

## Notas del Director

El sistema radical cumple funciones muy especializadas y de mucha importancia para el normal desarrollo de la planta. No solo el anclaje de la planta depende de sus raíces, sino todo el proceso de la nutrición. En el cultivo de la palma de aceite, conscientes de esa importancia de las raíces en la producción y en el desarrollo de las palmas, se han hecho diferentes intentos de estudio del sistema radical. Sin embargo la complejidad del tema no ha permitido desarrollar una metodología precisa que brinde resultados satisfactorios acerca del estado real de las raíces.

Por otra parte son muchos los factores que inciden en el sistema radical de las plantas. Condiciones del suelo como la textura, la compactación, las condiciones de humedad, las condiciones químicas, la fertilidad, entre otros, son los que más influyen en el desarrollo del sistema radical, y que es necesario conocer a tiempo con el fin de tomar medidas correctivas y brindarle a la palma las mejores condiciones.

En Cenipalma se viene estudiando el sistema radical de las palmas en función de las condiciones físicas y químicas del suelo, con el fin de tener una metodología que permita conocer del estado de las raíces en diferentes condiciones de manejo, con diferentes materiales genéticos y diferentes condiciones físicas y químicas de los suelos. En este Ceniavances, se presentan algunos resultados preliminares de este estudio con la esperanza de que las plantaciones comiencen a mirar las raíces en la perspectiva de mejorar su productividad.

Pedro León Gómez Cuervo  
Director Ejecutivo

## Estudio *in situ* del sistema radical de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) mediante el método de lavado de perfiles\*



alrededor del tronco. La aplicación de los fertilizantes por varios años en este lugar puede generar gradientes de concentración de nutrientes, tanto en sentido vertical por la acumulación de fertilizantes en la superficie del plato dado por la compactación y el encostramiento que se presenta en esta zona, como en sentido horizontal, ya que los fertilizantes no se desplazan uniformemente sobre la superficie del terreno. Trabajos realizados por Cenipalma mostraron este tipo de gradientes en estudios tendientes a evaluar la variabilidad espacial del pH. Schroth et al. (2000) reportan igualmente este tipo

de gradientes en un estudio de bases realizado en suelos de la Amazonía cultivados con palma de aceite.

En términos generales las raíces tienden a proliferar en suelos ricos en nutrientes (Mou et al., 1995; Roy y Singh 1995) y de acuerdo con los trabajos realizados por Bachy (1964) la palma de aceite no es la excepción y presenta tropismo positivo hacia suelos con mayor contenido de nutrientes y agua. Según Short (2000) la concentración de nutrientes en la zona del plato debido a la aplicación sucesiva de fertilizantes produce una acumulación de raíces en esta zona limitando un mayor desarrollo del sistema radicular en la interlínea. Como se puede deducir, tanto las condiciones físicas de los suelos como la práctica de aplicar los fertilizantes en el plato, limitan el desarrollo del sistema radicular de las palmas haciendo cada vez más frágil el cultivo. En consecuencia se hace necesario desarrollar investigación tendiente a establecer prácticas agronómicas que permitan estimular el desarrollo del sistema radicular de las palmas en estratos más profundos y más amplios del suelo para explorar un mayor volumen de suelo y acceder a mayores reservorios tanto de nutrientes como de agua.

### Introducción

**L**os contenidos nutricionales de los suelos donde se cultiva palma de aceite en la zona oriental están entre "bajos" y muy bajos" especialmente en potasio, magnesio, fósforo, boro y nitrógeno. La extracción continuada de nutrientes por la palma de aceite ha minado aún más los contenidos de bases dado que la reposición de nutrimentos con la fertilización durante varios años no se equipara con la extracción de estos con la cosecha. De otro lado las características físicas de los suelos, que en general se han cultivado previamente con especies semestrales, presentan limitaciones para el desarrollo normal de las raíces limitando la distribución del sistema radicular a los estratos más superficiales del perfil. El sistema radical superficial presenta limitaciones en su capacidad de explorar suelo en busca de nutrimentos y agua y solamente puede tomarlos de un volumen de suelo reducido presentándose rápidamente agotamiento de las reservas.

Una de las prácticas comerciales más ampliamente difundida en las plantaciones de palma es la aplicación de los fertilizantes en el círculo limpio



Los métodos disponibles actualmente para el estudio del sistema radical en palma de aceite requieren de grandes esfuerzos tanto en labor como en tiempo y consecuencia de ello es la poca información que se tiene sobre este tema. Uno de los métodos más comúnmente utilizado consiste en tomar cilindros de suelo de donde las raíces se extraen mediante el lavado de las partículas de suelo. La extracción de las raíces requiere extremado cuidado para evitar que residuos orgánicos contaminen las muestras y alteren los resultados del análisis. Una vez las raíces extraídas han sido lavadas, se cuantifican en número y longitud mediante el método de reglilla en forma manual o utilizando un "scanner". Este método además de requerir de gran esfuerzo, no permite tener una idea visual y panorámica de la conformación del sistema de raíces en interacción con las condiciones de suelo en las cuales se desarrollan.

Como parte del estudio del sistema radical de la palma de aceite que viene desarrollando Cenipalma, desde hace algunos meses se viene trabajando en el desarrollo y estandarización de la técnica del lavado de perfiles para facilitar la observación directa de las raíces de la palma en su entorno para así poder relacionar su distribución espacial con las características específicas de los diferentes horizontes de suelo en una visión tridimensional. Este CENIAVANCES se concentra en la explicación de la técnica, a fin de que pueda ser utilizada para fines tanto de investigación como una herramienta para la toma de decisiones agronómicas en el manejo de las plantaciones.

**El método**

Este método consiste en excavar calicatas en el terreno cultivado, y en una de las paredes de la calicata remover una capa vertical de suelo de cerca de tres cm. de espesor mediante una lavado con agua a presión para dejar al descubierto el sistema radical. Para este ejemplo fueron excavadas dos trincheras junto al estipe de la palma, una en dirección a la calle de palera y la segunda en dirección a la calle de cosecha. Cada una de las calicatas tiene una longitud de 4.5 metros, una profundidad de 1.1 metros y un ancho de 0.9 metros. Como se ilustra en la Figura 1, la pared lavada se divide en tres cuadros de 0.9 m de lado y cada uno de ellos es dividido en cuadrículas de 0.3 m de lado. En cada una de estas cuadrículas se coloca un marco de madera de la misma dimensión, el cual es fijado al perfil con clavos en cada una de las esquinas. En cada uno de estos marcos se coloca una película de plástico transparente sobre la cual se calcan las raíces que han quedado expuestas luego del lavado del suelo.



Figura 1. Descripción gráfica del método de lavado y distribución de cuadrículas.

Con el fin de diferenciar el diámetro y la distribución de las raíces, se utilizan marcadores de tinta indeleble de diferente calibre y color, de tal manera que para las raíces primarias se utiliza el color negro, para las secundarias el color azul y para las terciarias el color rojo.

Las imágenes obtenidas mediante el calcado son digitalizadas utilizando un scanner de alta resolución (Figura 2) y las raíces calcadas son medidas y clasificadas con el software especializado basado en las ecuaciones modificadas de Newman y Head (1966), el cual calcula automáticamente la longitud de los segmentos dibujados mediante la técnica de conteo de interceptos en una rejilla, adicionando el cálculo de la sobreposición o traslape de las raíces con la aplicación de las ecuaciones de Harris y Campbell (1989) (Delta T Scan 1993).

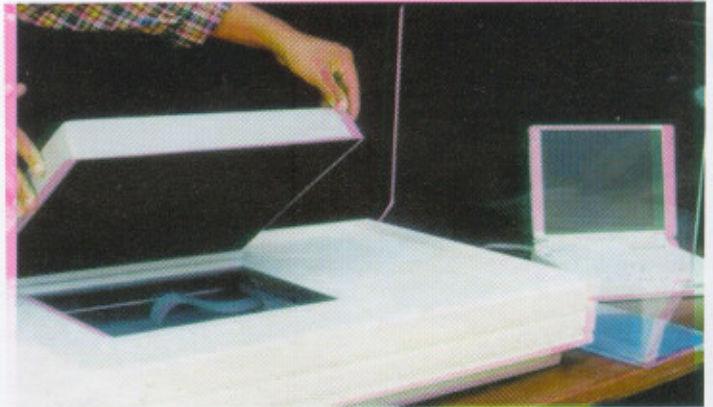


Figura 2. Scanner utilizado para la digitalización de imágenes de raíces.

El software clasifica las imágenes de acuerdo con rangos específicos de diámetro de los segmentos de tal manera que es posible cuantificar automáticamente la longitud, el volumen y la superficie de raíces primarias, secundarias y terciarias en cada imagen procesada. El software almacena en un archivo magnético los resultados de las diferentes mediciones de cada uno de los tipos de raíz.

**Usos potenciales del método**

Los resultados de la técnica de lavado de perfiles pueden ser utilizados de variadas formas dependiendo de los objetivos iniciales de los estudios.

**1. Imágen real de la distribución de raíces.**

La técnica permite generar imágenes precisas de la distribución del sistema radical tal como este se encuentra en las condiciones específicas del sitio. La Figura 3 es un ejemplo de esto.

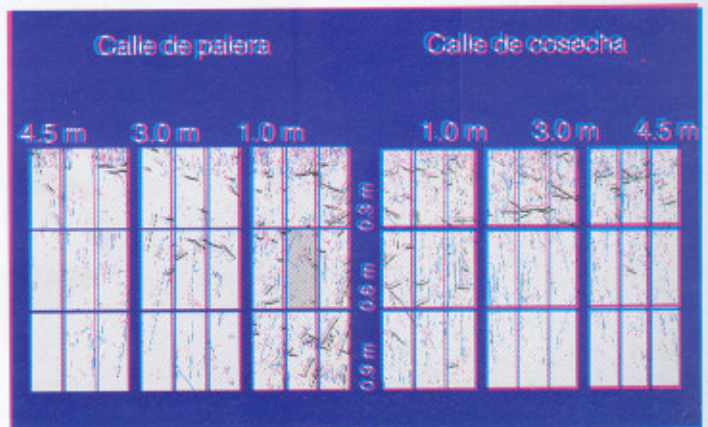


Figura 3. Imagen digitalizada de la distribución del sistema radical en la calle de cosecha y en la calle de palera. (Cenipalma - Guaicaramo 2002). En la ilustración, las líneas de color negro representan las raíces primarias, el color azul representa las raíces secundarias y el color rojo representa las raíces terciarias



Como se puede ver en la Figura 3, la distribución de raíces en el perfil de suelo presentado es más homogénea en la calle de cosecha que en la calle de palera, en la cual las raíces se concentran en los estratos más superficiales del perfil. Esta observación es de gran ayuda al momento de tomar decisiones agronómicas sobre donde y cómo colocar el fertilizante, o cuál es la profundidad efectiva donde las raíces pueden tomar agua y nutrientes, o qué tipo de labranza, con qué intensidad y a qué profundidad puede y o debe utilizarse para mejorar las condiciones del cultivo.

Además de la distribución del sistema radical en el perfil del suelo, es posible conocer la longitud de cada uno de los tipos de raíz en cada posición de la cuadrícula como se ilustra en la Figura 4.

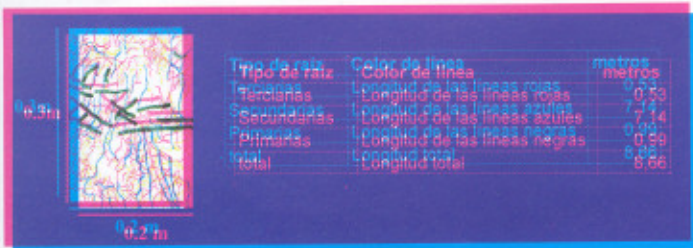


Figura 4. Ampliación de un cuadrante del perfil de suelo de 0.3 por 0.2 m de lado.

1. Análisis comparativo de la distribución de raíces en diferentes condiciones de suelo.

Una vez se tiene cuantificada la longitud de raíces, es posible establecer comparaciones entre diferentes sistemas radicales tanto en distribución como en longitud.

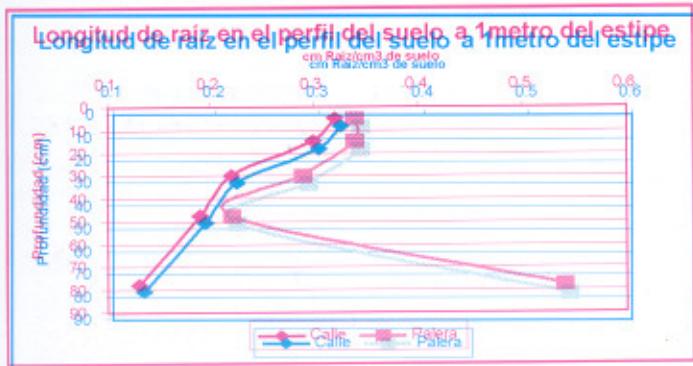


Figura 5. Comparación entre la distribución vertical de la densidad de raíces en perfiles de suelo a un metro de distancia del estipe en dirección a la calle de cosecha y a la calle de palera.

Como se observa en la Figura 5 tomada del análisis de una palma adulta en la plantación Guacaramo, el patrón de distribución de las raíces por debajo de 50 cm y a un metro de distancia del estipe de la palma cambia considerablemente entre la calle de cosecha y la calle de palera, aunque ambos perfiles se encuentren dentro del plato de la palma.

La Figura 6 compara la longitud de raíces encontradas a diferente profundidad y a lo largo del perfil de suelo en la calle de cosecha y

palera en una palma del lote C3 en la plantación Montecarmelo ubicada en Codazzi (Cesar) donde se evalúan diferentes sistemas de riego por gravedad.

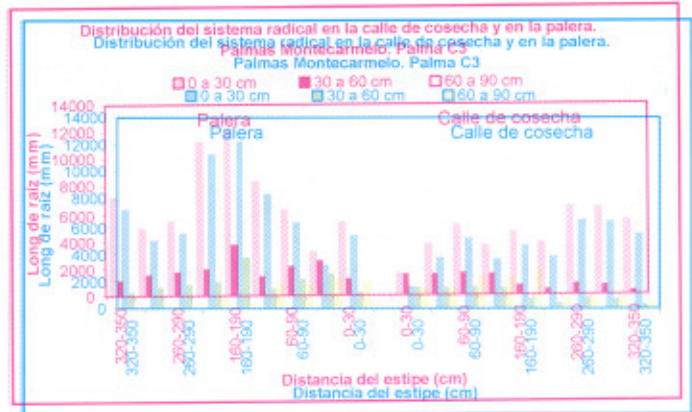


Figura 6. Longitud de raíces a diferente profundidad y distancia del estipe en calle de cosecha y calle de palera (Cenipalma - Montecarmelo 2002)

Como se puede observar en el lote C3 la zona de palera presenta una cantidad considerablemente mayor de raíces especialmente en los primeros 30 cm del perfil comparado con la calle de cosecha. Igualmente se observa como a partir de 2.2 m de la palma hacia la palera no se encuentran raíces por debajo de los 60 cm. Esta situación es explicable debido a la plasticidad del sistema radical de la palma, la cual tiende a concentrarse donde hay una mayor concentración de nutrientes. En este caso esta mayor concentración de nutrientes se encuentra debajo de la palera.

3. Evaluación de factores que afectan el desarrollo de raíces de palma.

Con esta metodología, en el perfil descubierto se establecen diferentes puntos de muestreo con el fin de obtener una información precisa de la variabilidad espacial en sentido horizontal y vertical de las características tanto químicas como físicas del suelo para relacionar dicha variabilidad con las imágenes obtenidas mediante el calzado de raíces. La Figura 7 ilustra las posiciones de muestreo en el perfil de suelo.

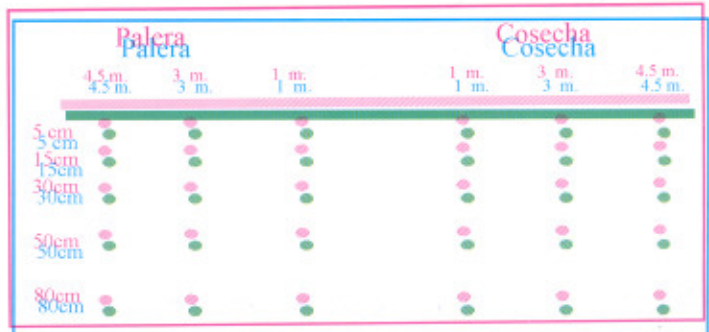


Figura 7. Distribución de muestreo de suelo para análisis químico y físico.

Una vez se tiene cuantificada la longitud de raíces y obtenidos los resultados de los análisis químicos y físicos de las muestras de suelo tomadas en los puntos mencionados, la técnica permite además, establecer las relaciones que existen entre el sistema radical y las características específicas del suelo en el cual se desarrollan.



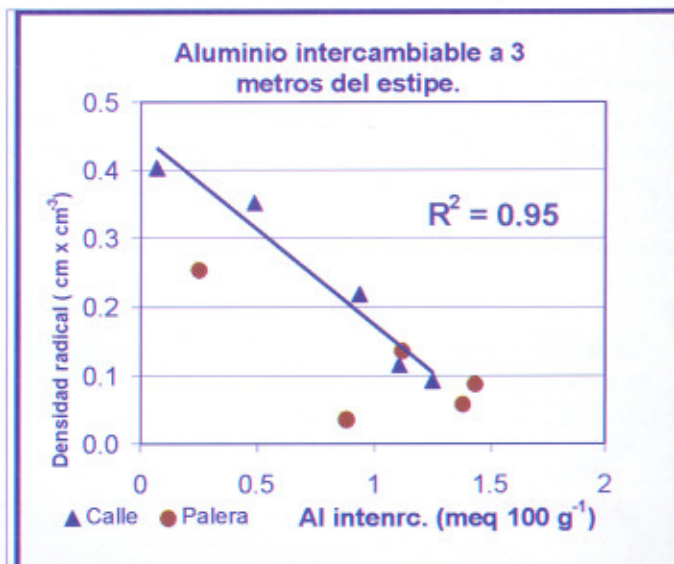
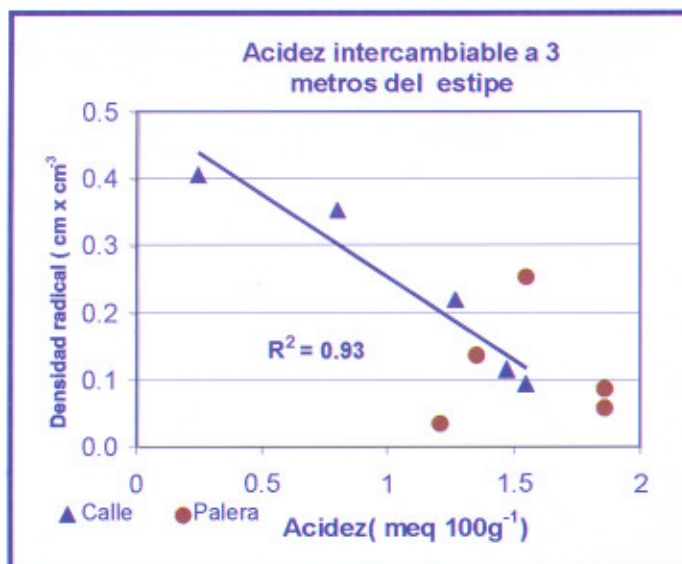


Figura 8. Efecto que puede tener la acidez intercambiable así como y la concentración de aluminio en la densidad radical en palma de aceite (Cenipalma – Guaicaramo 2002).

En este sentido, la Figura 8 ilustra el efecto que puede tener la acidez intercambiable así como la concentración de aluminio en la densidad radical de la palma expresada en cm. de raíz por cm<sup>3</sup> de suelo.

Como se puede observar en la medida en que tanto la concentración de aluminio aumenta y en consecuencia la acidez intercambiable aumenta, la longitud de raíces de palma por unidad de volumen de suelo disminuye. La tendencia de respuesta establecida podría ser usada en los estudios de tolerancia de los materiales a la acidez, o a cualquier otro factor de suelo que sea de interés.

Los anteriores resultados son solamente un ejemplo de la utilidad potencial de la técnica propuesta, la cual todavía se encuentra en proceso de ajuste y calibración para fines científicos, pero que desde ya puede ser utilizada en plantación para fines agronómicos.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a las plantaciones Guaicaramo Ltda. y Palmas Montecarmelo por su interés y participación en el desarrollo de este trabajo.

## Bibliografía

- BANCHY A. 1964. Tropisme racinaire du palmier à huile. Oleagineux 19, 684-685.
- Delta T company, MANUAL DE OPERACIÓN, Para Delta T scan 1993
- HARTLEY, C.W.S. 1988. The Oil Palm 3rd. ed. Longman Scientific & Technical, England. 761p.

MOU P. JONES R.H., MITCHELL R.J. y ZUTTER B. 1995. Spatial distribution of roots in seetgum and loblolly pine monoculture and relations with above ground biomass and soil nutrients. Functional Ecology 9, 689-699

OLIVIN, J. 1965. Une methode de observation du systeme racinaire de palmier a huile. Oleagineux (Francia) v.20 no. 12, p. 731-733.

OLLAGNIER, M.; OCHS, R.; MARTIN, G. 1970 El abonado de la palma de aceite en el mundo. Fertilité: v. 36, p. 3-64.

PRIMAVESI, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. Ed. El ateneo, 499p.

TAILIEZ, B. 1971 The root system of the oil palm on the San Alberto Plantation in Colombia. Oleagineux (Francia) v. 26 no.7, p 435-447.

SCHROTH G., RODRIGUEZ M.R.L., D'ANGELO S.A. 2000. Soil Use and Management 16, 222-229.

Director: Pedro León Gómez Cuervo  
 Coordinación Editorial: Oficina de Prensa de Fedepalma  
 Diseño y Diagramación: Briceño Gráfico  
 Impresión: Molher Ltda. Impresores  
 Esta publicación contó con el apoyo del  
 Fondo de Fomento Palmero.