estuvo relacionada en forma negativa con la variable "almendra en el fruto". El contenido de aceite en el mesocarpio aumentó sostenidamente a partir del tercer año y alcanzó su máximo, cerca del quinto. Se observó un leve efecto estacional, relacionado con los cambios del clima.

Cuadro 1. Variación (%) de algunos componentes del racimo con la edad de la palma en progenies *tenera* Deli x AVROS, Coto, Costa Rica

Año (edad)	Fruto en racimo	Mesocarpio en fruto	Aceite en mesocarpio	Almendra en el fruto	Aceite en racimo	Peso del racimo, kg
1990 (3)	71.3	84.8	43.8	5.8	26.5	7.1
1991 (4)	71.8	85.3	45.9	5.8	28.1	9.5
1992 (5)	71.6	85.0	46.8	6.1	28.3	13.7
1993 (6)	70.1	82.4	47.5	7.4	27.2	12.7
1994 (7)	69.6	82.7	49.9	7.6	27.6	17.2
1995 (8)	69.6	82.8	48.9	7.2	28.1	19.8

El "contenido de aceite en el racimo", aumentó en forma gradual hasta el quinto año (Cuadro 1). Los principales determinantes de la varianza sobre este parámetro fueron, en orden de importancia: "contenido de aceite en el mesocarpio", "mesocarpio en el fruto", "frutos fértiles en el racimo" y la edad del cultivo.

Cuadro 2. Variación estacional de algunos componentes (%) en una progenie Deli x AVROS. Coto, Costa Rica

Mes	Fruta en el racimo	Peso del fruto, g	Mesocarpio en fruto	Aceite en mesocarpio	Almendra en fruto	Aceite en racimo	Peso racimo (kg)
Enero	70.8	11.2	84.1	47.6	6.9	28.7	12.1
Febrero	68.4	11.4	84.8	46.4	6.3	27.7	9.5
Marzo	68.3	12.3	84.0	45.1	6.8	26.7	10.1
Abril	66.8	12.9	84.7	46.6	6.1	27.5	10.4
Mayo	68.1	11.4	84.9	47.0	6.1	27.3	9.4
Junio	68.5	10.3	83.4	48.4	6.7	27.8	10.4
Julio	69.3	10.6	83.7	48.2	6.7	28.2	10.6
Agosto	69.0	9.6	81.9	46.3	7.8	26.2	10.4
Setiembre	68.0	9.9	82.9	45.7	7.3	26.3	10.6
Octubre	69.5	10.4	83.7	46.1	6.9	27.3	11.4
Noviembre	71.2	9.3	83.8	47.8	6.8	28.7	11.3
Diciembre	71.0	9.3	81.6	48.8	7.6	28.6	13.2

Fuentes de variación y su influencia sobre la determinación del tamaño de la muestra

En el año cinco, se presentaron los valores más bajos en las variables aceite en el mesocarpio y aceite en el racimo (Fig. 3). En la figura 4, "la proporción del total de frutos en el racimo" y "frutos fértiles", muestran un máximo en el año cuatro, a partir del cual, se inicia la tendencia negativa. Las variables "almendra sobre fruto" y "mesocarpio en los frutos fértiles", tienen una varianza constante durante los años tres, cuatro y cinco, y un aumento importante en el año seis (Fig. 5).

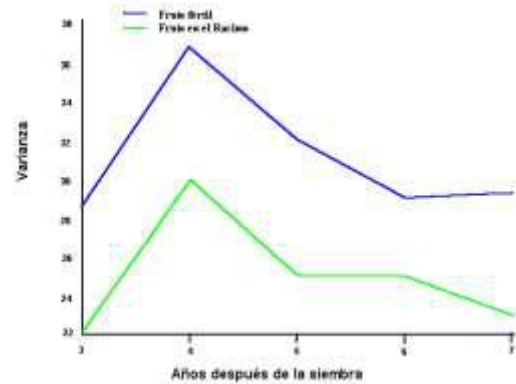
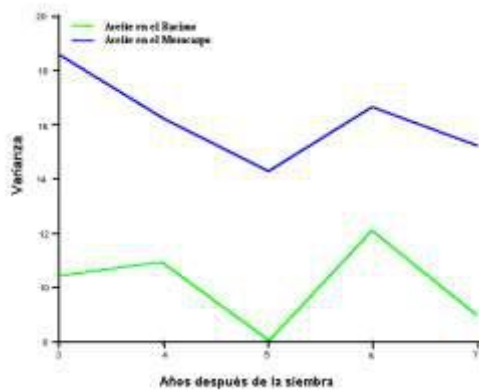


Fig. 3. Varianza anual del ‘aceite en el mesocarpio’ y del ‘aceite en el racimo’ en Deli x AVROS
Fig. 4. Varianza anual del ‘fruto fértil’ y ‘frutos totales en el racimo’ en Deli x AVROS

La varianza del "peso promedio del racimo", mostró un aumento constante desde que se cosechan los primeros racimos, hasta el año seis; luego, disminuye en el año siete (Fig. 6), mientras "el peso de un fruto" muestra un máximo en el año cuatro y un valle en el año seis. No se observó un período o año específico en que las varianzas fueran mínimas, simultáneamente, en todas las variables de interés.

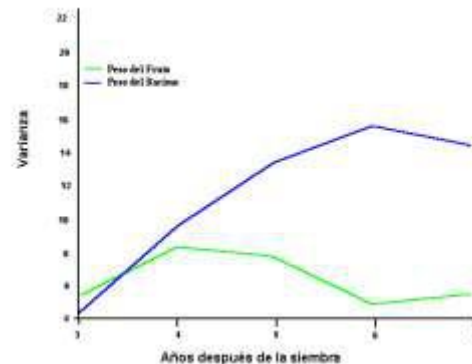
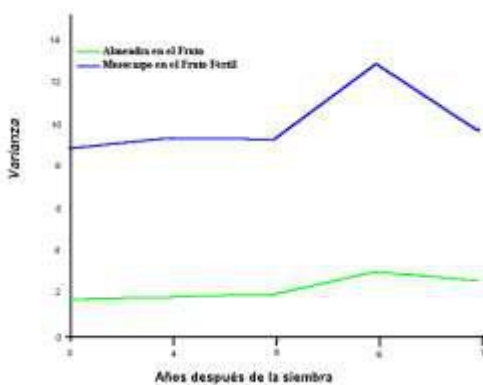


Fig. 5. Varianza anual de la ‘almendra en el fruto’ y del ‘mesocarpio en el fruto’ en Deli x AVROS
Fig. 6. Varianza anual del ‘peso del fruto’ y del ‘peso del racimo’ en Deli x AVROS

El análisis de regresión mostró que, el 49,1% de la varianza del "contenido de aceite en el racimo", se debió a la varianza observada en la variable "aceite en el mesocarpo"; el 37,9%, se debió al efecto de "fruta total en el racimo" y el 12,5%, fue explicado por la varianza, debida al "mesocarpo en el fruto". La variable "aceite en el mesocarpo", mostró un valle en el año cinco; "la fruta total en el racimo" tuvo su máximo, en el año cuatro, y "mesocarpo en el fruto", en el año seis. Así, en el año cinco, se obtienen las varianzas más bajas para las tres variables más importantes en la determinación del "contenido de aceite en el racimo".

La prueba de correlación de Spearman mostró, que más que en ningún otro año, en el año cinco se logró la clasificación de progenies de más cercana correspondencia en la ordenación de las progenies, obtenida después de analizar y agrupar la información recopilada, durante la totalidad de los siete años, de datos disponibles (Cuadro 3).

El tamaño de la muestra en el año cinco, que permite una descripción confiable de los principales componentes del racimo, considerando un marco de referencia de muestreo de 346 racimos bajo las condiciones descritas, fue: de 151 racimos, para la progenie con la más alta varianza, asociado a la variable "producción de aceite por palma al año"; de 99 racimos, cuando el estudio se realizó en la progenie testigo y, 80 de racimos, para la progenie con la varianza menor. Todo lo anterior, para un nivel de confianza de 95% y una precisión de 5% alrededor de la media.

Discusión

Se ha documentado, que las tasas de extracción de aceite y almendras, sufren variaciones cíclicas causadas, principalmente, por el comportamiento estacional del clima y los cambios de edad en el cultivo (Sparnaaij 1962; Henson 1993).

El contenido de aceite en el mesocarpo es determinado principalmente por el grado de madurez del racimo, y por otros factores externos relacionados con la varianza hereditaria, inducida por el origen genético del material de plantío; también, por factores climáticos como la radiación solar y el déficit hídrico en las semanas previas en que ocurre la maduración del racimo (Azis 1985; Siregar 1976; Henson 1993). En este estudio, el contenido de aceite en el mesocarpo

se redujo en abril y septiembre. La primera reducción puede vincularse con el estrés hídrico provocado por el déficit de agua acumulado de 280 mm, que por lo general, se registra en el primer trimestre del año en esta región. La segunda caída en el contenido de aceite en el mesocarpo, se da en asociación con la disminución de los niveles de radiación solar, que regularmente tiene lugar entre julio y septiembre. Finalmente, la edad del cultivo representa el otro factor que determinó significativamente el contenido de aceite en el racimo.

La variable fruta en el racimo mostró una variación grande, tanto entre individuos, como dentro de una misma palma, con valores que oscilaron entre 40% y 84%. Las diferencias en los valores de esta variable en períodos del mismo año, indican diferencias en la eficiencia de polinización,

Cuadro 3. Valores transformados de Spearman		
Años	Rrho	Significancia
3	0.332	N.S
4	1.071	**
5	1.946	**
6	1.422	**
7	1.946	**
Rrho = medida de la importancia de relación entre variables, Harbor y Runyon (1973). ** = Significancia P=99%		

que puede ser explicada por ambos: la escasez de polen viable y la reducción en el tamaño de las poblaciones de los insectos polinizadores entre septiembre y noviembre (Alvarado y Sterling 1996 Chinchilla y Richardson, 1989). Los cambios apuntados se reflejaron sobre las tasas de extracción registradas entre febrero y mayo, cuando los racimos cosechados mostraron una baja proporción de frutos fértiles. Este mismo período de pobre polinización, extrapolando en el respectivo momento de su cosecha, coincide con los pobres valores observados en las variables "contenido de almendra en el fruto y sobre la proporción de mesocarpo en el fruto", durante el período comprendido entre febrero y mayo.

Adicionalmente, la proporción de frutos en el racimo disminuyó, conforme el peso del racimo aumentó con la edad del cultivo. Este comportamiento, previamente explicado por Lim & Toh (1985) y Henson (1993), fue determinando que los racimos de mayor peso tienen generalmente, mayor número de raquillas, así como también, más flores por raquilla.

Finalmente, debido a que en el año cinco, ocurre la mayor estabilidad del comportamiento de la varianza en los principales parámetros determinantes de la variable "producción de aceite por palma al año", es que dicho período debe ser necesariamente incluido al realizar estudios de selección de progenies de palma aceitera. Estos resultados muestran que la ordenación de progenies, hecha con los datos obtenidos en el año cinco después de la siembra en el campo, tiene la relación más cercana con una clasificación efectuada, usando todos los datos del período completo que abarcó este estudio; es decir, desde el año tres, hasta al año siete.

Literatura citada

- Alvarado. A.; Sterling. F. 1996. Variación estacional en la tasa de extracción de aceite en el cultivo de la palma aceitera. ASD Oil Palm Papers (submitted)
- Aziz, A.A. 1985. The biochemical aspects of ripeness standard. In Proc. Of the Symp. on impact of the pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry., PORIM. Kuala Lumpur. p. 165--176.
- Blaak, G. et al. 1963. Breeding and inheritance in the oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. Part II. Methods of bunch quality analysis. J.W Afr. Inst. Oil Palm Res., 4:146--155.
- Chinchilla. C.M.; Richardson. D.L. 1989. Situación actual de los insectos polinizadores y la polinización de la palma aceitera. Boletín Técnico OPO--United Brands 3 (2): 29--48.
- Harbor, A. and Runyon, R. Estadística General. Fondo Educativo Interamericano, México, 1973. p. 214--217,324.
- Henson, Y.E. 1993. Factors determining mesocarp oil to bunch ratio in the oil palm: A physiological perspective. Proc. Nat. Sem. Palm Oil Extr. Rate: Problems & Issues. PORIM, Malaysia. Pp. 27--35.
- Lim, K.H.; Toh, P.Y. 1985. The accuracy and precision of bunch analysis. Proc. of. Symp. on impact of pollinating weevil on the Malaysian oil palm industry. p. 91--109.
- Rao. V. et al. 1983. A critical reexamination of the method of bunch quality analysis in oil palm breeding. Inst. Pengelidikan Minyak Kelapa Sawit Malaysia (PORIM, Kuala Lumpur. Occasional paper No.9, 28 p.
- Siregar, I.M. 1976. Assessment of ripeness and crop quality control . In Proc.. Malay. Int. Agric. Oil Palm Conf. Kuala Lumpur. p. 711--715.
- Sparnaaij, L.D., 1969. Oil palm. (*Elaeis guineensis*) In: F.P. Fewerda & F. Wit (eds.) Outlines of perennial crop breeding in the tropics. Misc. papers Agric. Wageningen. 4:339--387.

Tam, Tai Kim. 1975. The relationship between the degree of fruit set and bunch components of fruit bunches of the oil palm (*Elaeis guineensis* JACQ). Planter, Kuala Lumpur 51: 541--547.