

Tasas de extracción de aceite rojo y de almendra en la industria de la palma aceitera en Costa Rica, América Central

Francisco Peralta¹, Cristóbal Montoya and Ricardo Escobar

Resumen

La palma aceitera fue sembrada por primera vez en escala comercial en Costa Rica en 1945. A la fecha, el área total cubierta con este cultivo abarca unas 27,000 hectáreas, en las regiones costeras del Pacífico Central y Sur del país. La capacidad nacional actual de extracción de aceite crudo de palma (ACP) es de 123 toneladas por hora, y la producción de ACP en 1995 fue de aproximadamente 95.000 toneladas métricas. Cerca de 43% de esta producción fue exportada a otros países de América y a Europa.

Se analizó la información sobre la tasa de extracción de aceite (TEA) y sobre la tasa de extracción de almendra (TEK) disponible en las plantas extractoras de Costa Rica en el período entre 1991 y 1995. La TEA ha mostrado un aumento ligero pero constante durante los últimos cinco años. La TEA promedio actual en el país es de cerca de 23%, valor que resulta comparativamente alto. La TEK ha sido relativamente baja (3,79-4,65%), y ha mostrado fluctuaciones claras durante el año y a través de los años.

Introducción

Las tasas de extracción de aceite (TEA) y de almendra (TEK) obtenidas en la planta extractora son el resultado de la combinación de muchos factores, y pueden afectar en forma significativa a la industria. Durante los últimos cinco años, la TEA ha llamado notablemente la atención debido a su reducción progresiva observada en algunas regiones de Malasia, principal productor de aceite de palma en el mundo (Chan y Lee 1994). En el presente artículo se resumen los datos disponibles en Costa Rica sobre la TEA y la TEK y las principales tendencias observadas en las zonas donde se cultiva la palma aceitera.

La industria de la palma aceitera en Costa Rica - Situación actual

En Costa Rica, las primeras plantaciones comerciales de palma aceitera fueron iniciadas por la empresa privada en Quepos, en la costa del Pacífico Central, en 1945. Este cultivo se expandió luego a la región de Coto, cerca de la frontera con Panamá, en 1967. Hoy en día, el área total sembrada de palma aceitera en el país es de alrededor de 27.254 hectáreas, principalmente en valles aluviales cercanos a la costa.

En la región de Quepos hay una estación seca bien definida de 3 a 5 meses de duración, con un déficit hídrico promedio anual de cerca de 325 mm. Las tierras sembradas de palma aceitera son llanas y bajas, con suelos principalmente aluviales, de delgados a profundos, franco-limosos, con drenaje algo pobre a moderadamente bueno, fértiles y con un contenido muy alto de calcio y magnesio.

¹ ASD de Costa Rica, f.peralta@asd-cr.com

La región de Coto tiene una estación seca leve y no bien definida, con un déficit hídrico anual ocasional inferior a 100 mm. Las tierras sembradas de palma aceitera son llanas o con pendiente ligera, con suelos mayoritariamente aluviales y profundos, de textura franca a arcillosa, con drenaje pobre a moderadamente bueno, fértiles y con contenido muy alto de calcio. Sin embargo, hay también un área considerable con suelos volcánicos (Andosoles), que se caracterizan por ser delgados, de textura franca, moderadamente bien drenados, de baja fertilidad natural y con una alta capacidad de fijación de fósforo.

El área actual en producción (plantaciones mayores de dos años) en Costa Rica es de cerca de 23.596 hectáreas. En 1995 se registró una producción total de racimos de fruta fresca (RFF) de 414.647 toneladas, de las cuales se extrajeron 95.400 toneladas de aceite crudo de palma (ACP). La exportaciones de ACP en ese mismo año fueron de alrededor de 43% de la producción, principalmente a países vecinos y a Europa.

La primera planta extractora de ACP inició operaciones en Quepos en 1951. En la actualidad hay en el país cuatro plantas extractoras, cuya capacidad total de proceso es de 123 toneladas de RFF por hora (Cuadro 1).

La primera planta refinadora de ACP se estableció en Costa Rica en 1953. Hoy en día, la capacidad de refinación de ACP en el país es de alrededor de 100.000 toneladas por año. Los principales productos del aceite de palma son manteca, margarina, oleína, y ácidos grasos para elaboración de jabones y alimentos para animales.

Registros sobre la extracción de aceite de palma y almendra

Planta	Región	Capacidad (t/h)
Palo Seco	Quepos	24
Naranja	Quepos	24
Coto	Coto	50
Laurel	Coto	25

A pesar de que la primera planta extractora de aceite de palma en Costa Rica entró en funcionamiento en 1951, y de que tres plantas extractoras más iniciaron operaciones en 1966, 1969 y 1971, no es sino hasta 1991 que se dispone de datos completos y exactos sobre las TEA y las TEK. La cuarta planta extractora entró en funcionamiento hasta en 1994.

La TEA más alta ha sido obtenida en la nueva planta extractora de Laurel, con un promedio de 23,64%, seguida por la de Palo Seco con 23,11%, la de Coto con 22,30% y la de Naranja con 20,01%. La alta TEA en la planta extractora de Laurel (región de Coto) se atribuye a una mayor eficiencia, al uso de una mejor tecnología de extracción (equipos) y al empleo de material genético de generaciones con un grado avanzado de mejoramiento. La baja TEA en la planta extractora de Naranja en la región de Quepos ha sido, muy probablemente, originada por una mayor proporción de racimos tipo dura (62-74%), provenientes de áreas que fueron sembradas antes de 1970 con material DxT, el cual estaba de moda en esa época (Cuadro 2).

Según la información compilada, la TEA muestra una ligera tendencia a aumentar durante el período en discusión. No obstante, se observa una variación considerable entre años (Fig. 1). Asimismo, la TEA tiende a ser menor entre febrero y marzo en Quepos, y entre agosto y noviembre en Coto (Fig. 2).

La presente información está siendo sometida a estudio a fin de identificar las posibles causas de la variación observada en la TEA. Hasta el momento, en Costa Rica no se ha observado una relación clara entre la TEA y el clima. Contrariamente, en Malasia, se ha encontrado un efecto significativo de la lluvia y de la luz solar sobre la TEA (Ho 1994; Chow 1994).

La TEK promedio nacional varía entre 3,79 y 4,65%, ámbito que resulta bajo comparado con los datos reportados en Malasia (Donough et al. 1996). La TEK ha mostrado una variación significativa tanto entre años como a través del año (Fig.3 y Fig. 4).

En la región de Quepos, la TEK ha mostrado una tendencia general al aumento, en tanto que en la región de Coto la TEK ha sido la más baja y no ha mostrado todavía una tendencia general clara. La TEK ha mostrado también una gran variación a través del año y tiende a ser más alta entre julio y octubre.

Table 2. Área (%) según edad de las plantaciones que suplen las cuatro extractoras en Costa Rica

Planta	Edad (años)				
	3-6	7-10	11-14	15-20	>20
Laurel	48.3	22.7	11.1	1.4	0.0
Coto	29.0	10.1	41.0	19.6	0.3
Palo Seco	22.8	31.5	13.8	21.9	10.0
Naranjo	14.9	24.8	2.0	5.1	53.2

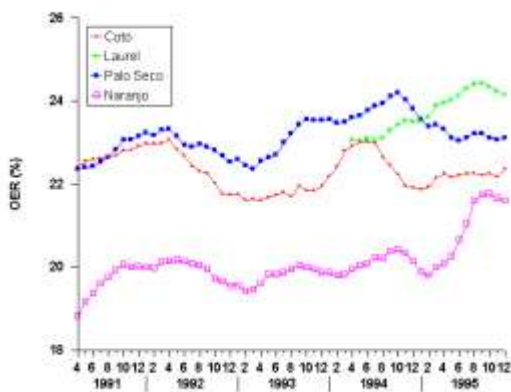


Fig. 1. Tasa de extracción de aceite (promedio móvil de siete meses. Costa Rica.

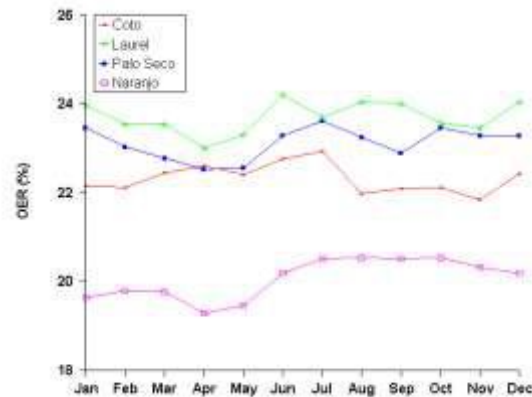


Fig. 2 Tasa de extracción de aceite mensual en cuatro extractoras en Costa Rica

La TEK relativamente baja obtenida en Costa Rica se asocia, en parte, con la naturaleza del material de siembra, el cual ha sido seleccionado por un alto contenido de mesocarpio en el fruto y de aceite en el mesocarpio, lo cual reduce, por consiguiente el contenido de almendra. Asimismo, la baja TEA y su variación a través del tiempo podría estar influida por cambios en la proporción de frutos fértiles en el racimo "fruit set", la cual es afectada a su vez por las fluctuaciones en la población de los insectos polinizadores, y por la edad de la palma. En un estudio realizado en Costa Rica, Chinchilla y Richardson (1991) encontraron que la proporción de frutos fértiles fue menor y más variable en plantaciones jóvenes, y que estuvo fuertemente asociada con la población de los insectos polinizadores. En la actualidad, se realizan esfuerzos para describir y explicar los factores causantes de la fluctuación observada en la proporción de frutos fértiles.

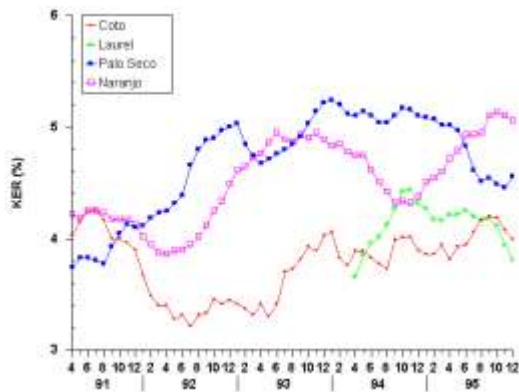


Fig. 3. Tasa de extracción de almendra (promedio móvil de siete meses). Costa Rica

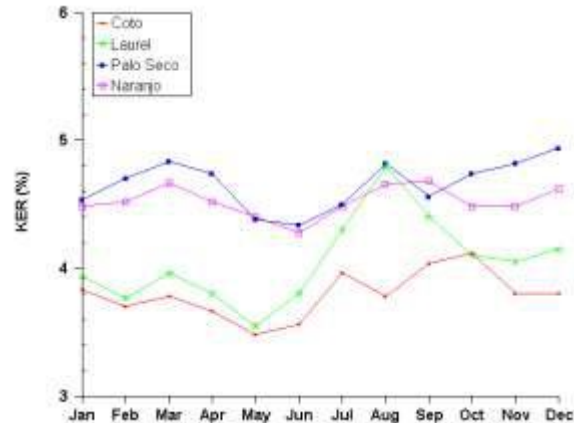


Fig. 4. Tasa de extracción de almendra en cuatro extractoras en Costa Rica

Conclusión

La tasa de extracción de aceite registrada en Costa Rica es comparativamente alta respecto al promedio mundial, y ha aumentado gradualmente durante los últimos cinco años. Esto se debe, probablemente, al mejoramiento en la tecnología de extracción y al manejo de las plantaciones, así como al uso de nuevos materiales de siembra. Sin embargo, la TEA ha mostrado fluctuaciones significativas tanto entre años como durante el año.

La TEK ha sido relativamente baja y ha mostrado ser diferente en las dos regiones productoras de palma aceitera: Quepos y Coto. La TEK también ha mostrado fluctuaciones apreciables entre años y durante el año, las cuales podrían estar asociadas con cambios en la proporción de frutos fértiles en el racimo.

Literatura citada

- Chan, K.W. ; Lee, K.H. (1994). OER: A Concern Facing Oil Palm Industry. In: Darus Ariffin; Jalani B.S., Editors, Proceedings of the National Seminar on Palm Oil Extraction Rate: Problems and Issues. Palm Oil Research Institute of Malaysia, pp. 1--16.
- Chinchilla, C.M.; Richardson, D.L. (1991). Pollinating Insects and the Pollination of Oil Palm in Central America. ASD Technical Bulletin, 2, 18 pp.
- Chow, C.S. (1994). The variability of Oil Extraction Rate in Malaysian Palm Oil Industry. In: Darus Ariffin and Jalani B.S., Editors, Proceedings of the National Seminar on Palm Oil Extraction Rate: Problems and Issues. Palm Oil Research Institute of Malaysia, pp. 17--26.
- Donough, C.R.; Chew, K.W. ; Law, I.H. (1996). Effect of Fruit Set on OER and KER: Results from Studies at Pamol States (Sabah) Sdn Bhd. The Planter, 72 (841): 203--219.
- Ho, C.Y. (1994). Climatic Effects on Oil Extraction Ratios. In: Darus Ariffin; Jalani B.S., Editors, Proceedings of the National Seminar on Palm Oil Extraction Rate: Problems and Issues. Palm Oil Research Institute of Malaysia, pp. 36--52.

Factores agronómicos asociados a la ‘podrición común de la flecha/arqueo foliar’ en palma aceitera.

Amancio Alvarado¹, Carlos Ml. Chinchilla², Juan Bulgarelli, Francisco Sterling

Resumen

Las manifestaciones de la ‘podrición común de la flecha’ (PCF) y ‘arqueo foliar’ (AF) en palma aceitera están comúnmente asociadas. La susceptibilidad de una progenie puede ser estimada en el campo cuando las palmas alcanzan entre 13 y 18 meses de edad después del trasplante desde el vivero. Sin embargo, muchas plantas susceptibles pueden escapar de la enfermedad, si están creciendo en sitios en donde no existen las condiciones ambientales que las predispongan a la aparición de los síntomas.

Aún cuando la incidencia de la PCF/AF es normalmente muy baja en condiciones de vivero, la reacción de susceptibilidad puede ser provocada exponiendo a las plantas a ciertos factores de manejo agronómico. Una aeración deficiente (drenaje pobre) en el suelo de la bolsa de vivero se asoció con una alta incidencia de la enfermedad. La poda frecuente de las raíces de las plantas que crecían dentro de las bolsas causó un efecto similar. Dosis altas de fertilizante, particularmente nitrógeno, también aumentaron la incidencia, aparentemente promoviendo un crecimiento más vigoroso y succulento de las hojas nuevas. Aplicaciones mensuales de boro se asociaron con una menor incidencia y severidad de los ataques. Las heridas al cogollo no incrementaron ni la incidencia ni la severidad, lo cual puede tomarse como una indicación de que los microorganismos involucrados en las podriciones que se presentan tanto en la PCF, como en el AF, son simples patógenos secundarios oportunistas.

Los resultados indican que es posible desarrollar un procedimiento que permita seleccionar progenies por su resistencia a PCF/AF en la fase de vivero. Sin embargo, es necesario identificar y cuantificar los factores ambientales que predisponen a las plantas al ataque. El proceso de selección en la fase de vivero es más rápido y permite tener un mejor control de los factores de manejo que determinan la aparición de la reacción de susceptibilidad.

Introducción

La ‘podrición común de la flecha’ (PCF) y el ‘arqueo foliar’ (AF) son dos desórdenes en el crecimiento de la palma aceitera en su etapa juvenil. Algunos autores atribuyen estos problemas a diferentes causas. No obstante, existen muchos factores comunes entre ellos, por lo cual podrían considerarse como manifestaciones diferentes de un mismo complejo causal. Los síntomas de podriciones en las flechas y el arqueamiento de los raquis ocurren con frecuencia en la misma planta en un momento dado, o en diferentes etapas del desarrollo del trastorno.

¹ ASD de Costa Rica, a.alvarado@asd-cr.com; ² cmlchinchilla@gmail.com

Un programa de mejoramiento en palma aceitera requiere identificar y eliminar aquellos cruces que en el campo muestren una alta incidencia de PCF/AF. El proceso de selección puede ser acortado si los materiales susceptibles pueden ser identificados durante la etapa de vivero.

Debido a algunas similitudes entre la ‘podrición común de la flecha’, la ‘podrición letal del cogollo’ (PC) y otros trastornos similares, el conocimiento generado sobre los factores de predisposición a PCF, podría ser de utilidad para entender aquellos que inciden sobre la prevalencia de estos otros trastornos.

Al igual que en el caso de la PC, la PCF/AF no tiene un agente causal identificado con claridad. Se conoce que existe un elemento genético que determina la susceptibilidad (De Berchoux y Gascon 1963; Soh 1969; Gai 1969; Blaak 1970; Monge et al. 1993; Sterling y Alvarado 1996), pero también varios factores de manejo agronómico han sido señalados como determinantes de incidencia y severidad del trastorno (Duff 1962, 1963; Turner y Gillbanks 1974; Turner 1981; Chinchilla 1987; Breure y Soebagjo 1991; Monge et al. 1992, 1993; Sterling y Alvarado 1996).

No obstante, a diferencia del factor genético, cuyo papel ha sido probado en el caso de la PCF/AF, la influencia de los elementos agronómicos no ha sido documentada, sino que se basa casi enteramente en observaciones casuales.

Dos elementos que dificultan establecer las relaciones entre factores ambientales y manejo agronómico e incidencia son la dificultad para cuantificar tales factores, y la necesidad de eliminar en un experimento la contribución del factor genético. Para lograr esto último se requiere de un cruce altamente susceptible.

Un tercer factor que limita la experimentación en este campo, es el hecho de que los síntomas de PCF/AF se manifiestan normalmente hasta después de transcurrido un año y medio en el campo (Monge et al. 1993; Sterling y Alvarado 1996; Breure y Soebagjo 1991). La situación ideal sería disponer de un cruce altamente susceptible, y que tal susceptibilidad se manifestara en la etapa de vivero, con lo cual se podrían realizar varios experimentos en un tiempo relativamente corto y a menor costo.

Un cruce con estas características fue identificado por el Departamento de Mejoramiento Genético del Programa de Investigaciones en Palma Aceitera de ASD, y se utilizó para realizar un experimento exploratorio con el objetivo de empezar a identificar algunos elementos de manejo asociados a la PCF/AF en la etapa de vivero.

Materiales y métodos

Semillas de la autopolinización de la palma C810:643T, que había mostrado una alta incidencia de PCF/AF en experimentos de campo anteriores, fueron plantadas en bolsas de previvero el 15 de noviembre de 1993, y las plantas trasplantadas al vivero definitivo el 2 de febrero de 1994. Las bolsas de vivero (51x61 cm) se espaciaron a 0.8m en un patrón triangular. Se asignaron nueve tratamientos siguiendo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada parcela se formó con 25 plantas, 9 de las cuales eran centrales. No obstante, y debido a la naturaleza de los tratamientos que se aplicaron a palmas individuales, la interpretación de los resultados se hizo considerando toda la parcela de 25 palmas. El análisis de la parcela útil únicamente, no cambió las tendencias principales. Los tratamientos fueron los siguientes:

- Suelo de la bolsa de vivero con drenaje excesivo, para lo cual se utilizó una mezcla de 2/3 de grana de arroz y un tercio de un suelo de textura franca (35% arena, 46% limo, 19% arcilla).
- Drenaje pobre; para lo cual se utilizó un suelo de textura fina: 13% arena, 45% limo, 42% arcilla. Cuando las raíces de la planta perforaron el fondo de la bolsa fueron podadas, para evitar que exploraran el suelo del vivero. Durante el verano, las bolsas de vivero fueron puestas dentro de otras bolsas plásticas de mayor tamaño, las cuales se mantuvieron llenas de agua para intentar saturar el suelo.
- Poda mensual de todas las hojas emergidas, excepto la número uno y las flechas. Este tratamiento se inició en agosto, aproximadamente cinco meses y medio después del trasplante al vivero. El cuchillo para las podas fue desinfectado con formalina previo a la poda de cada planta.
- Poda mensual de las raíces dentro y fuera de la bolsa. Las bolsas fueron levantadas en cada visita, para cortar las raíces externas. Adicionalmente, se realizaban cortes con un cuchillo a través del suelo de la bolsa, tratando de interceptar el 50% de las raíces, en un patrón distinto en cada visita. Este tratamiento fue iniciado en julio, aproximadamente a los cinco meses del trasplante al vivero.
- Daño mecánico al cogollo, para ofrecer una puerta de entrada a los posibles patógenos oportunistas asociados a las pudriciones de las flechas. El tratamiento consistió en practicar en cada visita mensual, 10 punzadas con una aguja a la hoja cero y a las flechas. La aguja se desinfectó entre una planta y la siguiente. El tratamiento fue iniciado en agosto.
- Altas dosis de fertilizante; para lo cual se aplicó a cada palma el doble de la fertilización base (Cuadro 1). El tratamiento se inició en marzo.
- Aplicación de boro a partir del primero de agosto (Cuadro 1).
- Exceso de nitrógeno amoniacal (Cuadro 1).
- Fertilización base del cuadro 1. Este tratamiento también recibió aplicaciones preventivas de fungicidas.

Las observaciones sobre incidencia y severidad de la PCF/AF fueron realizadas mensualmente a partir de julio; cinco meses después del trasplante al vivero. En esas mismas fechas se hicieron medidas de crecimiento, siguiendo el procedimiento de Corley y Breure (1981).

Los tratamientos del 3 al 9 fueron sembrados en un suelo de textura franco-limosa: 20% arena, 53% limo, 27% arcilla. Aquellos del 1 al 5 y el 9 recibieron la fertilización del cuadro 1.

Los síntomas fueron evaluados en las hojas nuevas producidas entre evaluaciones. En cada hoja afectada, se documentó la presencia de arqueo en el raquis, y la severidad de las pudriciones y secamientos, según los criterios siguientes:

- Daño moderado: menos de un 25% de la hoja afectada por pudriciones.
- Daño severo: hasta un 50% de la hoja afectada.
- Daño muy severo: más de un 50% de la hoja afectada.

Los datos fueron analizados considerando el porcentaje de incidencia, el número promedio de hojas afectadas por planta, casos de 'pudrición de flecha' acumulados en el período y la reincidencia (plantas que mostraron síntomas en varias oportunidades).

Cuadro 1. Programa de fertilización en el vivero (g/planta)

Año	Mes	Edad (meses)	10-50-0	Sulfato potasio	Kieserite	15-15-15	Boro (razorita)	Nitrógeno (Urea)
1994	Feb		1					10
	Mar	1	1					10
	Abr	2	2					10
	May	3	3					10
	Jun	4	5	2	2			10
	Jul	5	12	5	5		0.5	10
	Ago	6	15	7	7		0.5	10
	Set	7	20	9	9		0.5	10
	Oct	8	25	11	11		1.0	10
	Nov	9			14	34	1.0	10
	Dic	10			16	36	1.0	10
	1995	Ene	11			20	40	1.5
Feb		12			20	45	1.5	10
Mar		13			20	50	1.5	10
Abr		14			20	50	1.5	10
May		15			20	50	1.5	10
Jun		16			20	50	1.5	10

Finalmente se calculó un índice de infección, que combina incidencia y severidad. El índice se calculó para cada tratamiento de la siguiente forma:

$$\text{Índice de infección} = \frac{\text{Incidencia} * \text{daño ponderado}}{100}$$

en donde:

Incidencia = incidencia en la parcela (25 plantas).

Daño ponderado en las hojas = sumatoria de las proporciones de los promedios de hojas en las categorías moderadas, severa y muy severa (promedio de hojas en la categoría/total de hojas), multiplicadas por 100, 200 y 300 respectivamente.

Cuando las palmas alcanzaron los 15 meses de edad, la competencia por luz provocó etiolación, por lo cual en dos de las repeticiones, se decidió entresacar una hilera de cada dos.

Resultados

Debido la naturaleza de los tratamientos, no todos fueron iniciados al mismo tiempo. No obstante, cuando los tratamientos se agruparon según la incidencia de PCF acumulada al final de las observaciones (ignorando o no los casos de las primeras dos evaluaciones), el ordenamiento por incidencia y severidad se mantuvo con muy poca variación para la mayoría de ellos.

Aeración del suelo y enfermedad

El mantenimiento de las plantas de vivero en condiciones que favorecieron el mal drenaje tuvo un profundo efecto sobre la incidencia y severidad de la ‘pudrición de la flecha’ desde el inicio de las evaluaciones (Figs. 1- 3). Este tratamiento alcanzó los niveles más altos de PCF en todo el período. La mayoría de los casos aparecieron antes de los 11 meses de edad. En este período se pusieron las bolsas plásticas externas utilizadas para mantener el suelo saturado de agua durante la época seca. Estas condiciones u otras aún no identificadas se asociaron a una desmejora en el crecimiento de estas palmas (Figs. 4-6), y a una disminución en la aparición de nuevos casos de PCF en las últimas evaluaciones. El número de plantas reinfectadas (repetición de síntomas) fue también alto en este tratamiento de drenaje deficiente en las bolsas (Cuadro2).

Cuadro 2. Número de casos (75 plantas: 3 repeticiones) de ‘pudrición común de la flecha / arqueo foliar’ en condiciones de vivero

Tratamiento	Acum. ¹	Acum. ²	Reincidencia	Arqueo foliar	PCF/AF (%)
Drenaje deficiente	49	48	121	2	100
Drenaje excesivo	30	27	91	8	87.5
Fertilización base	41	34	119	10	90
Doble fertilización	44	31	127	10	60
Exceso de N	38	25	98	10	60
Poda de raíces	41	28	119	12	83.3
Poda de hojas	9	4	16	1	100
Daño mecánico	34	24	93	10	60
Boro	31	18	50	2	100

Accum. 1 = Acumulado del número de plantas enfermas de PCF en el período sin considerar reincidencia. Accum. 2 = Acumulado sin considerar las dos primeras evaluaciones para los tratamientos de poda de hojas y raíces, daño mecánico y aplicación de boro. Reincidence = Acumulado de plantas que aparecieron con síntomas de PCF una o más veces. PCF/AF = Porcentaje de plantas con arqueo foliar y que también presentaron PCF.

A pesar del exceso aparente de humedad en el suelo en este tratamiento, las plantas no mostraron el *amarillamiento* característico asociado al mal drenaje, lo cual pudo deberse a que de alguna forma la planta absorbió parte del nitrógeno suministrado.

Una mayor incidencia de la ‘pudrición de la flecha’ asociada a problemas de drenaje ha sido mencionada por numerosos autores (Turner y Gillbanks 1974; Turner 1981), pero no se han presentado datos experimentales para respaldar esta afirmación. Monge et al. (1993) observaron una tendencia a la aparición de un mayor número de casos de PCF en áreas con un alto potencial

hídrico. Las palmas con síntomas tenían una resistencia estomática mayor que en palmas sanas. En el caso de la PC, con algunas características similares a PCF, también se ha hecho una asociación clara con el drenaje pobre.

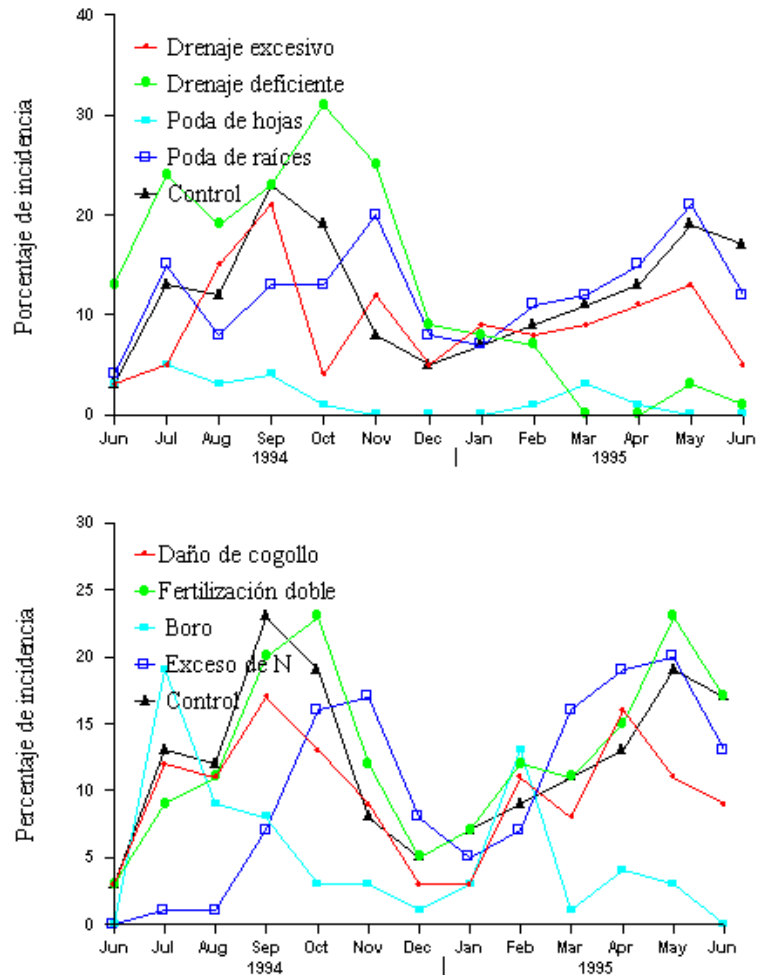


Fig. 1. Incidencia de la ‘pudrición común de la flecha’ (%) en nueve tratamientos en un vivero de palma aceitera

La respuesta a la enfermedad del tratamiento de drenaje en exceso es más difícil de interpretar, ya que según se destaca en las medidas de crecimiento (Figs. 4-6), es aparente que las raíces de estas plantas perforaron las bolsas a los 8-9 meses de edad, y eventualmente exploraron el suelo del vivero por lo cual pudieron obviar parcialmente su problema de suministro de agua. Correspondiendo con este hecho, la incidencia de PCF fue alta hasta octubre de 1994 en este tratamiento y luego decayó fuertemente, cuando mejoró el crecimiento vegetativo con la entrada de las lluvias en 1995.

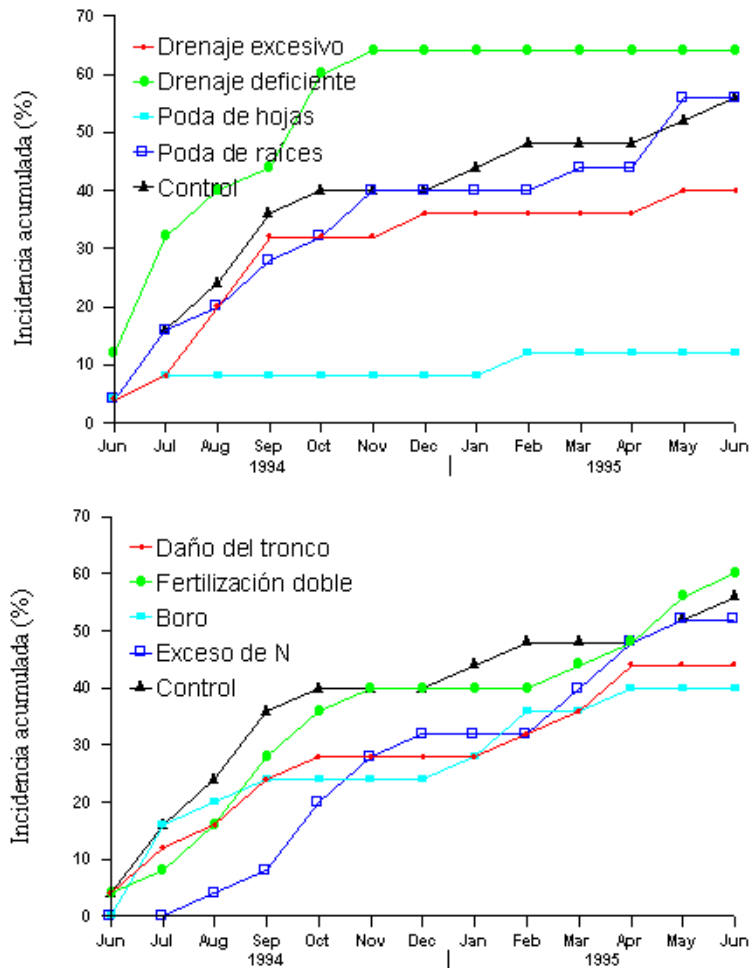


Fig. 2. Incidencia acumulada de la ‘podrición común de la flecha’ (%) en nueve tratamientos en un vivero de palma aceitera

Nutrición y enfermedad

Una alta dosis de fertilizante (doble del programa base) causó un crecimiento vegetativo más exuberante: raquis más largos y mayor área foliar por hoja, particularmente al inicio de la estación de lluvias. La incidencia y severidad de la PCF también aumentaron en este último período (Figs. 1- 6).

El programa base para la fertilización corresponde a una recomendación comúnmente usada en viveros de palma aceitera. No obstante, no se consideró la fertilidad natural del suelo escogido para llenar las bolsas, y existe la posibilidad de que tal programa supliera ciertos elementos en exceso o en forma desbalanceada.

Así mismo, los requerimientos de nutrición pueden variar ampliamente para los diferentes cruces genéticos, de tal manera que las dosis y fuentes de fertilizante usadas podrían haber resultado

inapropiadas para el cruce particular usado en este experimento. Estos factores deben ser considerados en futuros experimentos.

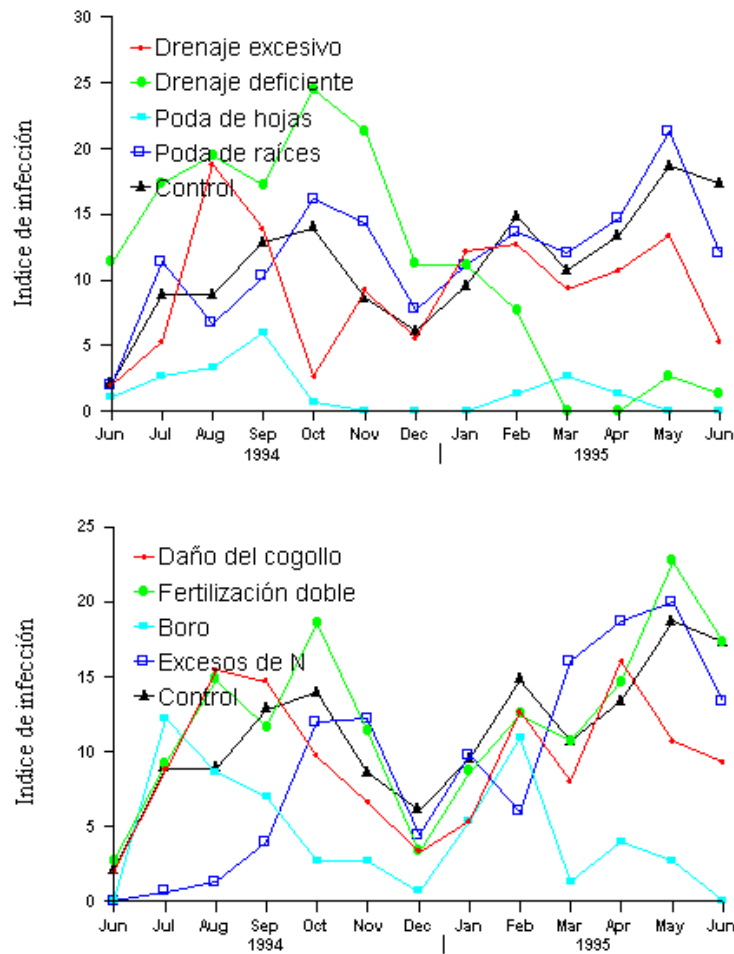


Fig. 3. Fluctuación en el índice de infección (severidad) de la ‘pudrición común de la flecha’ en nueve tratamientos en un vivero de palma aceitera.

Un tratamiento que estimule el crecimiento rápido del tejido joven, puede favorecer el ataque de patógenos oportunistas, que podrían penetrar y atacar este tejido (flechas) aún no lignificado por completo. Este aspecto queda ilustrado por la presencia de una alta incidencia e PCF/AF en los tratamientos con altas dosis de fertilizante. Una vez que la flecha emerge como hoja uno, y la lignificación se completa, no ocurre más arqueamiento de los raquis, y las pudriciones se detienen.

Monge et al. (1992, 1993) encontraron una situación similar en un experimento de campo, y asociaron una mayor incidencia del problema, en un tratamiento que mantuvo un aparente mejor desarrollo vegetativo. Desafortunadamente, en ninguno de estos experimentos se estudió la fisiología de la planta previo a la aparición de los síntomas, ni tampoco se determinó el contenido foliar de nutrientes, para determinar si realmente las palmas estaban recibiendo una nutrición balanceada.

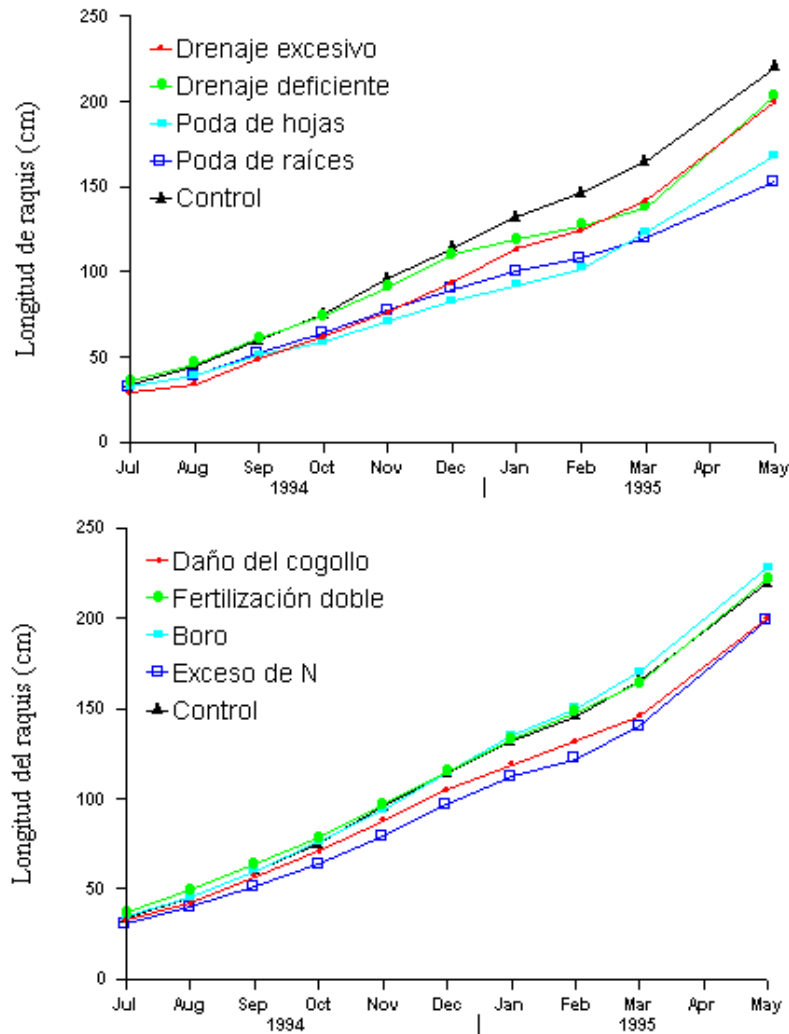


Fig. 4. Longitud del raquis (cm) en plantas de vivero en nueve tratamientos de manejo

El crecimiento inicial con el exceso de fertilización nitrogenada, fue inferior al de los otros dos tratamientos de fertilización completa: el programa base (tratamiento 9) y el doble del mismo (tratamiento 6). No obstante, la incidencia de PCF subió rápidamente a partir de setiembre. La baja incidencia durante los primeros meses podría explicarse asumiendo que las primeras dosis de N aplicadas, no fueron utilizadas efectivamente por las plantas. Posteriormente, las altas cantidades de N aplicadas crearon un crecimiento nuevo más suculento y propenso a la aparición de la PCF, particularmente durante la entrada de las lluvias.

Un rasgo interesante de la PCF/AF es la presencia de una lignificación inadecuada de los tejidos del raquis, lo cual explica que se doblen conforme aumentan en longitud y peso (Monge *et al.* 1993, 1994; Heusser citado por Turner 1981). Esto produce la curvatura característica que le da el nombre a la condición de 'arqueo foliar'.

Varios elementos minerales están involucrados en el proceso de endurecimiento (lignificación) de los tejidos jóvenes, siendo el boro uno de los principales (Graham 1983). El suministro de

boro a las plantas se asoció a una menor incidencia de la PCF y AF. El tratamiento con boro se inició en agosto. Hasta este mes, las plantas asignadas a este tratamiento presentaban una incidencia relativamente alta de PCF. No obstante, a partir de la fecha de inicio de las aplicaciones mensuales de boro, la incidencia y severidad se redujeron más que en cualquier otro tratamiento (Figs. 1-3). Breure y Sebagio (1991) presentaron evidencia circunstancial de que el boro podría estar involucrado en la expresión de la PCF en palmas susceptibles.

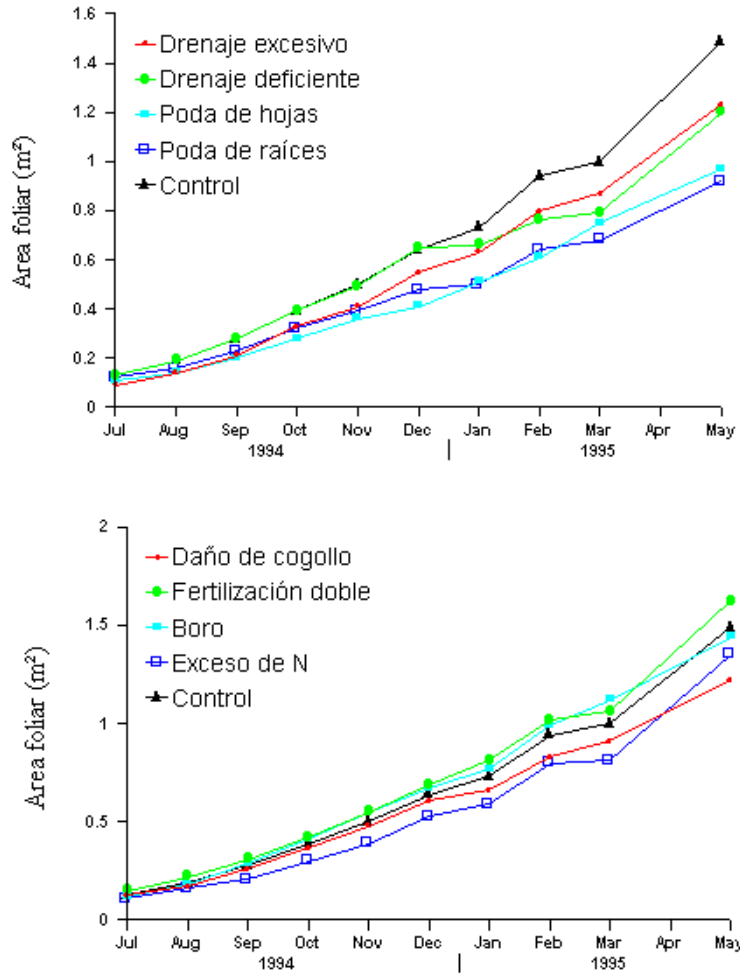


Fig. 5. Área foliar (m²) de la hoja número uno en plantas de vivero en nueve tratamientos

Condiciones climáticas, incidencia y tasa de emisión foliar (TEF)

La PCF sigue una fluctuación estacional, en donde la mayor incidencia coincide con los períodos de mayor precipitación, mayor humedad relativa y menos horas sol. También es claro que la mayor incidencia en la última parte del año puede asociarse a una mayor saturación de agua en el suelo de la bolsa (menor aeración del suelo). Los picos en la incidencia también coinciden frecuentemente con una mayor TEF en las plantas, que fue estimulada inicialmente por una mayor cantidad de agua disponible y un aumento en la humedad relativa en estos períodos.

En general, reducciones en la incidencia de la PCF se asociaron a una menor TEF en setiembre y en la época de verano. El aumento en incidencia en los meses de octubre y noviembre coincidió con una mayor TEF en esos meses. De igual manera, al iniciarse el período de lluvias, aumenta la TEF y la incidencia de la PCF. Estas relaciones han hecho pensar que una mayor tasa de emisión foliar es indicativo de una mayor susceptibilidad a la PCF (Monge et al.1992). Sin embargo, esta relación puede ser simplemente circunstancial, por estar asociada una mayor TEF con los mismos factores que también favorecen la aparición del trastorno.

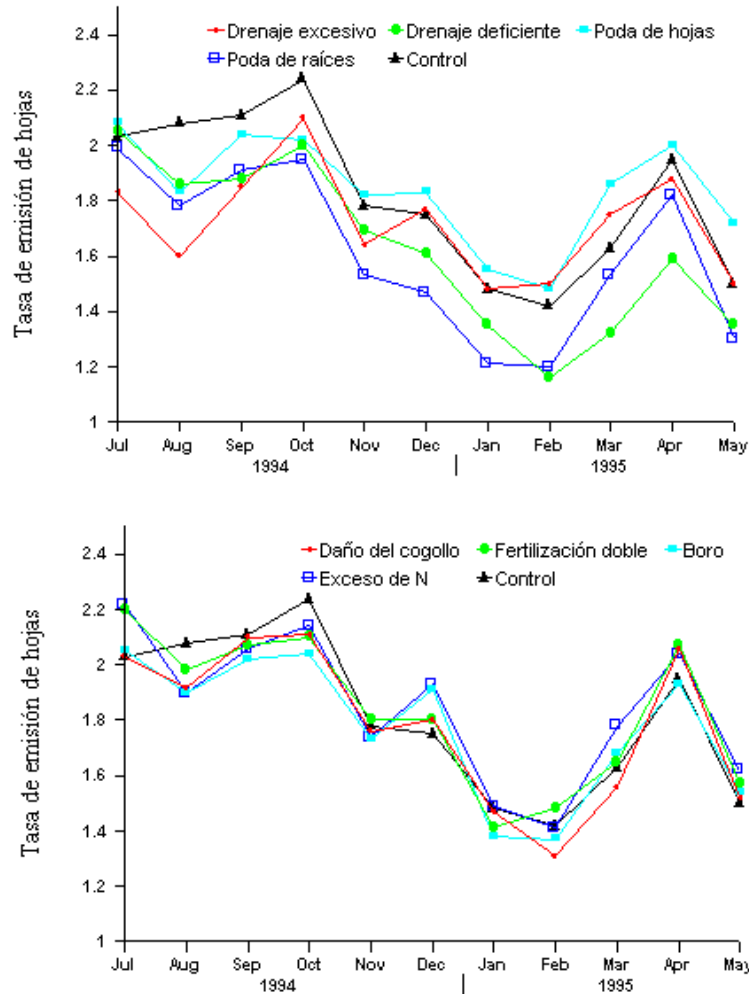


Fig. 6. Tasa de emisión foliar (hojas/mes) en plantas de vivero en 9 tratamientos

Por ejemplo, las plantas con poda frecuente de raíces y en el suelo con drenaje excesivo, fueron los que posiblemente sufrieron más los efectos del déficit hídrico en la época seca. El tratamiento de poda de raíces tuvo una TEF relativamente baja a partir de diciembre, pero la incidencia de PCF en este mes fue la segunda más alta, y continuó relativamente alta a través de todo el período seco.

El tratamiento de poda de las hojas, que se inició a mediados de agosto, tuvo una TEF intermedia en los meses de lluvia, y una de las más altas en verano. No obstante, este tratamiento mantuvo

la menor incidencia de PCF durante el período. El exceso de nitrógeno provocó inicialmente una de las mayores TEF, pero la incidencia de PCF fue baja durante estos primeros meses.

Correlaciones entre la enfermedad y las condiciones climáticas

El número de horas sol, que disminuye en los períodos más lluviosos, presentó una correlación negativa con la incidencia de PCF. El aumento en la radiación solar y en la temperatura media se asoció a un mejor crecimiento de las plantas, lo cual podría estar también asociado a mejores condiciones de aeración en el suelo cuando la lluvia es menor. La TEF se correlacionó positivamente con la precipitación, y en forma negativa con las horas sol, la evaporación y la temperatura (Cuadro 3), lo cual explica sus relaciones con la incidencia de la PCF.

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre las variables de crecimiento, clima e incidencia de ‘pudrición común de la flecha’ en plantas de vivero

	Incidencia	Severidad del ataque en las hojas			LRQ	ARF	NHT	TEF
		Moderado	Severo	Muy severo				
LRQ		-0.27*					0.48**	-0.68**
ARF		-0.24*					0.48**	-0.65*
NHT	0.35**		0.25*	0.32**	0.42**			-0.29*
TEF		0.26*						
HSOL	-0.22*							-0.40**
EVAP	-0.23*				0.33**	0.29**		-0.49**
PPTA	0.21*	0.21*			-0.35**	-0.32**	-0.22*	0.58**
TMAX	-0.27**				0.34**	0.31**		-0.60**
TMED				0.35**	0.73**	0.71**	0.31**	-0.56**

Incidencia = porcentaje de incidencia en 3 repeticiones de 25 plantas cada una

LRQ = longitud de raquis; ARF = área foliar; NHT = número total de hojas

TEF = tasa de emisión foliar; HSOL = horas sol; EVAP = evaporación

PPTA = lluvia; TMAX = temperatura máxima; TMED = temperatura media

El tratamiento de drenaje deficiente en la bolsa de vivero fue el de mayor incidencia de PCF, y presentó los valores de correlación más altos con el número de horas sol y las temperaturas máximas. De igual forma, en este tratamiento se detectaron correlaciones significativas entre la precipitación, la temperatura media y el índice de infección. La correlación también fue positiva entre severidad y precipitación, indicando que el factor clima determina no solamente el número de plantas que desarrollan el trastorno, sino también la severidad del ataque en palmas individuales.

Estas relaciones entre la enfermedad y los factores climáticos no se dieron en el tratamiento de poda de raíces, que fue el que posiblemente afectó en mayor medida las relaciones hídricas de las plantas.

Otros tratamientos

El daño mecánico hecho en el cogollo con una aguja no pareció afectar en mucho el progreso de la enfermedad de la PCF en el tiempo, lo cual concuerda con la idea de que los microorganismos que causan las pudriciones en el área del cogollo son simples oportunistas, que no se desarrollan a menos que la planta haya entrado previamente en una etapa de predisposición. No obstante, una vez que la palma fue afectada, el daño mecánico pareció aumentar la severidad del ataque, lo cual se reflejó en un índice de severidad mayor en ese tratamiento (Fig.3). El maltrato a la planta durante el procedimiento de dañarle el cogollo, afectó el crecimiento vegetativo en forma negativa (Figs. 4- 6). La poda de las hojas nuevas cada mes ocasionó un crecimiento raquíutico de la planta, que se asoció con una muy baja incidencia de PCF.

La poda regular de una parte del sistema radical puede causar un efecto similar a una aeración pobre en el suelo, lo cual le impide a la planta mantener una buena relación raíz/parte aérea, y la exploración del suelo y la absorción de nutrientes en forma balanceada. El crecimiento vegetativo en estas plantas fue relativamente pobre (Figs. 4- 6), y este efecto se acentuó con la edad y el aumento de sus necesidades de nutrición. Todo esto se asoció con un incremento en incidencia y severidad de la PCF en las últimas evaluaciones.

Arqueo foliar

La aparición de la condición del ‘arqueo foliar’ es un evento de baja ocurrencia en condiciones de vivero. Las razones para esto pueden ser variadas, pero dado que el doblamiento de los raquis parece ocurrir por una pérdida de rigidez causada por una lignificación inadecuada (Monge et al. 1993, 1994), no se espera que los raquis de palmas muy jóvenes, de poca longitud y con muy bajo peso, puedan doblarse.

Cuando las palmas alcanzaron 15 meses de edad, se ralearon dos repeticiones en cada tratamiento, con lo cual se redujo el proceso de etiolación en estas parcelas, y el número de casos de ‘arqueo foliar’ acumulados fue solamente 50% de aquellos que aparecieron en la repetición sin ralear, donde el proceso de etiolación continuó con severidad creciente. Dado que la competencia por luz causa una elongación anormal de la longitud de los raquis, y los tejidos son menos rígidos, hay una mayor incidencia del fenómeno de ‘arqueo foliar’ (Cuadro 4).

Después del trasplante al campo, las hojas de las plantas son cada vez más largas y de mayor peso, lo cual aumenta las probabilidades de la aparición de uno o más raquis doblados en palmas con PCF/AF. Esta es la situación que comúnmente observamos en los primeros dos años después del trasplante. Posteriormente, en palmas más viejas, en donde las hojas son estructuras de mucho peso, las probabilidades de que ocurra doblamiento sin quebradura son muy reducidas, lo que podría explicar la prevalencia de síntomas de ‘pudrición de flecha’ en estas palmas, sin que se presente el fenómeno del arqueamiento.

Otro factor que puede impedir la aparición de raquis doblados en una palma afectada, es la severidad del ataque. Cuando el grado de pudrición es muy severo, las flechas se secan casi por completo en forma temprana. Estos factores podrían estar enmascarando la verdadera incidencia de ‘arqueo foliar’ en algunos tratamientos, particularmente aquellos en donde la severidad de los ataques fue mayor, como el de drenaje deficiente.

Cuadro 4. Casos de ‘arqueo foliar’ en nueve tratamientos en plantas de vivero (14 - 17 meses de edad)

Tratamiento	Bloque			Total	%
	I	II	III		
Drenaje excesivo	4	3	1	8	10.7
Drenaje deficiente	1	0	1	2	2.7
Poda de hojas	0	1	0	1	1.3
Poda de raíces	6	2	4	12	16.0
Daño mecánico	2	3	1	6	8.0
Doble fertilización	5	3	2	10	13.3
Boro	0	0	2	2	2.7
Exceso de N	7	3	1	11	14.7
Fertilización base	7	2	1	10	13.3
Total	32	17	13	62	
%	14.2	7.6	5.8		9.2

A pesar de las limitantes señaladas para determinar la incidencia real de AF en este experimento, de los resultados es claro que AF y PCF son trastornos estrechamente asociados (Cuadros 2 y 4). La situación más frecuente en condiciones de campo (primeros dos años después del trasplante), es encontrar palmas que en diferentes etapas del desarrollo de uno u otro de estos trastornos, presenten uno u otro o la combinación de los dos (Monge et al. 1993; Turner 1981). Esto hace suponer que el ‘arqueo foliar’ y la PCF son simplemente manifestaciones diferentes de un mismo problema; las diferencias ocurren debido a condiciones específicas de crecimiento en un momento dado y por la naturaleza genética del material.

En la literatura el ‘arqueo foliar’ y la ‘pudrición común de la flecha’ son normalmente tratados como dos condiciones diferentes. No obstante, la descripción de los síntomas de la pudrición en los folíolos y los raquis y los microorganismos aislados son los mismos (Monge *et al.* 1993, Turner 1981). La única diferencia clara es la presencia de uno o más raquis con doblamiento, pero esta característica tampoco es siempre confiable.

Conclusiones

Los estudios para dilucidar las causas de un problema como la ‘pudrición común de la flecha’ y otros trastornos similares, tal como la PC, se dificultan debido a la gran cantidad de factores e interacciones que parecen estar involucradas en la respuesta de la planta. Esta es la situación de los llamados "declines" o deterioro progresivo que sufren algunos frutales y especies forestales (Manion y Lachance 1992). En estos casos, se ha fracasado en identificar a un patógeno o factor de manejo o ambiental en particular como responsable único del problema.

La importancia del factor genético en la ‘pudrición común de la flecha’ ha sido claramente estudiado y probado. Ello ha permitido seleccionar progenies en donde la probabilidad de la aparición de una alta incidencia del problema en el campo es cada vez menor. No obstante, el

trabajo de selección ha tropezado con el inconveniente de no poder eliminar el factor ambiental, que también determina la respuesta de los diferentes genotipos. Los resultados de la presente experiencia, y otras similares (Chinchilla et al. sin publicar) son muy alentadores, puesto que indican que efectivamente la incidencia está determinada por algunos factores de manejo identificables y que pueden ser cuantificados.

Existe una aparente asociación entre condiciones de estrés y una mayor incidencia de la PCF. Duff (1962, 1963) concluyó que las progenies con crecimiento más vigoroso eran menos susceptibles a este trastorno. Consecuentemente, este autor señaló que cualquier factor que interfiriera con el desarrollo normal aumentaba las probabilidades de que las plantas presentaran los síntomas. Otros autores informan sobre un comportamiento similar de la PCF (Turner 1981). No obstante, estas relaciones entre estrés en general, y una mayor susceptibilidad al trastorno no siempre ocurren, y algunos tratamientos causantes de estrés excesivo, tales como un maltrato fuerte a las plantas (poda de hojas más jóvenes por ejemplo), más bien disminuyeron el chance de la palma de enfermarse.

Por otro lado, también se observó en algunos tratamientos, en donde las plantas crecieron en forma aparentemente normal, una incidencia de PCF/AF relativamente alta. Esto obliga a concluir que no es cualquier estrés lo que susceptibiliza a la planta, sino el efecto que un determinado tipo o combinación de estrés causa sobre la fisiología de la planta, la relación entre la parte aérea y la raíz y la forma como se afecta la habilidad para repeler el ataque de microorganismos oportunistas.

Durante la vida de una planta, una de las situaciones de mayor estrés ocurre durante el trasplante del vivero al campo. No obstante, esto no conduce a un aumento en el número de casos de PCF/AF. Tal aumento sucede hasta el año siguiente del trasplante, y normalmente coincide con el inicio de la época de lluvias y la aplicación de fertilizante. Un segundo pico de incidencia suele ocurrir hacia el final de la época de lluvias, cuando la aeración del suelo decrece considerablemente. La respuesta al 'arqueo foliar' puede ser similar a la de la PCF. Algunos tratamientos que promovieron mayor crecimiento vegetativo mostraron alta incidencia de 'arqueo foliar' (Cuadro 2 y Cuadro 4). Sin embargo, las plantas que recibieron boro, crecieron en forma similar a tales tratamientos, pero tuvieron una muy baja incidencia de 'arqueo foliar'. Es bien conocido el papel del boro en la división celular en tejidos jóvenes y en el proceso de lignificación.

Un aspecto importante es la identificación de la aeración del suelo como un factor determinante en la predisposición de la planta a este tipo de trastornos. Los problemas de drenaje son entonces, un punto clave de resolver en palma aceitera, no solo desde un punto de vista productivo, sino también desde el de la sanidad del cultivo. La existencia de problemas tan serios como la 'pudrición del cogollo', y trastornos similares, justifican por si solos la vigilancia permanente de este aspecto en palma aceitera.

Experimentos como el presente deben ser repetidos cuantificando en el suelo y en la planta el efecto de cada tratamiento. Por ejemplo, deben usarse tensiómetros en las bolsas para estimar el agua disponible para la planta y el grado de aeración del suelo. También debe seguirse el estado hídrico de la planta (contenido relativo de agua, potencial hídrico, apertura estomática). En el caso de los tratamientos de fertilización se deberá realizar varios análisis foliares y de suelo en el período. Los tratamientos de fertilización deben diseñarse de tal manera que puedan crear

desbalances en la planta entre los elementos, principalmente nitrógeno, potasio y otros cationes como calcio y magnesio.

Se encontraron diferencias en la incidencia entre tratamientos y repeticiones aún antes de que algunos tratamientos fueran iniciados (ej. poda de hojas). Esto indica que existen otros factores que determinan la incidencia y que no fueron controlados en este experimento. Los picos de máxima incidencia se "adelantaron" en algunos tratamientos, particularmente en las plantas con drenaje deficiente. En el tratamiento de exceso de fertilizante nitrogenado, la aparición de los síntomas se retrasó considerablemente.

En el caso del drenaje deficiente, un mayor número de palmas (que eran genéticamente susceptibles), mostraron los síntomas en una etapa muy temprana, tan pronto como entraron en contacto con el factor disparador de la susceptibilidad, que este caso fue la aeración deficiente del suelo. En el caso de la adición de un exceso de N, la situación fue diferente, y los síntomas no se generalizaron en las parcelas sino hasta después de varias aplicaciones de este elemento, lo cual indujo pasado algún tiempo, la fase de susceptibilidad en las plantas, particularmente cuando se iniciaron las lluvias.

Estas respuestas son una clara indicación del efecto que ejercen los factores del ambiente sobre la aparición y desarrollo del trastorno de la PCF/AF. No todos los factores involucrados han sido identificados. Un paso importante para lograr el entendimiento y manejo de estos problemas de pudriciones en el cogollo de la palma aceitera, incluyendo la PC, es la identificación de tales factores, y la cuantificación de su efecto individual y colectivo.

Literatura citada

- BLAAK, G. 1970. Epistasis for Crown Disease in the oil palm. *J. Euphytica* 19:22--24.
- BREURE, C.J.; SOEBAGJO, F.X. 1991. Factors associated with occurrence of Crown Disease in oil palm and its effects on growth and yield. *Euphytica* 54: 55--64.
- CHINCHILLA, C. Ml. 1987a. Algunos comentarios sobre el complejo "pudrición de la flecha/arqueo foliar" en plantaciones jóvenes de palma aceitera. *Boletín Técnico, United Fruit Co., Costa Rica.* 1: 11--15.
- CORLEY, R.H.V.; BREURE, C.J. 1981. Measurement of oil palm experiments. (Internal Report). London. Unilever Plantation Group. 35p.
- De BERCHOUX, C.; GASCON, J.P. 1963. L'arcure défoliée du palmier a huile: éléments pour le obtention de lignées résistantes. *Oléagineux* 18(11): 713--715.
- DUFF, A. 1962. Bud rot disease of the oil palm. *Nature.* 195: 918--919.
- DUFF, A. 1963. The bud rot/little leaf disease of the oil palm. *J of the West Afr. Inst. for 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.
- GRAHAM, R.D. 1983. Effect of nutrient stress on susceptibility of plants to disease, with particular reference to trace elements. *Advances in Bot. Res.* 10: 221--276.
- KOVACHICH, W.G. 1957. Some diseases of the oil palm in the Belgian Congo. *J. of the W. Afr. Inst. Oil Palm Res.,* 2(7): 221--229.

- MANION, P.D.; LACHANCE, D. (Eds.) 1992. Forest Decline Concepts. APS Press. Minnesota. 249p.
- MONGE, J.E.; VASQUEZ, N.; CHINCHILLA, C.MI. 1994. Common Spear Rot / Crown Disease in oil palm: anatomy of the affected tissue. *Elaeis, Malaysia*. 6(2): 102--108.
- MONGE, J.E.; CHINCHILLA, C.MI.; WANG, A. 1993. Studies on the etiology of the Crown Disease/Spear Rot Syndrome in oil palm. *ASD Oil Palm Papers, Costa Rica*. 7: 1--16.
- MONGE, J.E.; CHINCHILLA, C.MI.; CASTRILLO, G. 1992. Efecto del estrés sobre la susceptibilidad de la palma aceitera a la pudrición común de la flecha en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* . 16(2): 243--248.
- SOH, K.G. 1969. Progeny differences in susceptibility of oil palm to Crown Disease. *The Malaysian Agric. J.* 47(2): 207--210.
- STERLING, F.; ALVARADO, A. 1996. Crown Disease/Common Spear Rot in oil palm: genetic differences and effects on initial yield. *ASD Oil Palm Papers*, 12: 18-32.
- TURNER, P.D. 1981. Oil palm diseases and disorders. Kuala Lumpur. The Incorporated Society of Planters. 280p.
- TURNER, P.D.; GILLBANKS, R.A. 1974. Oil palm cultivation and management. Kuala Lumpur. The Incorporated Society of Planters, pp 452- 462.