

Notas del Director

Durante sus 15 años de labores, Cenipalma y las plantaciones han investigado para el desarrollo de tecnología en el manejo de la Pudrición del Cogollo. Un resultado importante de estos trabajos ha sido la comprensión de que el énfasis se debe dirigir al mejoramiento de prácticas agronómicas más que al uso de pesticidas químicos.

Otro aspecto importante es entender que difícilmente se puede evitar que la PC se presente, pero estas prácticas de buen manejo agronómico han reducido drásticamente las pérdidas ocasionadas por la enfermedad y como beneficios adicionales han mejorado la productividad y por lo tanto la rentabilidad del cultivo en las plantaciones que las han implementado de manera integral.

Sin embargo, uno de los mayores obstáculos para la transferencia de tecnología y su subsecuente adopción ha sido la dificultad para medir la bondad de los manejos aplicados. Al ser tantas las variables que afectan el desarrollo de la enfermedad (condiciones físicas y químicas del suelo, factores climáticos, prácticas culturales, etc.) se requiere de una herramienta que permita evaluar de una manera objetiva la tecnología recomendada.

Cenipalma ha encontrado en el análisis epidemiológico dicha herramienta. Éste permite describir por medio de diferentes modelos matemáticos la forma como progresa una enfermedad tanto en tiempo como en el espacio y a partir de allí hacer inferencias acerca de su relación con el medio.

Sin embargo, la aplicación de la epidemiología exige como insumo básico de trabajo gran cantidad y calidad de registros de información, por eso se requiere que trabajemos conjuntamente Cenipalma y las plantaciones con el fin de estandarizar formatos y técnicas censales que nos permitan capturar información útil.

En esta entrega de Ceniavances se documentan los procedimientos de un amplio análisis epidemiológico de registros aportados por Aceites Manuelita S.A. y se presentan y discuten sus resultados, en el contexto de examinar la relación entre la PC y algunas características de suelo o prácticas de manejo agronómico.

PEDRO LEÓN GÓMEZ CUERVO
Director Ejecutivo

Uso de herramientas epidemiológicas para determinar la influencia de condiciones del suelo y prácticas agronómicas sobre la incidencia y recuperación de la enfermedad Pudrición del Cogollo (PC) en la zona oriental



Esta enfermedad es particularmente importante para las plantaciones ubicadas en la Zona Oriental debido a que el porcentaje de palmas afectadas (incidencia) puede alcanzar niveles cercanos al 100%. Afortunadamente, después de una fase degenerativa, viene una etapa de recuperación en la que se normaliza la emisión de hojas y la producción de frutos.

Los resultados de las investigaciones adelantadas hasta el momento

demuestran la importancia de los factores edáficos sobre el desarrollo de la enfermedad y sugieren que el manejo de la misma es predominantemente de carácter cultural (Munévar y Acosta, 2002, Acosta et al, 1996).

Introducción

Los cultivos de palma de aceite en América del Sur presentan un cuadro complejo de pudriciones con severidades variables que afectan la emisión normal de hojas las cuales se conocen con diferentes nombres tales como pudrición de flecha (PF) (Van de Lande, 1993), amarillamiento fatal (AF) (Laranjeira *et al.*, 1998) y pudrición del cogollo (PC) (Niño, 1996). Las diferencias entre estas pudriciones no son tajantes y se propone que se trata de la misma enfermedad, en la cual la expresión de los síntomas es modulada por condiciones de clima, suelo, material genético, manejo agronómico y otros (De Franqueville, 2001; Swinburne, 1990). En las diferentes regiones palmeras de Colombia se puede observar la diversidad en sintomatologías; en la Zona Norte, el daño se restringe a la parte media de la flecha, en la Zona Occidental, la enfermedad es de carácter letal, y en la Zona Oriental, la severidad moderada del daño permite la recuperación de las palmas afectadas.

La epidemiología es una herramienta que sirve para describir y comparar el desarrollo de enfermedades en poblaciones. Dicha herramienta se empleó en este estudio, con el fin de conocer si las diferencias en el comportamiento de las epidemias de PC en diferentes lotes de una misma plantación estaban asociadas con características del suelo y cual era el efecto de las prácticas culturales aplicadas. Para lo anterior, era necesario disponer de una base de registros de la incidencia y recuperación bajo un espectro amplio de suelos y de manejos agronómicos.

Metodología

La plantación Aceites Manuelita S. A., ubicada en San Carlos de Guaroa (Meta), suministró sus registros de incidencia y recuperación de PC de

* José Elkin Ruiz Martínez. Estudiante de tesis. Universidad Nacional de Colombia. joelruma_braca@yahoo.com
Juan Pablo Tovar Molano, M. Sc., Investigador Asociado. Cenipalma. juan.tovar@cenipalma.org
Enrique Torres. Ph.D. Fitopatólogo. etorrest@mixmail.com.
Manoloín Ávila, Ing. Agr., Aceites Manuelita S. A. mavila@manuelitapalma.com

más de 15 años, en lotes con variadas condiciones y sometidos a distintos manejos. Estos registros fueron analizados epidemiológicamente con el fin de determinar dos parámetros sobre los cuales hacer inferencias.

El primer parámetro fijado fue la "tasa de progreso de la enfermedad", la cual indica la velocidad del contagio entre palmas; se supone que entre más rápido sea este contagio las condiciones ambientales son más favorables para el desarrollo de la enfermedad. Este mismo parámetro fue estimado para determinar la "tasa de progreso de la recuperación" con la cual se midió si las prácticas aplicadas ayudaron a acelerar la velocidad de recuperación de las palmas afectadas.

El segundo parámetro medido fue el "patrón de vecindad", el cual indica la agregación o aleatoriedad espacial de las palmas afectadas. La determinación de agregación (es decir que las palmas enfermas estén agrupadas) indica que el ambiente es predisponente a la enfermedad.

Adicionalmente, se calculó la "incidencia neta" y se relacionó de manera gráfica con el comportamiento de la producción.

Determinación de las tasas de progreso de la infección y la recuperación.

Se utilizó un procedimiento básico de la epidemiología botánica, consistente en el análisis de regresión de la incidencia acumulada contra el tiempo. Los datos originales son transformados según varios supuestos estadísticos, lo cual permite medir su ajuste a diversos modelos y a partir de allí, seleccionar el modelo que mejor explique la epidemia. Luego, con base en los parámetros definidos por el modelo seleccionado (intercepto y pendiente), se obtiene el estimativo de la velocidad de progreso de la enfermedad o tasa de progreso. Para comparar las epidemias en diferentes lotes se utilizó un estimativo estándar de la velocidad de progreso " ρ " (Neher y Reynolds 1997).

Para examinar la relación entre atributos de suelo o de manejo agronómico y el progreso de la PC, se conformaron grupos de lotes con características y manejos similares; así, por ejemplo, para examinar la textura del suelo se conformaron sendos grupos de lotes con suelos pesados, livianos o medianos; para estudiar el subsolado se agruparon lotes que fueron subsolados o que no lo fueron. Estas comparaciones se hicieron mediante análisis de varianza de la velocidad de progreso ρ .

Los datos de recuperación también se ajustaron a los modelos pero la poca disponibilidad de lotes con esta información impidió que las comparaciones estuvieran apoyadas por análisis de varianza y las restringió a una comparación directa de los valores de ρ .

Determinación de los patrones de vecindad

Se elaboraron mapas de todos los lotes y en ellos se ubicaron cada una de las palmas y su estado sanitario (sana, enferma, en recuperación o de alta) para diversos momentos en el tiempo. Para realizar el análisis se usó el procedimiento de las distribuciones estadísticas

Binomial y Poisson (Campbell y Madden, 1990). Con ese fin, se trazaron rombos de 16 palmas ubicados al azar sobre el mapa y se enumeraron las palmas en cada estado. Luego, se contó el número de rombos con 0, 1, 2, ..., 16 palmas enfermas.

Cada distribución estadística tiene una proporción esperada de rombos con un determinado número de palmas enfermas; la frecuencia observada se compara contra la frecuencia esperada y se aplica la prueba de bondad de ajuste de χ^2 cuadrado (χ^2). La aceptación del modelo Binomial implica un patrón regular de vecindad espacial, y la del modelo Poisson plantea un patrón aleatorio de dicha vecindad. El rechazo de los dos modelos conduce a aceptar una distribución espacial agregada de las palmas enfermas.

Correlación entre producción e incidencia neta de PC.

En la parte final de este trabajo se estimó la incidencia neta de PC y se la comparó con la producción de fruto fresco. Incidencia neta es el porcentaje real de palmas enfermas en un momento determinado, su cálculo se obtiene descontando del total de palmas enfermas aquellas que se hayan recuperado. La variable de producción se trabajó como promedios móviles semestrales.

Resultados y discusión

Después de revisar los archivos y recorrer detalladamente la plantación, se identificaron 21 lotes, de los cuales nueve tenían registros de recuperación a partir del año 2000 en intervalos semestrales. Se seleccionaron lotes sobre los cuales se aplicaron diferentes prácticas agronómicas para manejar la enfermedad y cuyos suelos presentaran características físicas o químicas contrastantes (Tabla 1).

Tabla 1. Características y manejo aplicado en los lotes de la plantación Aceites Manuelita S. A. seleccionados para comparar el comportamiento de las epidemias de PC

Lote	Características del Lote				Manejo aplicado para PC		
	Textura	Material	Set AI (%)	Mn (ppm)	Subsolado	Tusa	Lodo
20-4	Liviana	Unilever	71	9			
1-25	Liviana	Unilever	83	3			X
37-1	Liviana	Unilever	93	1,3		X	X
37-5	Liviana	Unilever	93	1,3		X	X
32-2	Liviana	Costa Rica	78	4,39		X	X
94-8	Liviana	Costa Rica	88	2,6			
32-3	Liviana	Costa Rica	91	1,2		X	
93-7	Liviana	Costa Rica	91	1,2		X	
9-5	Media	Unilever	67	15			
65-10	Media	Costa Rica	64	19,6	X		X
60-11	Media	Costa Rica	78	22,83			
81-8	Media	Costa Rica	78	22,83		X	
65-1	Media	Costa Rica	79	12,6	X		
71-9	Media	IRHO	79	12,6			
71-6	Media	IRHO	82	1,63			X
44-2	Pesada	Costa Rica	50	13			
53-7	Pesada	Costa Rica	82	3,94	X		
91-8	Pesada	IRHO	64	19,6			
88-11	Pesada	IRHO	88	2,75			X
50-5	Pesada	Papua	65	36	X		
77-2	Pesada	Papua	78	22,83			X

Comparación de las tasas de progreso de la infección.

Doce lotes se ajustaron al modelo Logístico, cinco al Gompertz y cuatro al Monomolecular; se encontró que presentaron diferencias en la velocidad (ρ) de la infección (tabla 2). En la Figura 1 se pueden observar las curvas de progreso de la incidencia acumulada característica para cada uno de estos modelos. En la epidemia típica de PC la incidencia se mantiene baja durante los primeros años, luego se observa una fase de aumento acelerado y finalmente, una estabilización cuando no hay más palmas disponibles para enfermarse. El tiempo transcurrido desde la aparición del primer caso de PC hasta la aceleración de la incidencia acumulada fue variable entre lotes por lo tanto esta fase estacionaria no se incluyó en el análisis.

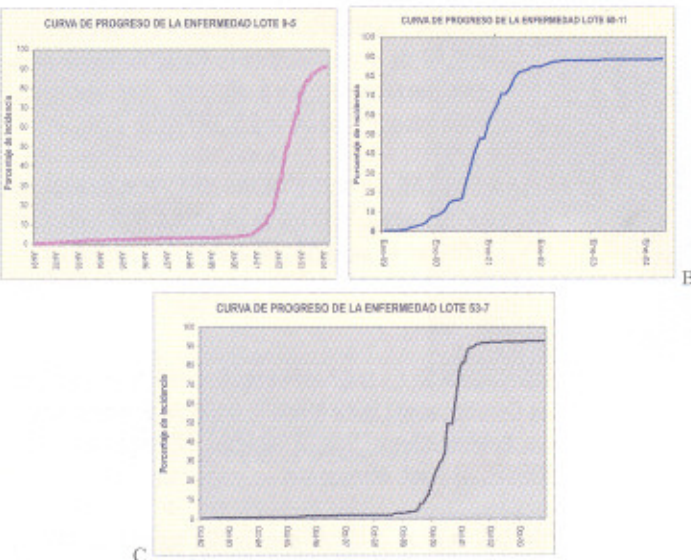


Figura 1. 1-A. Incidencia acumulada en el lote 9-5. Ajuste a modelo logístico de la epidemia, 1-B. Incidencia acumulada en el lote 60-11. Ajuste a modelo Monomolecular de la epidemia, 1-C. Incidencia acumulada en el lote 53-7. Ajuste a modelo Gompertz de la epidemia

Tabla 2. Modelos seleccionados (Logístico, Gompertz o Monomolecular) y velocidad de crecimiento de la epidemia (ρ) para los lotes analizados.

LOTE	MODELO	ρ
37-1	Log	0,112495
37-5	Log	0,118731
44-2	Log	0,122275
20-4	Log	0,130288
1-25	Log	0,134175
94-8	Log	0,134771
32-3	Log	0,136395
9-5	Log	0,139888
32-2	Log	0,148516
91-8	Log	0,150135
93-7	Lo	0,150881
88-11	Log	0,15427
50-5	Gom	0,180672
77-2	Gom	0,187774
71-9	Gom	0,193294
53-7	Gom	0,197957
81-8	Gom	0,19949
71-8	Mon	0,259381
65-1	Mon	0,317378
65-10	Mon	0,330396
60-11	Mon	0,352914

El análisis de varianza mostró diferencias únicamente en dos agrupaciones. La primera fue la textura de los suelos, donde el progreso de PC fue significativamente ($P=0.001$) más rápido en lotes con suelos medianos y pesados que en lotes con suelos livianos. Con el fin de explorar el efecto de combinaciones de factores, se conformaron grupos más pequeños con lotes que comparten la misma textura. Se encontró una tasa de progreso desigual entre los materiales Costa Rica y Unilever en suelos livianos (tabla 3).

Tabla 3. Valores medios de ρ para las comparaciones que presentaron diferencias

	ρ (p)
Textura Liviana	0,1332
Textura Media	0,256
Textura Pesada	0,1654
TEXTURA LIVIANA Unilever	0,1238
TEXTURA LIVIANA Costa Rica	0,1425

Comparación de las tasa de progreso de la recuperación.

Los datos de los nueve lotes con registros de recuperación se sometieron al mismo proceso de análisis de regresión descrito anteriormente. Predominó el modelo logístico, aunque para varios lotes los indicadores de ajuste permitirían seleccionar otros modelos. En la tabla 4 se han organizado de menor a mayor los valores de ρ calculados para estos lotes y se observa como el lote 65-1 presenta la mayor velocidad de recuperación. Éste presenta como característica particular el hecho de haber sido subsolado luego de que se presentó la epidemia de PC.

Tabla 4. Valores de la velocidad de la recuperación de PC (ρ) y características comparativas de los lotes.

Lote	ρ	CARACTERÍSTICAS
94-8	0,01785	LIVIANA
88-11	0,045025	PESADA TUSA
9-5	0,057917	MEDIA
32-2	0,09045	LIVIANA TUSA
44-2	0,115367	PESADA
91-8	0,186083	PESADA
71-9	0,145367	MEDIA
77-2	0,1656	PESADA TUSA
65-1	0,3973	MEDIA SUBSOL

Determinación de los patrones de vecindad espacial

En la tabla 5 se relaciona el grado de agregación de las palmas enfermas con las características más relevantes de cada lote. La mayoría de los lotes con suelos de textura pesada se ubican en el grupo de fuerte agregación, indicando nuevamente que esta condición favorece el desarrollo de la enfermedad.

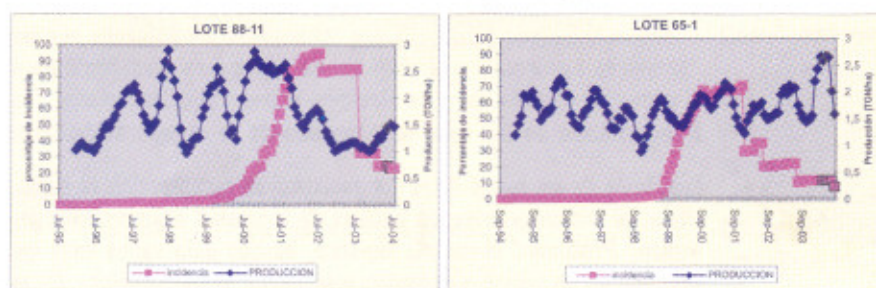
Tabla 5. Relación entre el grado de agregación de las palmas enfermas y la textura del suelo y material genético en los lotes analizados.

Lotes con Agregación Fuerte			Lotes Agregación Moderada			Lotes con agregación leve		
	Textura	Material		Textura	Material		Textura	Material
44-2	Pesada	Costa Rica	93-7	Liviana	Costa Rica			
53-7	Pesada	Costa Rica	Ene-25	Liviana	Unilever			
77-2	Pesada	Papua	32-2	Liviana	Costa Rica	37-5	Liviana	Unilever
88-11	Pesada	IRHO	37-1	Liviana	Unilever	94-8	Liviana	Costa Rica
60-11	Media	Costa Rica	65-10	Media	Costa Rica	81-8	Media	Costa Rica
65-1	Media	Costa Rica	71-9	Media	IRHO	71-8	Media	IRHO
09-May	Media	Unilever	91-8	Pesada	IRHO			
20-Abr	Liviana	Unilever	50-5	Pesada	Papua			
32-3	Liviana	Costa Rica						

Correlación entre producción e incidencia neta de PC.

La Figura 2A presenta el comportamiento de la producción en el lote 88-11 en el cual la velocidad de recuperación de la plantas fue muy lenta ($rho = 0.04$); se puede observar cómo la producción se reduce drásticamente luego de que la incidencia real alcanza niveles cercanos al 90%. Caso contrario ocurre en el lote 65-1 (figura 2B) donde la recuperación de las plantas afectadas fue muy rápida ($rho = 0.39$), la producción prácticamente no se modificó a pesar de que se estaba desarrollando la epidemia.

Figura 2. Relación entre la fluctuación de la producción en el tiempo y la incidencia neta de PC para los lotes 88-11 y 65-1.



Conclusiones

El ajuste de los datos de incidencia acumulada y recuperación a diferentes modelos confirma que hay comportamientos diferenciales de la PC atribuibles a factores del ambiente. En el presente estudio fue claro el papel que juega la textura del suelo en la velocidad de la epidemia; en suelos más pesados la enfermedad se desarrolló con mayor velocidad confirmando esta característica como factor predisponente de la enfermedad.

Los resultados del análisis también mostraron que el subsolado aceleró la recuperación. De otra parte, este mismo lote no disminuyó su producción a pesar de ser afectado por la enfermedad y haber recibido un tratamiento que algunos técnicos consideran perjudicial porque implica el daño de gran parte del sistema de raíces.

El análisis espacial mostró una marcada tendencia a formarse agregaciones tempranas de palmas con PC en lotes con suelos pesados. Estos resultados sugieren que algún atributo asociado a suelos pesados favorece el desarrollo de la enfermedad pues la agregación poblacional es un fenómeno que sugiere que el ambiente es favorable para el contagio de infecciones.

Análisis epidemiológicos como éste necesitan registros frecuentes de incidencia y recuperación, por lo que las evaluaciones a intervalos mensuales y trimestrales, respectivamente, resultan muy apropiadas.

Se requiere profundizar más en los aspectos que resultaron relevantes en este análisis inicial con el fin de validar los resultados obtenidos y acopiar más evidencias de las bondades del manejo agronómico para el control de la PC.

Bibliografía

ACOSTA, A., GÓMEZ, P. L., VARGAS, J. R. 1996. Factores físicos de los suelos y su influencia en la predisposición a la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas* 17 (1). 71 – 79.

CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. V. 1990. *Introduction to Plant Disease Epidemiology*. New York. Wiley.

DE FRANQUEVILLE, H. 2001. La pudrición del cogollo de la palma aceitera en América Latina. *Cirad – Departamento de Cultivos Perennes*. 35p.

LARANJEIRA, F. F., AMORIM, L., BERGAMIN FILHO, A., BERGER, R. D. & HAU, B. 1998 Análise espacial do Amarelecimento Fatal do dendezeiro como ferramenta para elucidar sua etiologia. *Fitopatologia Brasileira* 23:397-403.

MUNÉVAR, F., ACOSTA, A. 2002. Recomendaciones de manejo del cultivo de palma de aceite para minimizar el impacto de la Pudrición del Cogollo. *Ceniavances* 97, Boletín divulgativo de Cenipalma. 4p

NEHER, D. A., REYNOLDS, K. L., & CAMPBELL, C. L. 1997. *Analysis of Disease Progress Curves using Linear Models*. Capítulo 7 en: *Exercises in plant disease Epidemiology*. The American Phytopathological Society, APS PRESS. St Paul, Minnesota.

NIETO, L. E. 1996. Síntomas e identificación del agente causal del complejo Pudrición de Cogollo de la palma de aceite, *Elaeis guineensis* Jacq. *Palmas (Colombia)* 17 (2). 57 – 60.

SWINBURNE, T. R. 1990. Amarillamiento fatal, pudrición de cogollo y pudrición de flecha de la palma Africana. *Revista Palmas (Colombia)* 11(4). 61 – 68.

VAN DE LANDE, H. L. 1993. *Studies on the Epidemiology of Spear rot in Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.) in Suriname (PhD Thesis)*. Landbouw universiteit Wageningen.



Director: Pedro León Gómez Cuervo

Revisión de textos: Comité de Publicaciones de Cenipalma

Coordinación editorial: Oficina de Prensa

Diseño y diagramación: Briceño Gráfico

Impresión: Molher Ltda. Impresores

Esta publicación contó con el apoyo del Fondo de Fomento Palmero