

# Factores edaficos asociados con la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite en Colombia

## Soil Factors Associated with the Bud Rot Disease of Oil Palm in Colombia

Fernando Munévar M.<sup>1</sup>; Alvaro Acosta G.<sup>2</sup>; Pedro León Gómez C.<sup>3</sup>

### RESUMEN

Investigaciones realizadas por Cenipalma desde 1995 han permitido establecer la relación entre algunos factores físicos del suelo y la incidencia de la enfermedad Pudrición de Cogollo (PC) de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). Suelos compactados, mal drenaje, lenta conductividad hidráulica saturada en el suelo y altas concentraciones de arcilla en los horizontes superficiales del perfil han sido las condiciones mejor relacionadas con focos de la enfermedad. Más recientemente se han encontrado focos de PC en zonas con condiciones físicas del suelo que se consideran no limitantes, razón por la cual se está investigando acerca de la posible influencia de las características químicas del suelo, incluyendo la disponibilidad de nutrientes en el mismo, y la concentración foliar de nutrientes sobre la ocurrencia y desarrollo de la enfermedad. En un experimento exploratorio se encontraron diferencias significativas, a nivel de la hoja 9, en la concentración foliar de nutrientes al comparar palmas sanas con palmas enfermas de PC. De igual manera, se encontraron diferencias significativas en la concentración de nutrientes en el suelo al hacer la misma comparación. En las hojas, los elementos en los cuales se han encontrado dichas diferencias son P, K, Ca, Mg y Cu, así como en las relaciones Ca/B, N/K, Ca/K y N/P. En cuanto al suelo, las principales diferencias se han presentado en pH, CIC, S, B, Fe, Cu y saturación de Ca. Los resultados acumulados hasta ahora han permitido proponer un modelo hipotético, según el cual, las condiciones físicas, químicas y nutricionales limitantes que se presentan en los suelos actúan modificando la relación planta-patógeno en favor del desarrollo de la enfermedad, y por dicha razón pueden considerarse como factores predisponentes para la Pudrición de Cogollo. Como consecuencia de la investigación adelantada se han identificado prácticas de manejo físico del suelo y de la nutrición del cultivo potencialmente útiles como parte del manejo integrado de la Pudrición del Cogollo a nivel comercial en las plantaciones.

### SUMMARY

Research conducted by Cenipalma since 1995 has allowed to establish the existence of a relationship between some soil physical characteristics and the incidence of the bud rot disease (BRD) of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Compacted soils, poor drainage, low saturated hydraulic conductivity and high clay content in the surface horizon have been the conditions best related to the occurrence of BRD foci. Since BRD foci have been found more recently under non-limiting soil physical conditions, research is now being conducted with the aim of establishing

Ponencia presentada en la XIII Conferencia Internacional sobre Palma de Aceite. Cartagena, septiembre 6-8 de 2000.  
Tít. Área Manejo de Suelos y Aguas. Cenipalma. Santafé de Bogotá, Colombia..  
Área Manejo de Suelos y Aguas. Cenipalma. Villavicencio, Colombia..  
Director Ejecutivo. Cenipalma. Santafé de Bogotá, Colombia.

the relationship between soil chemical properties, the palm nutrient status and BRD. Statistically significant differences were found between diseased and healthy plants when their leaf nutrient concentrations were compared, as follows: more adequate values of leaf P, K, Ca, Mg and Cu concentrations and Ca/B, N/K, Ca/K and N/P ratios were registered in healthy than in diseased palms. The analysis of the soils on which the two types of palms were growing showed better pH, CIC, available S, B, Fe and Cu as well as better Ca saturation values for the soils around healthy palms. Based on the results, a hypothetical model has been proposed, according to which the physical, chemical and nutritional limiting factors that occur in some soils modify the host-pathogen relationship favoring the development of BRD. The results have allowed the identification of soil and nutrient management practices that can be used by the oil palm growers as constituents of an integrated management scheme of the BRD.

Palabras claves: Palma de aceite, Pudrición de Cogollo, Enfermedades de las plantas, Factores predisponentes, Propiedades físicoquímicas del suelo, Análisis de tejidos.

## INTRODUCCIÓN

La Pudrición de Cogollo (PC) es un problema sanitario de gran importancia económica para el sector cultivador de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) de Colombia, sobre todo en las Zonas productoras Oriental y Occidental (Gómez 1996). La enfermedad es también importante en otros países productores de América (Gómez et al. 1995; Nieto y Gómez 1991; Swinburne 1993). Dicha importancia está asociada con la disminución en la productividad de racimos (Gómez 1995), en la calidad de los mismos y del aceite, en la tasa de extracción de aceite y, consecuentemente, en la productividad de aceite (Acevedo y García 1999). Adicionalmente, el manejo del problema conlleva un incremento en los costos de producción (Gómez et al. 1995).

De acuerdo con las investigaciones de los fitopatólogos, la PC es de origen biótico (Nieto 1996; Nieto et al. 1996; Swinburne et al. 1996) y los hongos involucrados en la enfermedad se consideran patógenos débiles y de amplia distribución. Tal como ocurre con otras enfermedades, el desarrollo de la PC debe estar regulado por la triple interacción patógeno x planta x ambiente (Marchner 1995; Huber 1997).

Está ampliamente aceptado por la comunidad científica que el suelo, como componente del ambiente, puede influir sobre las enfermedades de las plantas (Huber 1997), tanto en su dispersión como en su severidad. Por ejemplo, Stotzky (1973) indica que en Centroamérica, Suramérica y Camerún se encontró que la tasa

de dispersión de la marchitez del banano, causada por *Fusarium*, estuvo asociada con el tipo de arcilla predominante en los suelos. De igual manera, se conoce, con suficientes soportes científicos, que el estado nutricional de las plantas juega un papel importante en su reacción a los patógenos (Huber 1997). Se puede citar el ejemplo específico de la palma de aceite, especie para la cual se encontró que la incidencia de la marchitez causada por *Fusarium* ("Fusarium wilt") en otros lugares del mundo es mayor cuando la planta tiene deficiencia de K que cuando tiene niveles normales de este nutriente (Turner 1981).

Este trabajo es un resumen del proceso de investigación que se ha seguido por varios años en Cenipalma, con el objetivo de dilucidar cuál puede ser la influencia de las características del suelo y del estado nutricional del cultivo sobre la enfermedad Pudrición de Cogollo de la palma de aceite. Los experimentos, cuyos resultados se presentan, fueron todos realizados con la participación y colaboración de las empresas y plantaciones que facilitaron sus cultivos para dichos trabajos (siete plantaciones comerciales en las Zonas Oriental y Occidental).

En primer lugar se describe un marco conceptual que se propuso para orientar la investigación y el resto del artículo se dedica a mostrar la forma en que se ha venido utilizando este modelo conceptual para desarrollar la investigación sobre el tema de las relaciones entre los factores edáficos y nutricionales y la PC.

## MARCO CONCEPTUAL PARA LA INVESTIGACIÓN

Dada la complejidad del tema, fue necesario establecer un marco de conceptos que orientara el proceso de investigación sobre las posibles relaciones entre las características del suelo, el estado nutricional del cultivo y la enfermedad Pudrición de Cogollo. Con dicho marco orientador se establecieron hipótesis de trabajo que en secuencia se fueron sometiendo a prueba. La Figura 1 contiene dicho marco conceptual, el cual se explica a continuación.

Muchos cultivos de palma de aceite en el país están establecidos sobre suelos con condiciones físicas limitantes (Munévar 1998) y esto es particularmente frecuente en las zonas donde se presenta la enfermedad (Acosta et al. 1996; Gómez et al. 1995). Como ejemplos de este tipo de condiciones limitantes se pueden mencionar la textura, la compactación y la baja conductividad hidráulica (Cenipalma 1995; Gómez et al. 1995). Algunas de estas condiciones, como la textura, hacen parte de las características originales del suelo, pero otras son consecuencia del manejo que se ha dado al mismo, bien sea antes del establecimiento del cultivo de palma o durante dicho cultivo.

Como se ilustrará con datos más adelante, en la investigación adelantada se ha encontrado que la incidencia de la PC es mayor cuando la palma está sembrada en suelos con limitaciones en cualquiera de estas características (Gómez et al. 1995).

Dado que el principal efecto que ejercen estas características es limitar la difusión de oxígeno, se plantea que la condición de anaerobiosis juega un papel importante en este problema, ya que como es sabido (Greenland y Hayes 1981), la falta de oxígeno en el sistema suelo-planta induce cambios de carácter químico y bioquímico trascendentales para la planta, la cual sufriría, como consecuencia, unos efectos fisiológicos.

Tomando la otra vertiente del diagrama (Fig. 1), en este planteamiento conceptual se considera que, de igual manera a lo explicado para las características físicas del suelo, las características

químicas originales o aquellas derivadas del manejo pueden estar determinando una condición desfavorable por falta de disponibilidad o por desbalance de nutrientes, condiciones limitantes para la planta que pueden confluír en el mismo punto de los efectos fisiológicos desfavorables.

Se plantea como hipótesis que los efectos fisiológicos sobre la planta, a los cuales se hace referencia, actuarían modificando la relación planta-patógeno, de tal manera que bajo una condición adversa causada por cualquiera de las características señaladas, la planta se comportaría como más susceptible a la acción patogénica del agente causal, que bajo un nivel no limitante del factor o factores en consideración.

Lo anterior equivale a señalar que, acorde con este esquema (Fig. 1), los factores edáficos y nutricionales pueden considerarse como factores de predisposición a la PC.

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO

En cuanto a los estudios sobre características físicas del suelo se ha encontrado, con soporte estadístico, que las siguientes variables afectan la distribución en el espacio y la incidencia de la PC: Textura, compactación, porosidad, conductividad hidráulica, humedad y aireación. Como se sabe, las características antes señaladas son, en gran medida, interdependientes, pero haber encontrado que cada una está significativamente asociada con la PC, da solidez a un planteamiento según el cual la condición física del suelo hace parte de los factores que afectan el desarrollo de la enfermedad.

### Textura

En varias plantaciones de la Zona Oriental y de la Occidental se establecieron parcelas de igual tamaño, las cuales fueron agrupadas en dos categorías así: a) Las que tenían un horizonte superficial (0 a 40 cm) arcilloso y b) Las que tenían un horizonte superficial no arcilloso. En cada parcela se determinó el número de palmas enfermas con PC. Los resultados (Fig. 2)

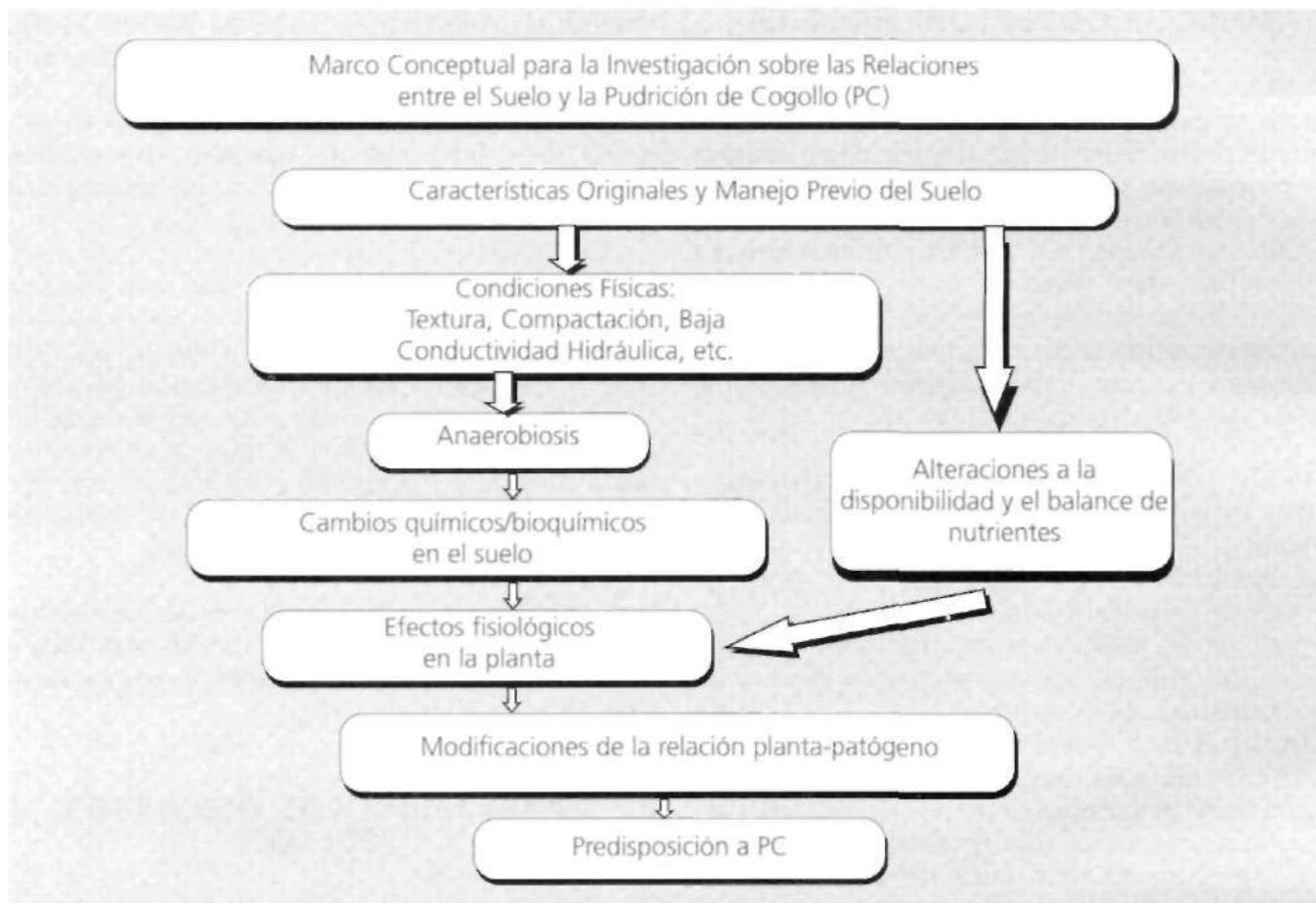


Figura 1. Marco conceptual utilizado para orientar la investigación de Cenipalma sobre la relación entre las características del suelo, el estado nutricional del cultivo y la enfermedad Pudrición de Cogollo de la palma de aceite.

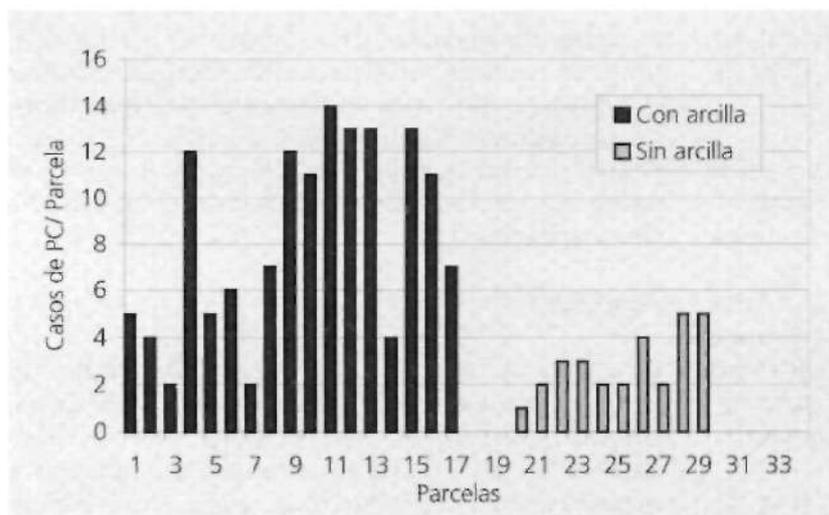


Figura 2. Casos de PC en parcelas con arcillas superficiales y sin ellas, en plantaciones de las Zonas Oriental y Occidental (Tomado de Acosta et al. 1986).

mostraron una clara diferencia entre los dos tipos de parcelas, ya que en aquellas con horizonte arcilloso superficial, la incidencia de la PC fue mayor que en las parcelas sin altos contenidos de arcilla en la superficie. Los análisis estadísticos indicaron que dicha diferencia fue significativa. Éste y otros trabajos sobre el tema han dado base para concluir que puede haber diferencias en el comportamiento de la PC en función de la textura del suelo (Acosta et al. 1996).

### Compactación

El grado de compactación de un suelo se puede evaluar mediante la medición de la resistencia que el suelo

ejerce a la penetración. La Tabla 1 muestra la diferencia encontrada en dicha resistencia cuando se compararon, en varias plantaciones, parcelas de alta incidencia de PC con parcelas de baja incidencia. Las pruebas estadísticas correspondientes mostraron diferencia significativa en la mayoría de los casos.

Tabla 1. Resistencia del suelo a la penetración en parcelas de alta y baja incidencia de PC.

Plantación	Alta incidencia	Baja incidencia
	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	
Palmas de Casanare	17,8	8,7
Unipalma - Parcela 1	16,7	11,8*
Unipalma - Parcela 2	14,2	8,0*
Manavire	18,5	16,3
Manuelita	14,0	10,0*

\*Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,01$ ).

## Conductividad hidráulica y porosidad

La conductividad hidráulica tiene que ver con la velocidad a la cual se puede mover el agua a través de los espacios porosos del suelo. En Cenipalma se ha caracterizado, con bastante intensidad, la conductividad hidráulica de muchos suelos cultivados con palma de aceite, y la institución ha sido pionera en el país en cuanto a algunos aspectos metodológicos en este campo, tal como el haber introducido el uso de permeámetros de agua para medir directamente en el campo la conductividad hidráulica del suelo en estado saturado.

Tabla 2. Relación entre la conductividad hidráulica (CH), la porosidad total (PT) y la incidencia de PC en una plantación de Cumaral (Meta).

Suelo	Incidencia de PC (%)	C.H. (cm/hora)	P.T. (%)
1	70	0,548 a*	44,8 a
2	38	0,561 a	46,9 a
3	5	3,848 b	72,2 b
4	3	4,212 b	47,8 a

\*Valores seguidos por diferente letra son estadísticamente diferentes (prueba de Tukey;  $p < 0,05$ ).

La Tabla 2 contiene un ejemplo de resultados obtenidos sobre la conductividad hidráulica y su relación con la Pudrición de Cogollo. Dentro de una plantación de los Llanos Orientales se tomaron lotes que contrastaban ampliamente en el grado de incidencia de la PC y se midió la conductividad hidráulica saturada, encontrándose, con significancia estadística, una relación inversa entre este parámetro y la incidencia de la enfermedad. La Tabla 2 muestra, además, que la porosidad total del suelo también influye en este problema de la PC.

## Modificaciones mediante drenaje y cincelado

Lo señalado hasta ahora con los datos sobre las características físicas de los suelos muestra que los impedimentos al movimiento del agua y a la aireación del suelo propician el desarrollo de la PC. Fue por eso que con base en lo avanzado hasta el momento, se decidió evaluar algunas prácticas de manejo tendientes a mejorar el drenaje y la aireación del suelo.

### Drenaje

Se tomaron cuatro lotes de una plantación y a dos de ellos se les rectificaron los canales de drenaje y a dos no se les hizo ninguna modificación. A partir de la aplicación de los tratamientos se mantuvo por 22 meses el registro de palmas enfermas con PC (Fig. 3). El número acumulado de palmas enfermas (representado en el eje vertical de la gráfica) a través del tiempo muestra un contraste muy notorio entre los dos grupos de parcelas. Si bien, en ningún caso se detuvo la enfermedad, en las parcelas sin mejoramiento del drenaje (testigo C y D) la tasa de crecimiento de la enfermedad fue notoriamente mayor que en aquellas a las cuales se les mejoró el drenaje (drenaje directo y drenaje indirecto). A los 15 meses de iniciado el trabajo, los drenajes de los testigos se rectificaron y la tasa de aumento del número de casos comenzó a disminuir. En la Figura 3, por efectos de escala, este último cambio no es muy notorio, pero los parámetros estadísticos permitieron establecer que el efecto mencionado fue significativo. Este estudio ratificó la bondad del drenaje como práctica de manejo para desacelerar el desarrollo de la PC.

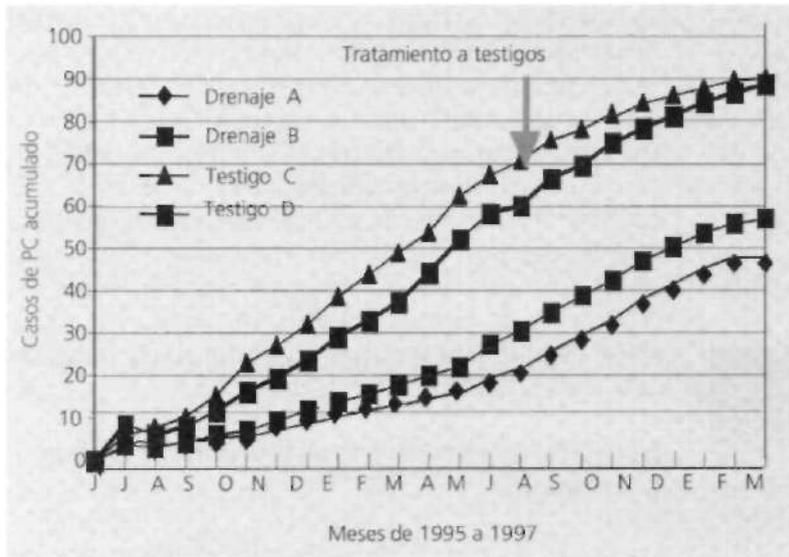


Figura 3. Efecto del drenaje sobre la incidencia de la PC en la plantación Santa Bárbara (Cumaral, Meta).

**Cinzelado**

El arado de cinzel es un implemento que utilizado adecuadamente reduce la compactación del suelo, mejora su aireación y favorece el drenaje. Por tal motivo se hicieron evaluaciones de esta práctica en lotes afectados por PC, para medir su efecto sobre el desarrollo posterior de la enfermedad.

Cuando el desarrollo de la PC a través del tiempo tiene un comportamiento lineal como el observado en la Figura 3, la pendiente de dicha función lineal se puede utilizar como un índice de la incidencia de la enfermedad, parámetro que se ha utilizado en algunos estudios adelantados por Cenipalma, como lo muestra la Tabla 3. Al comparar el comportamiento de la enfermedad antes y después del tratamiento de

Tabla 3. Efecto del arado de cinzel sobre el índice de incidencia de PC (pendiente de la función lineal del número de casos/ha vs. tiempo) en Villanueva (Casanare).

Parcela	Tiempo de medición		Dif (%)
	Pre Tratamiento	Post Tratamiento	
No Cinzelada	3,63	6,74	+85,7
No Cinzelada	1,48	1,82	+23,0
Cinzelada	3,91	3,54	-9,4

cinzelado, se observó que en dos parcelas que no fueron cinzeladas, la tasa de aumento del número de palmas enfermas se incrementó, mientras que dicho parámetro disminuyó en el tratamiento cinzelado. Esta práctica, uno de cuyos principales efectos es favorecer la aireación del suelo, puede, en consecuencia, utilizarse por los cultivadores para ayudar al manejo de la PC.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO Y ESTADO NUTRICIONAL DEL CULTIVO**

Numerosas observaciones de campo en una amplia diversidad de circunstancias, tanto en los Llanos Orientales como en la zona de Tumaco, permitieron plantear hipotéticamente que además de las características físicas del suelo, las características químicas del mismo y el estado nutricional de la palma de aceite podrían también tener algún grado de asociación con la distribución espacial y la incidencia de la PC (Nieto et al. 1998). Con dicha base, y siguiendo el marco conceptual planteado para la investigación, se estudiaron, de manera más directa, las relaciones que con la PC podrían tener aspectos como el potencial de óxido-reducción del suelo, la concentración de nitritos y los niveles edáficos y foliares de nutrientes.

**Potencial de oxido-reducción**

El potencial de óxido-reducción o potencial redox de un suelo (y de un medio químico en general) es el potencial eléctrico (medido en voltios o milivoltios) del sistema debido a la tendencia de las sustancias presentes en él a perder o ganar electrones (Brady y Weil 1996).

Como el potencial redox del suelo está íntimamente asociado con la concentración de oxígeno, este parámetro es un evaluador de las condiciones de aireación predominantes. A medida que en la atmósfera del suelo se va perdiendo oxígeno, el valor del potencial redox (número de milivoltios) se va haciendo menor, pudiendo llegar al rango negativo de la escala.

Tal como se mencionó antes, las características físicas del suelo que están en mayor grado asociadas con la PC, son aquellas que limitan la aireación del suelo, esto es, el mal drenaje y la compactación. Por tal motivo, se consideró útil medir el potencial redox de los suelos en áreas de los Llanos Orientales donde se presenta la PC (Munévar et al. 1997).

En la Tabla 4 se presenta un resumen de las mediciones de potencial redox realizadas en la plantación Santa Barbara de la empresa Unipalma, en Cumaral (Meta). Las mediciones se hicieron en el suelo de los platos de las palmas, durante el período lluvioso. Se observa en los datos que para los tres suelos estudiados se llegó a tener valores de potencial redox muy bajos, si se tiene en cuenta que por debajo de 200 mV se puede considerar que el suelo ha llegado a un estado reducido, en el cual hay una limitación importante por carencia de oxígeno. Estas mediciones indican que en condiciones de manejo comercial del cultivo de palma de aceite se presentan períodos en los cuales el suelo tiene limitaciones por falta de oxigenación y que se dan las condiciones fisicoquímicas propicias para la acumulación de especies químicas reducidas, como manganeso divalente  $Mn^{+2}$  o nitritos ( $NO_2^-$ ), siendo estos resultados consistentes con las mediciones físicas que se han hecho en estos suelos. Los autores no conocen de estudios anteriores en los cuales se haya medido el potencial redox del suelo en cultivos de palma de aceite.

Tabla 4. Potencial de óxido-reducción del suelo de los platos durante 14 semanas en la época de lluvias (Plantación Santa Bárbara, Cumaral - Meta).

Suelo	Potencial Redox (mV)		
	Máximo	Mínima	Media
1	408	180	323
2	428	-100	347
3	416	-405	278

## Concentración de nitritos en el suelo

Como se señaló antes, la baja disponibilidad de oxígeno en el suelo propicia la acumulación de formas químicas reducidas, entre las cuales están

los nitritos. Estos iones pueden causar fitotoxicidad bajo ciertas circunstancias (Carreño et al. 1999) y se ha planteado que su presencia en alta concentración podría tener relación con la ocurrencia de la PC (de Rojas Peña y Ruiz 1975). Con base en lo anterior se han adelantado cuantificaciones de los nitritos en el suelo en relación con la enfermedad, el clima y la labranza.

En una plantación de Cumaral (Meta) se cuantificaron los nitritos del suelo en cuatro lotes que diferían unos de otros en el porcentaje de palmas enfermas con PC y se obtuvieron los resultados que muestra la Tabla 5 (Cenipalma 1997). Los resultados mostraron, por una parte, que bajo condiciones de cultivo comercial de la palma de aceite se encontraron valores inusualmente altos de nitritos, y que por superar en algunos casos el valor de 10 ppm, podrían considerarse como fitotóxicos (Black 1968). Por otra parte, los resultados son de interés por mostrar que la mayor concentración de nitritos observada coincidió con el lote de cultivo que en el momento presentaba la mayor incidencia de la PC.

Tabla 5. Relación entre la incidencia de PC y la concentración de nitritos en el suelo (Plantación Santa Bárbara, Cumaral - Meta).

Suelo	Incidencia de PC (%)	Nitritos (ppm)
1	73	44,6
2	30	2,6
3	3	4,9
4	5	12,4

Un estudio más detallado (Carreño et al. 1999) se realizó en la Plantación Palmas del Casanare (Villanueva, Casanare), el cual incluyó cuatro suelos. En cada suelo se determinó la concentración de nitritos en las calles de cosecha y en las calles de palera (acumulación de hojas de poda); dentro de cada una de estas ubicaciones, a cuatro distancias de la base de las palmas y en cada distancia a su vez a tres profundidades dentro de cada trayecto. Por otra parte, para cada una de las combinaciones ya señaladas, la concentración de nitritos se evaluó

tanto en época de lluvia como en época seca y luego en dos oportunidades más después de haber aireado el suelo mediante el uso de arado de cincel. En consecuencia, el estudio incluyó un total de 1.536 muestras. Se encontraron diferencias significativas ( $\alpha=5\%$ ) en la concentración de nitritos entre épocas, calles y profundidades. No se encontraron diferencias significativas entre suelos. La concentración de nitritos fue mayor en época de lluvia que en época seca, y mayor en las calles de cosecha que en las de paleras (Tabla 6). La concentración de nitritos en época húmeda en las calles de cosecha superó niveles considerados en la literatura como fitotóxicos. La labor de cincelado permitió disminuir las concentraciones de nitritos en el suelo (Tabla 7) y cambiar su patrón de variabilidad espacial. En resumen, este segundo estudio sobre los nitritos ratificó la ocurrencia de altas concentraciones de dicha especie química en cultivos comerciales de palma de aceite, mostró que al igual que ocurre con la PC, existe una variabilidad asociada con la distribución de las lluvias en el año y con la aireación del suelo, así como la posibilidad de modificar las condiciones señaladas mediante prácticas adecuadas de labranza. A juicio de los autores, éstos son los primeros registros que se publican sobre los nitritos del suelo en cultivos comerciales de palma de aceite. Se requiere de más investigación para aclarar científicamente la posible relación entre los nitritos del suelo y la PC.

## Niveles edáficos y foliares de nutrientes

A través del tiempo se acumularon observaciones de campo sobre síntomas foliares de deficiencias nutricionales de palmas enfermas con PC y

Tabla 6. Concentración de nitritos en el suelo en función de la época del año y el tipo de calle (cosecha o palera) en la plantación Palmas de Casanare (Villanueva, Casanare).

Época	Concentración de nitritos (ppm)		
	Calle de Cosecha	Calle de Palera	Promedio
Lluviosa	13,33	8,13	10,73
Seca	6,17	6,78	6,48

resultados de análisis de hojas de palmas enfermas y sanas en plantaciones de la Zona Oriental y de la Zona Occidental de Colombia (Niето et al. 1998), así como de la plantación Palmeras del Ecuador (Shushufindi, Ecuador). En muchos de estos casos, principalmente en palmas jóvenes (menos de cuatro años), en los individuos enfermos se identificaron síntomas de deficiencia de boro y el síntoma denominado banda blanca, considerado como expresión de una alta relación N/K (Turner y Gillbanks 1982). Los análisis foliares correspondientes confirmaron una alta relación foliar N/K y una alta relación Ca/B. Palmas sanas cercanas en el campo a las palmas enfermas observadas tenían apariencia normal y sus análisis foliares mostraron relaciones N/K y Ca/B no limitantes. Dichas observaciones de carácter general sugirieron la posibilidad de que los niveles de disponibilidad de nutrientes del suelo estuvieran relacionados con la incidencia de la PC. Como para investigar este tema más a fondo se requiere separar dichos factores de fertilidad del suelo de la influencia de su condición física, se decidió hacer un estudio en suelos sin limitaciones físicas aparentes para comparar diferentes parámetros de fertilidad del suelo proveniente del área del plato de palmas sanas con el proveniente del plato de palmas enfermas (Acosta et al. 1999). Para hacer este tipo de comparaciones se seleccionaron los lotes número 65-1 y 60-1 de la Plantación Manuelita, en San Carlos de Guaroa (Meta). En el primero de estos lotes había una proporción moderada de palmas enfermas con PC, y por tanto también había palmas sanas, mientras que en el segundo sólo había palmas sanas. En ambos lotes se comprobó la existencia de textura liviana, buen drenaje, rápida conductividad hidráulica saturada y ausencia de compactación en buena parte del

Tabla 7. Concentración de nitritos antes y después de cincelar el suelo en abril 16 (Palmas de Casanare, Villanueva - Casanare)

Época	Precip. últimos 90 días (mm)	Nitritos (ppm)
Fin de lluvias (nov 27)	460	10,65 a *
Seca (feb 1)	78	6,48 b
Inic. Lluvias (abr 17)	260	2,29 c
Lluviosa (May 15)	390	3,06 c

\*Valores seguidos por diferente letra son estadísticamente diferentes (Prueba de Duncan;  $p < 0,05$ ).

perfil. Se tomaron muestras del suelo de los platos, separadamente para palmas sanas y enfermas del lote 65-1, así como de las palmas (todas sanas) del lote 60-1. Las muestras se analizaron en el laboratorio de Cenipalma y se obtuvieron los resultados de la Tabla 8.

Los resultados muestran que, en general, las características de fertilidad del suelo fueron mejores en las muestras provenientes de palmas sanas que de palmas enfermas de PC. Como lo indica la Tabla 8, las diferencias anotadas fueron estadísticamente significativas para ocho de los parámetros evaluados. La saturación de calcio fue significativamente más alta en suelo de palmas sanas, a pesar de que la diferencia en el número de miliequivalentes del elemento no fue significativa.

En el mismo experimento aquí mencionado, se tomaron muestras de las hojas No. 9 y 17 de las palmas sanas y de las enfermas de cuyos platos se había muestreado el suelo. Los análisis químicos de la hoja 17 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre palmas sanas y enfermas, aunque los valores encontrados para muchos nutrientes estuvieron más cerca de los niveles considerados adecuados (o niveles

críticos), en el caso de las palmas sanas que en las enfermas. En de los análisis químicos de la hoja No 9 se presentaron diferencias estadísticamente significativas para varios de los elementos y algunas de sus relaciones (Tabla 9).

Como se observa, los niveles foliares (hoja No 9) de P, K y Cu fueron significativamente más altos en las palmas sanas que en las enfermas y los niveles de Ca y Mg tuvieron una relación contraria con respecto al estado sanitario. Debe tenerse en cuenta que las bases K, Ca y Mg presentan una relación de competencia en el follaje de la palma de aceite (Turner y Gillbanks 1982). Llamen también la atención los valores significativamente menores en las relaciones Ca/B, N/K, Ca/K y N/P que se encontraron en las palmas sanas en relación con las enfermas. Estos resultados de los análisis foliares sugieren que el balance entre los diferentes nutrientes puede jugar un papel importante en la ocurrencia de la enfermedad PC. El hecho de que se haya encontrado una mayor asociación entre la composición química de la hoja No 9 y la PC que entre la hoja No17 y la enfermedad, tiene sentido, si se tiene en cuenta que hasta donde se conoce, la PC se inicia en la palma de aceite por los tejidos foliares más jóvenes y sugiere que

Tabla 8. Características químicas del suelo (primer horizonte) proveniente de los platos de palmas enfermas con PC y de palmas sanas. Plantación Manuelita (San Carlos de Guaroa, Meta).

Parámetro / Unidad	Lote 65-1		Lote 60-1 (palmas sanas)
	Palmas enfermas	Palmas sanas	
pH *	4,21	4,34	4,51
C.I.C. (m.eq/100 g) *	6,92	7,21	7,83
Mat. Orgánica (%)	2,31	2,47	2,60
P - Bray II (ppm)	24,18	28,07	27,7
K (m.eq/100 g)	0,16	0,18	0,23
Ca (m.eq/100 g)	0,45	0,66	0,69
Mg (m.eq/100 g)	0,23	0,32	0,31
S (ppm) *	4,68	6,45	8,19
B (ppm) *	0,09	0,22	0,24
Fe (ppm) *	28,13	30,67	47,3
Cu (ppm) *	0,18	0,22	0,52
Mn (ppm)	7,93	12,6	10,2
Zn (ppm)	0,97	1,34	1,41
Sat. Al (%) *	63,0	54,61	55,5

\*Parámetros en los cuales se encontró diferencia significativa, con base en análisis de contrastes ortogonales.

Tabla 9. Composición química de la hoja No 9 de palmas sanas y enfermas de PC.

Parámetro / Unidad	Lote 65-1		Lote 60-1 (palmas sanas)
	Palmas enfermas	Palmas sanas	
N (%)	2,52	2,61	2,50
P (%) *	0,16	0,17	0,17
K (%) *	1,11	1,20	1,44
Ca (%) *	0,55	0,54	0,40
Mg (%) *	0,35	0,32	0,26
S (%)	0,17	0,18	0,17
B (ppm)	13,06	12,89	13,90
Cu (ppm) *	10,77	11,80	13,30
Fe (ppm)	91,48	88,98	92,14
Mn (ppm)	825,9	817,0	674,5
Zn (ppm)	30,90	31,08	22,82
Suma de bases (%)	2,01	2,07	2,10
Ca/B *	425,4	429,5	289,5
N/K *	2,29	2,19	1,73
Ca/K *	0,50	0,45	0,27
N/P *	15,75	13,36	14,4

\*Parámetros en los cuales se encontró diferencia significativa, con base en análisis de contrastes ortogonales.

los estudios que se adelanten en el futuro sobre este tema deben tener en cuenta las hojas más jóvenes de la palma.

Al considerar en su conjunto las diferentes observaciones acumuladas sobre las características químicas del suelo y del follaje de la palma y el contraste entre ellas al comparar palmas sanas con palmas enfermas de PC, se puede afirmar, con bases experimentales, que es probable una influencia del estado nutricional del cultivo en la incidencia y el desarrollo de la PC. Conviene, por lo tanto, someter a prueba hipótesis específicas que busquen dilucidar la influencia de diferentes condiciones nutricionales del cultivo sobre la enfermedad PC. Por lo observado, merecen especial atención, en este contexto, los diferentes aspectos relacionados con la disponibilidad de las bases (K, Ca y Mg) y el B, así como las relaciones entre todos estos nutrientes, sin que se puedan descartar otros factores nutricionales y de la química del suelo. Los cultivadores de palma de aceite que introduzcan mejoras en el manejo nutricional de sus cultivos, tienen una buena probabilidad de disminuir la incidencia de la PC y de acelerar el proceso de recuperación de palmas enfermas.

## CONCLUSIONES

- Los avances en la investigación multidisciplinaria sobre la Pudrición de Cogollo de la palma de aceite permiten afirmar que en el desarrollo de la enfermedad intervienen múltiples factores predisponentes, entre los cuales están el clima, el ambiente edáfico y el estado nutricional de la palma de aceite.
- Se han establecido claras relaciones entre diferentes características físicas del suelo y la distribución en incidencia de la PC.
- Prácticas orientadas a airear el suelo han permitido disminuir la tasa de crecimiento de la enfermedad.
- Se ha avanzado en la identificación de relaciones entre el estado nutricional de la palma de aceite y la PC, por lo cual se

considera que la incorporación de programas de nutrición balanceada del cultivo puede hacer parte de las medidas de manejo de la enfermedad.

- La continuación de trabajos conjuntos entre científicos y productores de palma de aceite permitirá avanzar en el conocimiento de esta enfermedad, hasta ahora considerada como de un alto grado de complejidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACEVEDO, N. J.; GARCÍA N., J. A. 1999. Influencia de la pudrición de cogollo de la palma de aceite en la calidad del fruto y la extracción de aceite. Ceniavances (Colombia) No. 66.
- ACOSTA G., A.; GÓMEZ C, P. L; VARGAS, J. R. 1996. Factores físicos de suelos y su influencia en la predisposición a la Pudrición de Cogollo en palma de aceite en Colombia. Palmas (Colombia) v. 17 no.2, p.71-79.
- ACOSTA G., A.; MUNÉVAR M., F; CUÉLLAR, M.; GÓMEZ C, P.L 1999. Factores nutricionales asociados a la pudrición de cogollo. En: Cenipalma. Reunión Anual 1999. Resúmenes. Cenipalma, Santafé de Bogotá, p.35.
- BLACK, C. A. 1968. Soil-Plant Relationships. 2nd ed. Wiley, New York.
- BRADY, N. C; WEIL, R. R. 1996. The Nature and Properties of Soils. 11ª ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- CARREÑO, J.; ACOSTA, A.; MUNÉVAR, R; CUÉLLAR, M. 1999. Cuantificación de los nitritos del suelo en un cultivo de palma de aceite en los Llanos Orientales y su relación con la lluvia, la variabilidad espacial y la labranza con cincel. Palmas (Colombia) v.20 no.4, p.11- 17.
- CENIPALMA. 1995. Factores físicos del suelo y su relación con el desarrollo de focos de pudrición de cogollo. Ceniavances No. 15. Cenipalma, Santafé de Bogotá.
- CENIPALMA. 1997. La acumulación de nitritos en el suelo puede tener relación con la Pudrición de Cogollo. Ceniavances No. 34. Cenipalma, Santafé de Bogotá.
- DE ROJAS PEÑA, E.; RUÍZ, E. 1975. Factores edáficos predisponentes de la pudrición de cogollo de la palma de africana (*Elaeisguineensis*) en Turbo, Colombia. Subdirección Agrológica. Instituto Geografico Agustín Codazzi, Bogotá. 23p.
- GÓMEZ C, R L. 1995. Estado actual de la investigación sobre pudrición de cogollo. Palmas (Colombia) v. 16 no. 1, p.9-23.

- GÓMEZ C, P. L. 1996. Evolución de la investigación del complejo pudrición de cogollo en el Centro de Investigación en Palma de Aceite - Cenipalma. *Palmas (Colombia)* v.17 no.2, p.53-56.
- GREENLAND, D. J.; HAYES, M.H.B. 1981 *The Chemistry of Soil Processes*. Wiley, London.
- HUBER, D. M. 1997. Manejo de la nutrición para el combate de patógenos de plantas. *Agronomía Costarricense (Costa Rica)* v.2 no.1, p.99-102.
- MARCHNER, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2nd. ed. Academic Press, London.
- MUNÉVAR M., F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* v.19 no Especial, p.218-228.
- \_\_\_\_\_; ROMÁN, LF.; RAMÍREZ, C.J. 1997. Determinación de las condiciones apropiadas para medir el potencial redox del suelo ex situ. *En: Cenipalma. Reunión Anual 1997. Resúmenes. Cenipalma, Santafé de Bogotá, p.5.*
- NIETO R, L. E. 1996. Síntomas e identificación del agente causal del complejo Pudrición de Cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Palmas (Colombia)* v.17 no.2, p.57-60.
- \_\_\_\_\_; GÓMEZ, RL. 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.
- NIETO, L.E., GÓMEZ C, P.L.; LOZANO T, C. 1996. Identificación y reproducción del complejo pudrición de cogollo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Palmas (Colombia)* v.17 no.1, p.62-68.
- \_\_\_\_\_; LONDOÑO, J.H.; MUNÉVAR M., F; CUÉLLAR, M.; GÓMEZ C.j PL. 1998. Relación entre la concentración foliar de nutrientes y la pudrición de cogollo. *En: Cenipalma. Reunión Anual 1998. Resúmenes. Cenipalma, Santafé de Bogotá, p.*
- STOTZKY, G. 1973. Techniques to study interactions between microorganisms and clay minerals *in vivo* and *in vitro*. *In: T. Rosswall, (Ed). Modern methods in the study of microbial ecology. Bulletins from the Ecological Research Committee Uppsala, Suecia. p. 17-28*
- SWINBURNE, T R. 1993. Fatal yellows, bud rot and spear rot of African oil palm - A comparison of the symptoms of these diseases in Brazil, Ecuador and Colombia. *The Planter (Malasia)* v.69 no.802, p. 15-23.
- SWINBURNE, T. R.; VICTORIA, J. Y.; OLLAGNIER, M.; LOZANO T, J. C. 1996. Informe de revisión externa de la investigación de Pudrición de Cogollo de la palma de aceite que ha venido realizando Cenipalma. *Palmas (Colombia)* v.17 no.1, p.81-86.
- TURNER, P. D. 1981. *Oil Palm Diseases and Disorders*. Oxford University Press 280p.
- TURNER, P. D.; GILLBANKS, R. A. 1982. *Oil Palm Cultivation and Management*. The Incorporated Society of Planters. Kuala Lumpur.