

## ANÁLISIS DE CLORO EN TEJIDO FOLIAR: *Nuevo Servicio de Cenipalma*

### Notas del Director

Ha sido comprobado en diferentes cultivos y en palma de aceite que la productividad está estrechamente ligada con el nivel nutricional del cultivo, no solamente con la cantidad de los elementos, sino con su adecuada proporción, por ello es importante tener un conocimiento claro de cuáles son los requerimientos nutricionales del cultivo y cómo están variando a través del año con el objeto de hacer las correcciones que sean del caso.

Hasta el momento el Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos de CENIPALMA venía analizando foliarmente los siguientes elementos: N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn, durante el año 2000, se establecieron las metodologías para los análisis de azufre y cloro, dos elementos importantes no solamente en la actividad fotosintética del cultivo, sino también en su comportamiento a las enfermedades.

A partir de enero de 2001 se están ofreciendo estos dos análisis conjuntamente con los ya establecidos, para que los palmicultores tengan elementos más completos para organizar su fertilización y cómo hacer los correctivos si es el caso de acuerdo a los niveles que se van mostrando. En este CENIAVANCES se presentan algunos aspectos de la importancia del cloro y la metodología que se adoptó para su análisis en el Laboratorio de CENIPALMA.

Pedro León Gómez Cuervo  
Director Ejecutivo



Titulador potenciométrico utilizado en el análisis de cloro

**E**l cloro hace parte de los elementos esenciales para las plantas y por tanto el ciclo de vida de un vegetal no podría cumplirse en ausencia absoluta del cloro. Este elemento fue reconocido como nutriente esencial para las plantas en 1954 (Epstein, 1972), y en los últimos años se ha comenzado a aclarar su función en las plantas, sin que todos sus roles en los vegetales

estén completamente dilucidados aún (von Uexkull, 1996).

Los requerimientos cuantitativos de cloro varían entre especies vegetales, pero la palma de aceite y el coco se consideran, relativamente, como de un alto requerimiento de este nutriente (von Uexkull y Fairhurst, 1991).

Estudios adelantados por Ollagnier y Ochs (1971) en San Alberto (Cesar, Colombia) los llevaron a sugerir que en dicha localidad la palma

de aceite podría responder a la fertilización con cloro.

Buena parte de las funciones del cloro en la planta están asociadas a los procesos de osmoregulación en los cuales el elemento actúa en forma iónica ( $Cl^-$ ). De esta manera el cloro ayuda a regular la transpiración y se considera que contribuye en cierta medida a dar tolerancia al estrés hídrico.

En la fotosíntesis también interviene el cloro, ya que se requieren pequeñas cantidades del elemento para que se produzca la evolución del oxígeno en el citado proceso. Adicionalmente la actividad de varias enzimas de las plantas se ve estimulada por el cloro (Fixen, 1993).

Por otra parte, también se atribuye al cloro cierta influencia en el desarrollo y la incidencia de algunas enfermedades, y en el caso particular del coco se ha registrado que plantas con baja concentración foliar de cloro presentan alta incidencia de manchas foliares causadas por el hongo *Pestalotia palmarum*, así como ataques de *Helminthosporium* (von Uexkull, 1996).

Las deficiencias de cloro en los

Inv. Aux. Martha Cristina Bustos; Inv. Asis. Mónica Cúellar; Inv. Tit. Fernando Munévar Martínez; Área de Suelos y Agua. Cenipalma A.A. 252171. Bogotá, Colombia

suelos no son muy comunes. Este elemento puede provenir de algunos de los minerales que dan origen al suelo y también de la atmósfera, a través del agua lluvia. Además debe considerarse que en la mayoría de las condiciones de manejo comercial de cultivos de palma de aceite se utiliza cloruro de potasio o fertilizantes complejos que contienen esta sal, para el abonamiento del cultivo.

A pesar de que la probabilidad de ocurrencia de deficiencias de cloro en cultivos de palma de aceite en Colombia es relativamente baja, es conveniente que con alguna frecuencia el cultivador determine la concentración foliar de cloro en el cultivo para prevenir una deficiencia. Adicionalmente, ciertas condiciones particulares podrían llevar a niveles excesivos de cloro en la planta.

En el medio internacional se considera que en la palma de aceite adulta la concentración de cloro en la hoja número 17 es óptima cuando está comprendida entre 0.5 y 0.7%, que la probabilidad de respuesta del cultivo a la aplicación de cloro es alta si dicha concentración es inferior a 0.3% y que se tiene exceso de cloro con niveles foliares superiores a 1.0% (von Uexkull y Fairhurst, 1991). Dada la importancia del cloro en la nutrición de la palma de aceite, en el Laboratorio de Análisis Foliares y de Suelos de Cenipalma se decidió realizar la estandarización de la metodología analítica para determinar la concentración de cloro en el tejido foliar, y así ofrecer este servicio a los palmicultores.

## ESTANDARIZACIÓN Y VALIDACION DE LA TÉCNICA DE ANALISIS

Para poner en marcha una técnica de análisis en el Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos de Cenipalma se parte de metodologías utilizadas en el medio internacional y que ya hayan sido probadas con éxito en diferentes lugares, debiéndolas adaptar a todas las condiciones de nuestro laboratorio, con el fin de obtener resultados óptimos, los cuales puedan ser comparados con los obtenidos en cualquier otro laboratorio.

Se escogió la técnica utilizada en la Universidad de Wageningen, en la cual se realiza una extracción del cloro en el tejido foliar con una solución de ácido nítrico, para luego realizar la determinación titulando la solución con nitrato de plata. A partir de la descripción básica de dicha técnica se realizaron diferentes ensayos para su adaptación a los recursos disponibles en nuestro laboratorio.

Todos los ensayos se realizaron con muestras de referencia, pertenecientes al programa de Intercalibración de Laboratorios de la Universidad de Wageningen (WEPAL), al cual está inscrito nuestro laboratorio. Este programa envía muestras de tejido foliar (denominadas IPE) a cada laboratorio participante para que se practiquen todos los análisis de interés. Se envían de vuelta los resultados a WEPAL para la realización de diferentes pruebas estadísticas. Los resultados de todas estas pruebas estadísticas se tabulan y la información se envía a cada laboratorio participante. Dado que las porciones remanentes de

estas muestras quedan en el laboratorio y de ellas ya se conoce la concentración esperada de cloro, se utilizaron varias muestras IPE para los pasos iniciales de la estandarización de la técnica. Para los pasos finales se adquirieron de WEPAL muestras patrón de palma de aceite.

Los ensayos realizados fueron:

### 1. Determinación de la cantidad de muestra de tejido foliar a utilizar

Se realizaron pruebas empleando 1 g y 0,5g de muestra, encontrando que con 0,5 g se obtiene una buena respuesta del equipo y buena reproducibilidad del análisis .

### 2. Determinación del tipo de agitación necesaria para extraer el cloro (magnética o recíprocante)

La técnica guía utiliza agitación magnética, pero en el caso del laboratorio de Cenipalma esto sería limitante ya que se necesitaría adquirir un número considerable de estos equipos, para la realización del análisis en serie (un equipo de agitación por cada muestra). Por esto se decidió probar los agitadores recíprocantes, con los cuales cuenta el laboratorio, y en los cuales las muestras se agitan mecánicamente en número de 30 simultáneamente, por un tiempo de 30 minutos. Los resultados mostraron que con la agitación recíprocante se obtienen valores muy similares a los de la técnica original (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de la comparación del tipo de agitación

Tiempo (minutos)	% Cl	
	Agitación magnética	Agitación recíprocante
20	0.4043	0.4071
20	0.4023	0.4120
30	0.4068	0.4056
30	0.4052	0.4185
30	0.4063	0.4057

### 3. Determinación del tiempo de extracción

Una vez escogido el tipo de agitación, fue necesario determinar el tiempo requerido para la extracción del cloro del tejido foliar. Se buscó determinar el menor tiempo posible en el cual los resultados encontrados para una misma muestra sean reproducibles. Se ensayaron 10, 20, 30 y 40 minutos, encontrando que 30 minutos es el tiempo óptimo, por lo cual se realizó un estudio de reproducibilidad para evaluar los parámetros de análisis hasta ahora seleccionados y se obtuvieron los resultados de la Tabla 2.

El coeficiente de variación obtenido (1,01%), indica que los resultados son altamente reproducibles, es decir que la diferencia de los valores individuales obtenidos con el promedio es estadísticamente muy baja.

Tabla 2. Reproducibilidad de los resultados obtenidos empleando 30 minutos para la extracción

Análisis	% Cl
1	0.4363
2	0.4270
3	0.4258
4	0.4269
5	0.4288
Promedio	0.4286
Desviación Estándar	0.004
% Coeficiente de Variación	1.01

Tabla 3. Comparación entre los resultados de análisis de cloro encontrados y los valores esperados

Muestra	% Cl obtenido	% Cl esperado
IPE 652	0.419	0.419
IPE 661	0.463	0.444
IPE 678	0.485	0.483
IPE 983	0.502	0.504
IPE 137	0.405	0.412
IPE 124	0.527	0.529

#### 4. Solución de extracción

Con las variables estandarizadas anteriormente, se verificó si la solución de extracción podía modificarse para obtener mejores resultados. De esta forma se ensayaron diferentes concentraciones del ácido nítrico, incluyendo soluciones más concentradas y más diluidas. La concentración de ácido nítrico que se encontró como óptima para la extracción de los iones cloruro del tejido foliar fue de 0,3M.

Una vez realizados todos los ensayos, se definieron como condiciones óptimas para realizar el análisis, las siguientes:

Pesar 0,5 g de muestra, adicionar 40 ml de ácido nítrico 0.3M, agitar por 30 minutos en el agitador recíprocante y posteriormente realizar la titulación de los iones cloruro con nitrato de plata 0.05N.

La titulación se realiza en un

titulador potenciométrico, en donde los iones cloruro reaccionan con el nitrato de plata formando cloruro de plata, y el equipo mide la diferencia de potencial cuando ocurre la reacción.

Las condiciones de operación del titulador se estandarizan utilizando una solución de cloruro de sodio de concentración conocida.

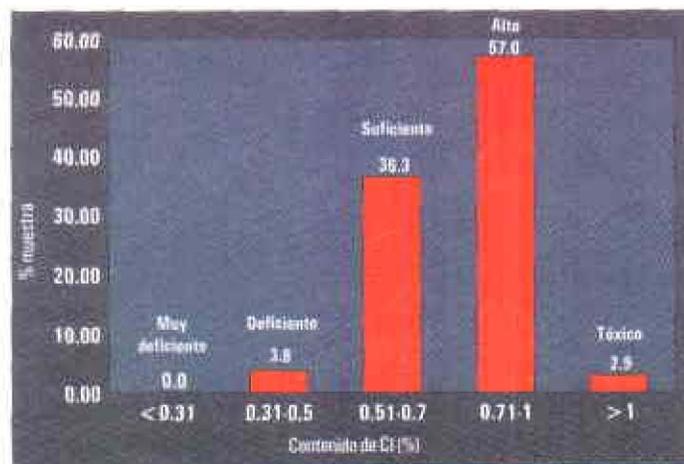


Figura 1. Distribución de frecuencias de las concentraciones de cloro foliar en 444 muestras provenientes de experimentos realizados por Cenipalma en cultivos comerciales de palma de aceite

#### 5. Validación

Para la validación de la técnica se realizó el análisis de seis muestras obtenidas de WEPAL, de las cuales cuatro son de tejido foliar de palma de aceite, obteniendo resultados muy cercanos a los valores esperados, ya que las diferencias se presentaron solamente en el orden de las milésimas de porcentaje (Tabla 3).

#### APLICACION A MUESTRAS DE CULTIVOS DE PALMA DEL PAIS

El laboratorio comenzó a utilizar este análisis dentro de sus labores de rutina, haciendo el análisis de muestras que hacen parte de proyectos de investigación.

Los resultados obtenidos hasta ahora en 444 muestras provenientes de experimentos de las zonas norte y oriental (Figura 1), muestran que en el 93% de los casos el nivel del cloro estaba en la categoría de suficiente o alto y solamente en el 3.8 % de las muestras se encontró deficiente y el 2.9 % de ellas dieron un resultado en el rango de posible toxicidad.

Aunque el número de casos en los cuales se encontraron valores bajos y excesivos de cloro no fue muy alto, falta conocer con más detalle y soporte estadístico la variación que haya en los cultivos comerciales bajo una amplia gama de circunstancias.

Los palmicultores deberían determinar periódicamente el nivel de cloro en sus cultivos a través de los análisis foliares para prevenir deficiencias de este nutriente, situaciones de desbalance nutricional o aún casos de toxicidad del elemento. En cuanto a este último tipo de situaciones, se debe buscar apoyo en el análisis foliar de manera particular cuando el cultivo ha recibido fertilización con cloruro de potasio por varios años.

El trabajo descrito permite a Cenipalma ofrecer el servicio de análisis foliar de cloro a los palmicultores con suficientes bases para garantizar un alto nivel de calidad.

#### BIBLIOGRAFIA

- Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants: Principles and perspective. John Wiley, New York.
- Fixen, P. E. 1993. Crop responses to chloride. Advances in Agronomy 50:107-149.
- Ollagnier, M.; Ochs, R. 1971. The chlorine nutrition of oil palm and coconut. Oleagineux 26:367-372.
- Von Uexkull, H. R. 1996. El cloro en la nutrición de la palma de aceite. Informaciones Agronómicas No 24: 4-6. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito.
- Von Uexkull, H. R.; Fairhurst, T. H. 1991. Fertilizing for high yield and quality. The oil palm. IPI Bulletin 12. International Potash Institute, Berna.

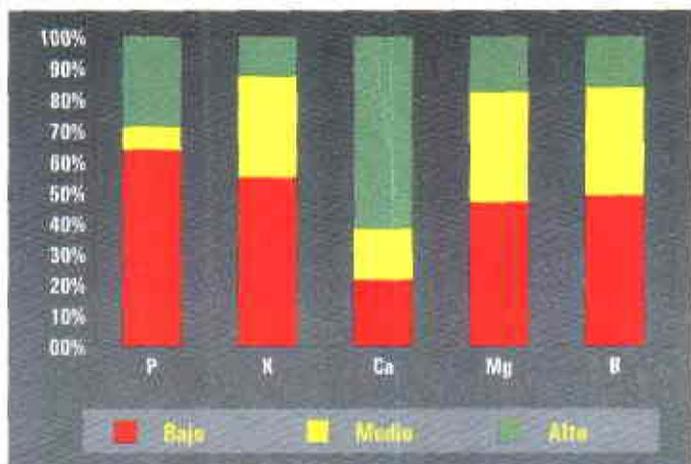
La palma de aceite tiene un alto requerimiento de cloro en comparación con otras especies vegetales. Al cloro se le atribuye cierta influencia en la prevención de algunas enfermedades.

## DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS FOLIARES Y DE SUELOS POR ZONAS DE PRODUCCIÓN DE PALMA DE ACEITE EN COLOMBIA

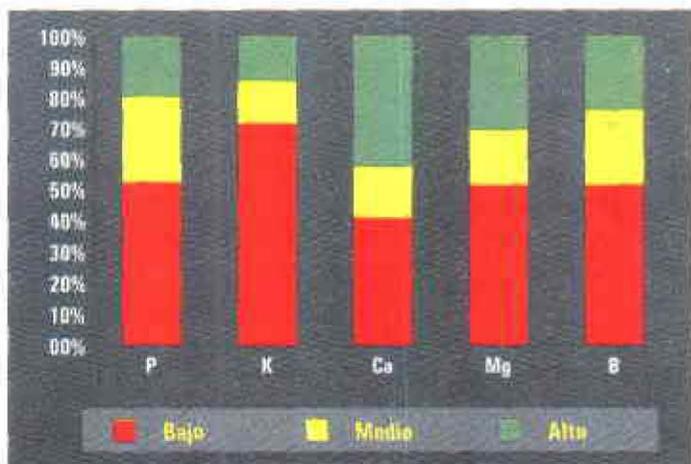
Este trabajo se desarrolló con la finalidad de conocer de manera general los rangos de variación, en las plantaciones actuales de palma de aceite, de los diferentes parámetros edáficos y foliares que se determinan en los análisis químicos y establecer contrastes entre las cuatro zonas productoras del país. El estudio estadístico utilizó los datos del banco de resultados que se viene construyendo en el Laboratorio de Análisis Foliares y de Suelos de Cenipalma e incluyó la información de 1849 muestras foliares y 710 de suelos. Para establecer las comparaciones entre zonas de producción se calcularon los valores medios para cada parámetro y los resultados individuales se agru-

paron en categorías de acuerdo con su interpretación agronómica, frente a tablas de niveles críticos. Con base en los resultados se pueden hacer las siguientes inferencias generales: i) Hay contrastes importantes entre las cuatro zonas de producción en cuanto a diferentes parámetros foliares y de suelos; ii) En la mayoría de los casos existe una alta asociación entre los parámetros edáficos y foliares (Fig. 1); iii) De la alta frecuencia de valores calificados como bajos o inadecuados agronómicamente (Fig. 1), se deduce que hay la necesidad de mejorar sustancialmente los suelos y el estado nutricional de los cultivos de palma de aceite en el país.

Fernando Munévar Martínez, Ing. Agr. MSc. PhD.; Mónica Cúellar Sánchez, Química; Martha Cristina Bustos, Química. MSc. Área de Manejo de Suelos y Agua. Cenipalma. A.A. 252171. Bogotá (Colombia)



Tejido foliar



Suelos

Figura 1. Frecuencia (%) de valores de análisis foliares y de suelos agronómicamente bajos, medios y altos en Cultivos de Palma de Aceite en Colombia

## TIPOS DE ANÁLISIS QUE OFRECE EL LABORATORIO DE CENIPALMA

Con el fin de atender de la mejor forma las necesidades de servicios analíticos de los palmicultores, el Laboratorio de Análisis Foliares y de Suelos de Cenipalma ofrece cinco tipos de análisis, los cuales se relacionan a continuación, con sus respectivas tarifas:

Tipo de análisis	Precio (US\$)
Análisis completo de suelos (Textura por Bouyoucos, pH, Al, Acidez intercambiable, Cond. Eléctrica, C.I.C., Mat. Org., P, S, K, Ca, Mg, Na, B, Fe, Cu, Mn, Zn)	30.17
Análisis foliar básico (N, P, K, Ca, Mg, B, Fe, Cu, Mn, Zn)	30.17
Análisis individual de azufre foliar	3.01
Análisis individual de cloro foliar	6.52
Análisis foliar completo (básico más azufre y cloro)	40.00

Los costos de los servicios se facturan, de acuerdo con las tarifas, por su equivalente en pesos colombianos según la Tasa Representativa del Mercado y se agrega el valor del IVA (16 %). Para solicitudes de más de cincuenta muestras se aplican descuentos por volumen que van del 8 al 12 %. Los servicios al exterior tienen un sobrecosto del 15 %.

Director:  
Pedro León Gómez Cuervo  
Coordinación Editorial:  
Oficina de Comunicaciones de Fedepalma  
Diseño y Diagramación:  
Bilma Camargo, Cenipalma  
Impresión:  
Editorial Kimpros. Tel.: 2601680  
Esta publicación contó con el apoyo del  
Fondo de Fomento Palmero