

Factores físicos de los suelos y su influencia en la predisposición a la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite en Colombia

Physical soil factors and their incidence as predisposing factors of bud rot in the oil palm in Colombia

ALVARO ACOSTA GARCÍA *
PEDRO LEÓN GÓMEZ CUERVO **
JOSÉ ROBERTO VARGAS ***

RESUMEN

Se presenta un avance de los resultados de las investigaciones que está realizando Cenipalma con miras a establecer factores del suelo que pueden estar incidiendo en la predisposición de las palmas de aceite a ser afectadas por la Pudrición de Cogollo. Se estudiaron tres zonas con diferente incidencia de la enfermedad, en donde se analizaron los perfiles de suelo, la conductividad hidráulica, la compactación, las texturas, la mineralogía de las arcillas y el movimiento del agua, encontrándose relaciones altamente significativas entre algunos de los factores estudiados y la incidencia de la enfermedad en las diferentes zonas estudiadas.

SUMMARY

This article presents the preliminary results of a research program conducted by Cenipalma in order to identify soil factors that could predispose oil palm to Bud Rot. Three areas with different disease incidence levels were studied. Soil profiles, hydraulic conductivity, compaction, texture, clay mineralogy and water flows were analyzed and highly significant associations were found between some of these factors and the incidence of the disease in these areas.

Palabras claves: Palma de aceite, *Elaeis guineensis*, Enfermedades de las plantas, Suelos, Pudrición de Cogollo.

* Investigador. Cenipalma. Apartado Aéreo 252 171. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

** Director Ejecutivo. Cenipalma. Apartado Aéreo 252 171. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

*** Ing. Agrícola. Palmas De Casanare. Villanueva (Cas.), Colombia.

INTRODUCCION

La Pudrición de Cogollo (PC) es tal vez la afección más grave que ha sufrido el cultivo de la palma de aceite en toda su historia en Latinoamérica. Tanto en Colombia como en Ecuador, Brasil y Surinam, países donde se cultiva comercialmente la palma de aceite y donde se presenta actualmente el problema, en los últimos años se vienen desarrollando, por parte de las plantaciones y de los institutos nacionales e internacionales de investigación, múltiples trabajos enfocados a conocer la causa y establecer el manejo a la enfermedad, sin que hasta el momento se tenga claridad sobre el manejo del problema.

Desde 1983 y hasta 1993, las plantaciones Palmeras del Ecuador y Palmoriente, en Ecuador, bajo la orientación del IRHO y en coordinación con los laboratorios de la institución en Montpellier, en Francia, iniciaron un amplio estudio de la problemática relacionada con la PC que abarcó las áreas de entomología y fitopatología, y después de intentar reproducir la enfermedad con varios hongos y bacterias, se trabajó por varios años en la teoría de un posible patógeno de tipo virus (Renard 1991; Dollet 1991 y Perthuis 1991). Van de Lande (1991) reporta los múltiples trabajos que desde 1986 se realizaron en Surinam, los cuales incluyeron descripción sintomatológica de la enfermedad, tratamientos curativos con cirugías, aplicaciones foliares e inyecciones de fungicidas al tronco, aplicaciones mensuales de insecticidas, hasta replantaciones parciales y totales de las áreas afectadas, llegándose a concluir que ninguna de las medidas de control empleadas dio los resultados esperados, y la condición fitosanitaria del cultivo se agravó.

La situación en el Brasil no fue diferente. Slobbe y Rocha de Sousa (1991) reportan cómo durante siete años, de 1983 a 1990, se vió desaparecer las 2.000 ha de la División 1 de Denpasa a causa de la PC. Igualmente, en Brasil se realizaron múltiples trabajos como: eliminación de palmas enfermas, eliminación de cultivos de cobertura, inyección de antibióticos, cirugías y aplicación de Ridomyl, Alíete, Benlate y Formol entre otros, polinización, remoción de inflorescencias femeninas antes de anthesis, aislamientos e inoculación de hongos, absorción de monocrotofos por raíces,

resiembrando, estudios de transmisión por semilla, transmisión mecánica, transmisión con insectos y estudios de DNA y RNA para la detección de posibles viroides. A pesar de todos los trabajos realizados, ninguno de ellos permitió establecer medidas de manejo agronómico seguras para la plantación.

En Colombia, la situación no ha sido muy diferente. En 1964, la afección aparece por primera vez en la plantación La Arenosa de COLDESA en Turbo (Ant.), afectando palmas de dos años de edad (Turner 1981). En 1968 comienza a reportarse muerte en un número aceleradamente progresivo y en 1969, casi 36.000 palmas habían sido afectadas. Para 1972, el acumulado de palmas muertas fue de 184.648. Desde

1964 hasta 1975 se realizaron diferentes actividades tendientes a dar con la causa y con un manejo adecuado del problema (De Rojas Peña y Ruiz 1975).

Más tarde, en 1988, la afección aparece en los Llanos Orientales y en la Zona Norte colombiana (Acosta 1991; Gómez y Nieto 1991), generando pérdidas importantes en la plantación La Cabaña, donde en 1991 se iniciaron los trabajos de investigación por parte de Cenipalma, los cuales incluyeron: Determinación de la naturaleza patogénica, caracterización de la enfermedad, identificación de agentes causales y posibles vectores, factores abióticos predisponentes, posible sinergia entre agentes causales asociados, control y selección de materiales resistentes (Gómez y Nieto 1991).

Durante los años siguientes se logró establecer la relación entre la Pudrición de Flecha y la PC, y la capacidad patogénica que *tiene Fusarium solani* (Mart.) App. et Wr. en los tejidos de palma de aceite (Gómez 1995).

DISTRIBUCION DE LA ENFERMEDAD EN COLOMBIA

La PC continúa siendo el problema más grave de las plantaciones de palma de aceite tanto en Colombia como en los demás países que cultivan palma de aceite en Sur América. En Colombia, y en especial en la Zona Oriental donde se encuentra la mayor área sembrada en palma en el país, llegando a 45.000 ha, la PC se ha desarrollado con mayor fuerza en 25.000 ha ubicadas

*La PC continúa
siendo el
problema más
grave de las
plantaciones de
palma de aceite
tanto en
Colombia
como en Sur
América.*

en los departamentos de Meta y Casanare, afectando, para mediados de 1995, un total aproximado de 300.000 palmas, y continúa aumentando.

La Zona Oriental en Colombia (Fig. 1) cuenta con cuatro regiones donde se han establecido las plantaciones de palma. La región de San Martín, Granada y Fuente de Oro, que cuenta con alrededor de 3.256 ha ubicadas en terrazas bien drenadas, suelos arenosos y sin riego. En esta región sólo se presentan casos muy esporádicos de PC. Una segunda región está ubicada entre los ríos Acacias y Guayuriba, donde las plantaciones se encuentran distribuidas tanto en terrazas como en suelos de vegón y vega. Aquí aparecen dos subregiones bien diferenciadas: la primera constituida por las plantaciones ubicadas al sur del río Acacias, donde los suelos son arenosos y las posibilidades de riego son bastante escasas, y las plantaciones al norte del río Acacias ubicadas en las vegas de los ríos Chichimene y Guayuriba con 10.783 ha, donde aparecen suelos orgánicos con mayores contenidos de limos y arcillas. Estas plantaciones si cuentan con riego durante el verano. Aquí, la PC apareció en el año 1990, pero su evolución ha sido bastante lenta, llegando a afectar alrededor de unas 2.000 palmas al año, con una incidencia sostenida desde 1992 hasta 1995.

Una tercera región la constituyen las plantaciones ubicadas en las vegas de los ríos Guacaviay Humea, con 4.349 ha sembradas. En ella se presentan suelos pesados con contenidos de arcillas entre el 18 y el 32%, con muy buenas posibilidades de riego. En esta región, la incidencia de la PC ha llegado a afectar alrededor de unas 9.000 palmas al mes. Una cuarta región es la ubicada en las vegas del río Upía, con suelos con contenidos de arcilla que oscilan entre un 20 y un 60%, donde la gran mayoría de las tierras están entre pobremente y muy pobremente drenadas. En esta región que cuenta con 10.205 ha sembradas, la enfermedad apareció en 1988 con una incidencia que ha venido aumentando año tras año, llegando a afectar, a mediados de 1995, alrededor de 35.000 palmas mensuales.

Este aumento progresivo de la enfermedad ha obligado a las plantaciones a destinar grandes sumas de dinero para el manejo del problema, llegando a tener implicaciones económicas del orden de seis millardos de pesos (US \$6'000.000) en 1995, sin que hasta ahora se tengan medidas de manejo que garanticen un freno al desarrollo de la enfermedad.

SUELO Y CLIMA

Desde 1975, cuando se desarrollaron los primeros trabajos en la plantación La Arenosa, se hace referencia a la gran deficiencia de drenajes que mostraron los lotes donde se desarrolló la enfermedad en esa época. Varios investigadores citados por De Rojas Peña y Ruiz (1975) aducen como posibles causas de predisposición entre otras: mal drenaje, compactación del suelo y deficiencias de molibdeno, cobre y zinc. Los mismos autores concluyen que la enfermedad puede estar siendo causada por la acumulación de nitritos, debido a la falta de oxígeno en los suelos pesados y mal drenados, característicos de la plantación. Otros investigadores, citados por Slobbe y Rocha de Sousa (1991), mencionan como causas primarias factores climatológicos y condiciones de suelos pesados.

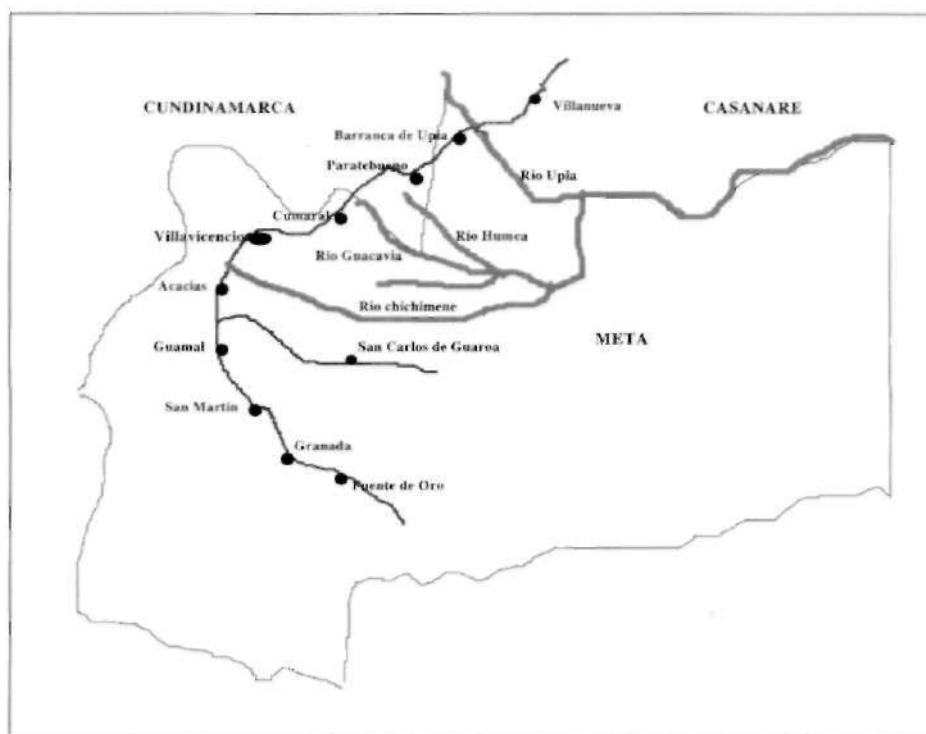


Figura 1. Zona Oriental de Colombia con plantaciones de palma de aceite.

METODOLOGIA

Acosta (1991) comenta la notoria disminución de casos de PC durante la época de verano, lo cual permite pensar en una eventual relación entre la humedad y la enfermedad. Gómez (1995) reporta para la Zona de Tumaco, en Nariño (Colombia), que «el Complejo Pudrición de Cogollo presenta la mayor incidencia en la zona de 'guandal', donde los suelos tienen una baja capacidad de drenaje».

Acosta (1995), para la Zona de los Llanos Orientales, reporta cómo en las regiones donde se ha presentado un mayor desarrollo de la enfermedad, Cumaral y el río Upía, se viene presentando en los últimos años una disminución progresiva del brillo solar que coincide con los incrementos en la incidencia del problema. Estas disminuciones en luminosidad afectan no sólo la actividad fotosintética de las palmas sino también la tasa de evaporación de agua en los suelos, lo que ayuda a mantener altos niveles de humedad por mayor tiempo y ocasiona los problemas comunes de los suelos encharcados, como cambios en el pH, disminución del potencial redox y aumento en la conductividad eléctrica. Estas alteraciones generan necesariamente alteraciones en la dinámica normal de iones como manganeso, hierro, fósforo y sílice que eventualmente podrían estar generando la predisposición. Igualmente, en condiciones de saturación por humedad, la disponibilidad de oxígeno baja a cero en pocas horas y altera la dinámica de algunos elementos como el nitrógeno y también la dinámica de los microorganismos del suelo que requieren de oxígeno (León y Arregoces), que podrían estar contrarrestando la acción de los patógenos.

La falta de oxígeno en el suelo tiene otros efectos sobre los procesos fisiológicos de las plantas como respiración, fotosíntesis, translocación de reguladores de crecimiento y distribución de carbohidratos (Pesehski 1995). Cualquiera de los efectos que puedan producir la desoxigenación de los suelos, podría estar relacionado con la predisposición de las plantas a ser afectadas por la PC.

Antes de estudiar en detalle los muchos factores mencionados, se considera necesario verificar si realmente los suelos de las zonas afectadas por la enfermedad presentan características físicas que permitan el desarrollo de las condiciones de desoxigenación mencionadas y observadas por varios investigadores. El artículo presenta los resultados de los perfiles de suelo, compactación y conductividad hidráulica en lotes donde se presenta la enfermedad.

Dentro de los factores que se vienen estudiando están: el perfil del suelo (la profundidad del horizonte A), el tipo de suelo, los contenidos proporcionales de cada uno de los materiales (arenas, limos y arcillas), la conductividad hidráulica, la compactación y los análisis de mineralogía de las arcillas paracada zona, analizados en los focos de PC y fuera de ellos.

El trabajo se desarrolló en cinco plantaciones cuyas características se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Ubicación, altura, precipitación y horas-sol de las plantaciones estudiadas.

Municipio	Plantación	Altura m.s.n.m.	Precipitación mm	Horas- sol/año
San Carlos de Guaroa (Meta)	Manuelita	360	2.479	1.718
San Carlos de Guaroa (Meta)	Manavire	360	2.479	1.718
Cumaral (Meta)	Unipalma	330	3.349	1.482
Villanueva (Cas.)	Palmas de Casanare	320	2.668	1.695
Tumaco (Nar.)	Astorga	60	3.353	1.076

Inicialmente se establecieron los planos de los lotes a estudiar en cada una de las plantaciones; luego se determinó la posición y el tamaño de los focos de la enfermedad, teniendo en cuenta la distribución de las palmas enfermas. Con base en ello se definieron tres zonas de muestreo según la incidencia de la enfermedad, así:

- Foco : más de tres palmas enfermas seguidas
- Corredor : de una a máximo dos palmas enfermas seguidas
- Afuera : sin palmas enfermas

En cada una de las zonas definidas se tomaron, cada ocho líneas y cada ocho palmas, los siguientes datos: descripción de los perfiles, las texturas se analizaron mediante el método de Bouyucos, los análisis de mineralogía de las arcillas se realizaron mediante la técnica de difracción por rayos X con precalentamiento de la muestra y sin él, y con adición de K y Mg para verificar la presencia de las cloritas expansibles; la compactación se tomó con un penetrómetro de anillo de "Soil Test", el cual da mediciones en índice de cono con unidades de kilogramos-fuerza; los contenidos de humedad se establecieron mediante medición gravimétrica y la conductividad hidráulica se midió en

metros cúbicos mediante el sistema de recuperación de nivel en pozo.

Para el análisis estadístico se utilizaron pruebas de "t" para muestras pareadas y no pareadas, con lo cual se estableció la significancia de las diferencias encontradas en los lugares estudiados.

uno de ellos el número de palmas afectadas por PC, se obtuvo la distribución que se presenta en las Figuras 4, 5, 6 y 7, las cuales muestran el número de palmas con PC/parcela, localizadas en suelos cuyo perfil presenta arcilla a más de 40 cm de profundidad, en comparación con parcelas de perfil con arcillas a menos de 40 cm de profundidad.

RESULTADOS

Perfiles de suelo

En las Figuras 2 y 3 se muestra la distribución de los perfiles del suelo en las cuatro subregiones estudiadas, y la distribución de los focos de PC.

Como se puede ver, en la zona de San Carlos de Guaroa la distribución de las arcillas muestra unas "olas" de longitud de onda relativamente corta, apareciendo los focos de PC en el sitio correspondiente a la cresta de la "ola" definiendo un corredor de distribución de la enfermedad, mientras que en la zona de Cumaral, estas olas son mucho más amplias y de hecho la distribución de los focos es igualmente amplia.

En la zona del Upía, la "ola" se extiende mucho más, constituyendo un gran manto de arcilla.

En la zona de Tumaco, los focos de PC se ubican preferencialmente en la zona de «guandales» y dentro de estos especialmente donde existen afloramientos de arcillas, las cuales aparecen a muy pocos centímetros de la superficie del suelo.

Al analizar la profundidad de las capas de arcillas y organizar las parcelas según la presencia o no de arcillas a menos de 40 cm de profundidad en cada uno de los lotes estudiados y contar en cada

Al hacer la prueba de "t" para comparar el número de casos de PC de las parcelas con arcillas superficiales contra el número de casos de PC presentes en las

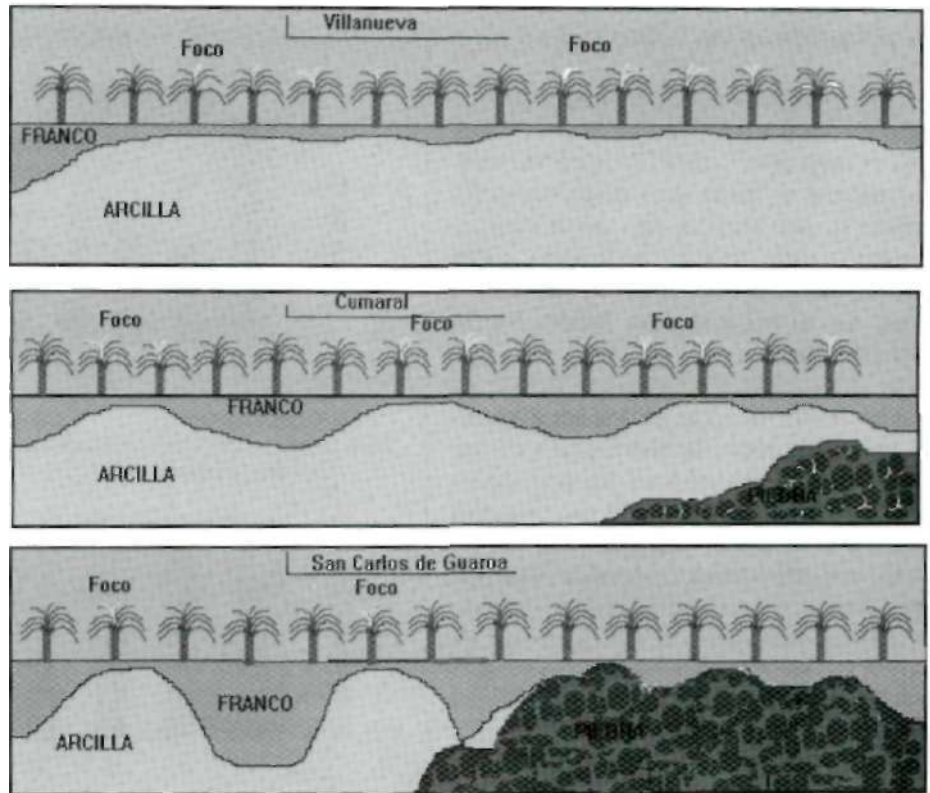


Figura 2. Perfiles de suelo y distribución de focos de PC en los Llanos Orientales.

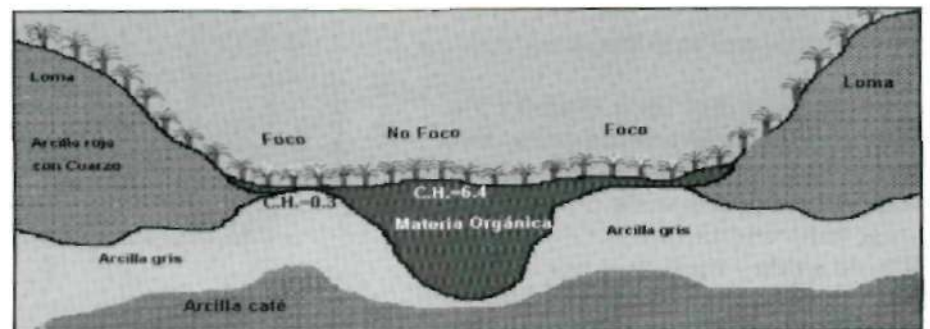


Figura 3. Perfil de suelo y distribución de focos de PC en la zona de Tumaco estudiada.

parcelas sin arcillas o presentes a más de 40 cm de profundidad, dieron diferencias altamente significativas en los tres casos estudiados.

Texturas

Con el fin de cuantificar los materiales establecidos en la descripción de los perfiles se realizaron análisis de texturas por el método de Bouyucos a diferentes profundidades. Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 2, 3 y 4.

En todos los análisis realizados se observa que a medida que las muestras se acercan al foco de PC, los contenidos de arenas y limos van disminuyendo, mientras las arcillas van en aumento, estableciendo una tendencia de suelo hacia partículas más pequeñas a medida que se acerca a los focos de la enfermedad.

Teniendo en cuenta las tendencias observadas sobre la distribución de las arcillas, se tomó el contenido de arcilla en el foco y afuera de él a una profundidad entre 0 y 40 cm en las plantaciones de Manavire, Manuelita, Chaparral y Palmas de Casanare y se realizó una prueba de "t" para comparar los contenidos de arcilla en los focos y afuera de ellos. El resultado del análisis estadístico se muestra en la Tabla 5.

Los análisis realizados muestran cómo para tres de las plantaciones analizadas, Manuelita, Manavire y Chaparral, los contenidos de arcillas en los focos de PC son significativamente mayores a los contenidos de arcillas afuera de los focos.

En la zona del Upía (Palmas de Casanare), los contenidos de arcillas son altos tanto dentro del foco como afuera de él, encontrándose toda el área en la que se tomaron muestras por encima del 34 % de arcilla y situándose por encima de los contenidos de arcilla encontrados en los focos estudiados en las zonas de Cumaral y San Carlos de Guaroa .

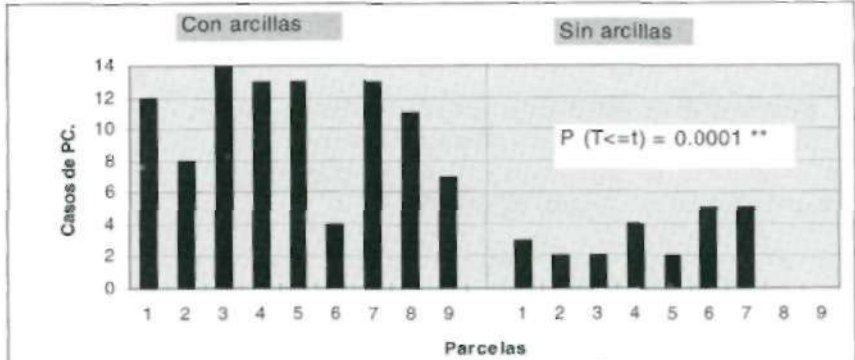


Figura 4: Casos de PC en parcelas con arcillas a menos de 40 cm, y sin ellas. Unipalma S.A. Lote 6D. Cumaral (Meta).

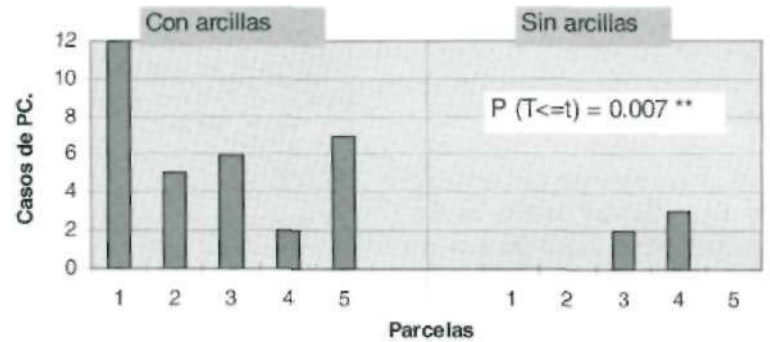


Figura 5: Casos de PC en parcelas con arcillas a menos de 40 cm, y sin ellas. Astorga S.A., Lote 16Tumaco (Nar.).

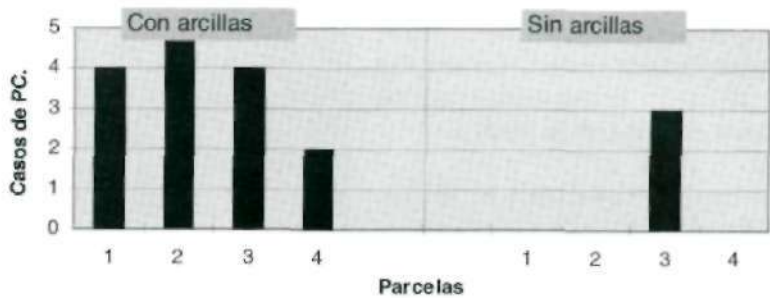


Figura 6: Casos de PC en parcelas con arcillas a menos de 40 cm, y sin ellas. Manuelita S.A. Lote 39-11. San Carlos de Guaroa (Meta).

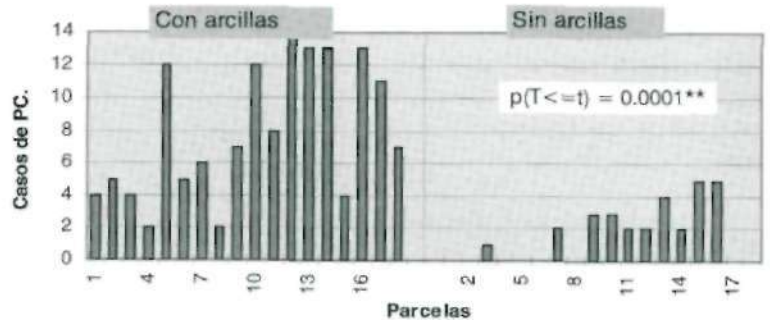


Figura 7: Casos de PC en parcelas con arcillas a menos de 40 cm, y sin ellas. Unipalma, Astorga, Manuelita.

Tabla 2. Porcentajes de arena, limo y arcilla a tres profundidades en el eje del foco, en el corredor y afuera del foco. Plantación Manuelita S.A. - San Carlos de Guaroa (Meta) (Valores promedio de 21 muestras y 63 análisis).

	Afuera			Corredor			Eje		
	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60
Arena	59	56	51	61	54	51	52	44	42
Limo	23	22	27	22	23	26	27	29	29
Arcilla	18	22	22	16	22	23	21	27	29

Tabla 3. Porcentajes de arena, limo y arcilla a tres profundidades en el eje del foco, en el corredor y afuera del foco. Plantación Manavire - San Carlos de Guaroa (Meta) (Valores promedio de 56 muestras y 168 análisis).

	Afuera			Corredor			Eje		
	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60
Arena	42	46	48	49	60	59	46	41	41
Limo	36	27	26	29	17	18	29	32	28
Arcilla	22	27	26	22	23	23	25	27	31

Tabla 4. Porcentajes de arena, limo y arcilla a tres profundidades en el eje del foco, en el corredor y afuera del foco. Plantación Unipalma (Chaparral) - Cumaral (Meta) (Valores promedio de 45 muestras y 135 análisis).

	Afuera			Corredor			Eje		
	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60	0 a 20	20 a 40	40 a 60
Arena	58	49	56	41	39	39	39	39	38
Limo	23	23	29	32	32	29	38	30	29
Arcilla	19	28	15	27	29	32	23	31	33

El análisis mineralógico de las arcillas encontradas en los focos de PC de los de los Llanos Orientales y Tumaco indica la presencia de arcillas del tipo de las cloritas expansibles, caracterizadas por introducir agua en los espacios interlaminares y que generan un incremento en el tamaño de las partículas de arcilla y desalojan el aire del suelo. La presencia de este tipo de arcillas le otorga al suelo una mayor plasticidad, una mayor capacidad de retención de agua, una mayor conductividad eléctrica y una menor conductividad

Tabla 5. Prueba de "t" para contenidos de arcilla de 0 a 40 cm de profundidad en suelos de foco de PC y afuera del foco. Resultados de cuatro plantaciones

Plantación	Observaciones	En foco		Fuera de foco		P (T<=t)
		\bar{X}	C.V.	\bar{X}	C.V.	
Manavire	10	34	20	22	28	0,0004**
Manuelita	10	24	24	19	17	0,039**
Chaparral	10	30	24	17	40	0,003**
Palmas de Casanare	12	35	28	34	21	0,42

** altamente significativo

hidráulica (Rojas 1995); a diferencia de los sitios donde se tomaron muestras fuera de los focos, donde las arcillas predominantes son del tipo de las caolinitas típicas de los oxisoles bien drenados.

Compactación

Las lecturas de compactación se realizaron en los focos de PC y afuera de ellos, en las plantaciones Palmas de Casanare, Manuelita, Manavire y Unipalma. El muestreo se realizó buscando establecer diferencias en compactación y comparando lotes focos de PC y lotes no foco de PC. En cada lote se tomó un total de 10 lecturas. La Tabla 6 resume los resultados obtenidos.

En las plantaciones donde se tomaron muestras en San Carlos de Guaroa, Manuelita y Manavire, y para Unipalma en Cumaral, se presenta una mayor compactación, altamente significativa, en las zonas

con foco de PC, comparativamente con las zonas donde no hay foco.

Para la zona del Upía, Palmas de Casanare, aunque se presenta una diferencia en el índice de cono de 107 kilos a 52 kilos, el análisis estadístico es significativo sólo para un alfa del 10% entre foco y no foco. Esta situación se debe a la alta variación entre los datos obtenidos, tanto para el foco como para afuera del foco.

Esta situación se debe a que los suelos compactables constituidos por partículas finas (arcillas), en la zona de San Carlos de Guaroa y en la zona de Cumaral, se presenta en forma de olas, y en el Upía está constituido por un manto, como se estableció en los análisis de textura y en la descripción de los perfiles analizados.

Los resultados sobre compactación concuerdan con los análisis de textura y perfiles, donde se mostró que hay una

Tabla 6. Compactación en cuatro plantaciones en foco y no foco, medidas en unidades de kilogramo-Fuerza.

Plantación	Foco	C.V.	No foco	C.V.	P (T<=t)
Palmas de Casanare	107	55	52	76	0,08
Unipalma	100	19	71	14	0,002 **
Unipalma	85	26	48	45	0,001 **
Manavire	111	23	98	14	0,0001 **
Manuelita	84	10	60	8	0,0001 **

**altamente significativo

relación entre los altos contenidos de arcillas en las capas superficiales del suelo y la presencia de PC.

La presencia de arcillas hace que el frente húmedo, generado ya sea por el nivel freático o por el efecto de las lluvias, se mantenga por mucho más tiempo que en los suelos arenosos o con menor contenido de partículas finas; situación que se agrava con el laboreo habitual de las plantaciones (cosecha, poda, fertilización, etc.).

Las diferencias encontradas entre la zona de San Carlos de Guaroa y el Upía en la distribución de las capas de arcillas, la compactación y la conductividad hidráulica, explicarían el mayor potencial de desarrollo de focos de la enfermedad en el Upía.

En uno de los lotes de la plantación Palmas de Casanare, donde se realizó el presente trabajo, se hizo un muestreo para establecer los contenidos de humedad a diferentes profundidades después de un aguacero de 50 mm. Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Contenidos de humedad del suelo, en porcentaje, en el foco, el corredor y afuera del foco, tres días después de un aguacero de 50 mm.

Profundidad	% de Humedad Gravimétrica		
	Foco	Corredor	Afuera
0 a 20 cm	20	20	34
20 a 40 cm	24	26	34
40 a 60 cm	30	28	27

% de Humedad Gravimétrica.

Como se puede observar en las muestras tomadas fuera del foco, el frente húmedo penetró hasta los 40 cm con una humedad del 34%, siendo mayor que la observada en la muestra tomada de 40 a 60 cm., la cual sólo mostró una humedad del 27%, indicando que en un suelo donde no hay PC, después de un aguacero de las características mencionadas, el frente húmedo

generado por la lluvia al tercer día había penetrado hasta 40 cm. Esta sería entonces una distribución normal de la humedad.

En el eje del foco, así como en el corredor, después de haber recibido la misma cantidad de lluvia, el frente no penetró los primeros estratos del suelo, teniendo un 14% menos de humedad que las muestras tomadas a la misma profundidad afuera del foco. Lo anterior demuestra que la velocidad de infiltración en los focos de PC es substancialmente menor que en los sitios donde no se presenta la enfermedad.

Igualmente se observa que la humedad encontrada en el foco entre 40 y 60 cm de profundidad es mayor que la encontrada a la misma profundidad en el corredor y afuera. Esto indica que en los focos de PC el movimiento vertical del agua, tanto para entrar al suelo como para evacuarlo, es mucho más lento que afuera de estos, lo cual ocasiona una mayor permanencia del frente húmedo en estas zonas, estableciéndose un manto colgante de agua que incluso puede no estar relacionado con el nivel freático.

Conductividad hidráulica

La conductividad hidráulica se midió en dos plantaciones de la zona de Tumaco: Astorga y Santa Helena; una en San Carlos de Guaroa: Manuelita, y una en el Bajo Upía: Palmas de Casanare. La Tabla 8 muestra los resultados obtenidos. En su interpretación se debe tener en cuenta que la escala de mediciones varía según el grado de saturación de los suelos analizados, y por ello el valor representativo es la diferencia relativa entre las mediciones realizadas dentro del foco y fuera de él para cada una de las series.

Los resultados indican que las diferencias en conductividad hidráulica en cada uno de los lugares

Tabla 8. Conductividad hidráulica por recuperación de nivel en pozo medida en el foco y afuera de él en las plantaciones de Astorga y Santa Helena en la zona de Tumaco, Palmas de Casanare en la zona del Upía y Manuelita en la zona de San Carlos de Guaroa.

	Foco	Fuera		P (T<=) =
Astorga	1,03	6,32	mt ³ /día	0,0047 **
Santa Helena	0,13	1,38	mt ³ /día	0,0034 **
Casanare	0,84	2,27	mt ³ /día	0,0084 **
Manuelita	0,34	3,40	mt ³ /día	0,007 **

** Altamente significativo

estudiados son significativas, lo cual implica que en los focos de Pudrición de Cogollo el movimiento del agua dentro del suelo es más lento, haciendo que en ellos la renovación de oxígeno y eliminación de posibles metabolitos tóxicos sea menor que afuera de los focos.

La baja conductividad hidráulica encontrada en los focos de PC obedece, en gran parte, a la textura arcillosa de los suelos; ello también explica el por qué los contenidos de humedad en los focos son mayores y permanecen altos por más tiempo, como lo demuestra el análisis de humedad gravimétrica realizado.

La alta compactación induce también a una baja conductividad hidráulica, ya que debido a ella, los espacios libres del suelo por donde debería transitar el agua se han reducido.

CONCLUSIONES

Existen diferencias significativas entre los perfiles del suelo, en los contenidos de arcillas superficiales y en la compactación en los focos de PC y afuera de ellos.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, A. 1991. Pudrición de cogollo en palma de aceite: Observaciones y manejo. Palmas (Colombia) v.12 no.2, p.49-54.
- _____. 1995. Proyecto Pudrición de Cogollo. Manejo integrado de suelos. Informe Anual CENIPALMA. 79p.
- _____. 1995. Implicaciones económicas de la Pudrición del Cogollo en las plantaciones de Palma Aceitera en la zona de los Llanos Orientales. Informe CENIPALMA. 19p.
- DE ROJAS PEÑA, E.; RUIZ E. 1975. Factores predisponentes a la Pudrición de Cogollo en la palma africana (*Elaeis guineensis*) en Turbo. Colombia. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- DOLLET, M. 1991. Etiología de la Pudrición de Cogollo. Investigaciones virológicas conducidas por el IRHO. Palmas (Colombia) v.12 no.2, p.33-37.
- GÓMEZ, P.L.; NIETO, L. E. 1991. Estado actual de la investigación sobre el Complejo Pudrición de Cogollo de la palma de aceite en Colombia. Palmas (Colombia) v.12 no.2, p.57-67.
- _____. 1995 Estado actual de la investigación sobre Pudrición de Cogollo. Palmas (Colombia) v.16 no.1, p.9-23.
- LEÓN Y ARREGOCES. Química de los suelos inundados, p.287-304.

- En los focos de PC se presenta un manto húmedo suspendido en la capa de arcillas que mantiene húmeda la zona radicular por mayor tiempo.
- Los factores analizados indican que en los focos de la enfermedad se presenta toda una serie de factores físicos que induce una hidratación sostenida del suelo que está impidiendo la correcta metabolización de los elementos, constituyéndose en un factor de predisposición para el desarrollo de la enfermedad.
- Como una medida de manejo al problema de la PC, es indispensable la realización de prácticas agronómicas que permitan la oxigenación de los suelos con altos contenidos de arcilla, compactados y con baja conductividad hidráulica, característicos de las zonas afectadas .

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los directivos y técnicos de las Palmas de Casanare, Unipalma S.A., Palmar de Manavire, Manuelita S.A., Astorga y Santa Helena por su apoyo y activa colaboración en la realización del presente trabajo.

- PERTHUIS, B. 1991. Búsqueda de la etiología de la Pudrición de Cogollo en el Ecuador Oriental. Palmas (Colombia) v.12 no.2, p.25-30.
- PEZESHKI S.R. 1995. Plant Response to Flooding. Plant Environment Interactions. University of Georgia, p.289-320.
- RENARD, J.L 1991 . Pudrición de Cogollo en el Ecuador. Aspectos generales. Fitopatología. Palmeras del Ecuador, Shushufundi (Ecuador). Palmas (Colombia) v. 12 no.2, p.31.
- ROJAS, A. 1995. Criterios en la interpretación del análisis mineralógico de arcillas. En. Fundamentos para la interpretación de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo. Santafé de Bogotá, p.47-66.
- SLOBBE, W.G. van; ROCHA DE SOUSA. 1991. Amarillamiento fatal o Pudrición de Cogollo en Denpasa- Brasil. Palmas (Colombia) v.12 no.2. p.17-23.
- TURNER, P.D. 1981 .Oil palm Diseases and Disorders. Oxford University Press, Kuala Lumpur. 280p.
- VAN DE LANDE. H.L 1991. Pudrición de Cogollo en Palma Aceitera en Surinam. Investigaciones desde 1986 hasta 1990. Palmas (Colombia) v.12 no.2, p.11-13.