

Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos

Fertilization of Oil Palm to Obtain High Yields

Fernando Munévar M. ¹

RESUMEN

El logro de la competitividad en el cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) está altamente asociado con un manejo adecuado de su nutrición y de las prácticas de fertilización, ya que esos factores influyen directamente en los niveles de productividad. Por otra parte, la fertilización también influye en la incidencia de plagas y enfermedades que afectan el cultivo. Este artículo discute los principales criterios que deben tenerse en cuenta para diseñar y ejecutar planes de manejo nutricional de la palma de aceite que permitan lograr niveles de rendimiento y que por tanto contribuyan a la competitividad del cultivo. Se discuten aspectos relacionados con los requerimientos nutricionales del cultivo, la magnitud de las posibles respuestas del cultivo a la fertilización, los principales criterios y procedimientos que se pueden tener en cuenta para el diagnóstico nutricional y la recomendación de fertilizantes, así como el concepto de manejo integral del cultivo.

SUMMARY

Competitiveness of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) crop is highly dependent on an adequate nutritional management and appropriate fertilization practices because these two factors affect yields directly. On the other hand, fertilization also influences the incidence of pests and diseases. This article summarizes the main criteria that need to be considered for designing and conducting an oil palm nutrition program in order to obtain high yields as a contribution to achieving competitive crops. Several topics are discussed, including the nutritional requirements of the crop, the magnitude of the fertilizer responses usually found, the main criteria and procedures that can be used for a nutritional diagnosis and fertilizer recommendations, as well as the concept of integrated crop management.

Palabras claves: Palma de aceite, Aplicación de fertilizantes, Nutrición de las plantas.

¹ Ing. Agrónomo, Ph. D., Líder Área de Manejo de Suelos y Agua. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Apartado Aéreo 252171. Bogotá, D.C., Colombia. E-mail: cenipalab@cable.net.co.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es una de las mejores opciones de uso agrícola de las tierras del trópico bajo, debido a su efecto muy benigno sobre el medio ambiente y su alto potencial de rendimiento de aceite. Sin embargo, la obtención de altos niveles de rendimiento de frutos y aceite conlleva la extracción de altas cantidades de nutrientes, los cuales deben restituirse al suelo para no empobrecerlo y para sustentar nuevos ciclos de producción. Por otra parte, el nivel de fertilidad de muchos suelos cultivados con palma de aceite en Colombia es insuficiente para el desarrollo adecuado del cultivo (Munévar 1998), por lo cual es necesario su mejoramiento mediante la fertilización.

La adecuada fertilización de la palma de aceite es necesaria no sólo desde el punto de vista de su efecto directo sobre los rendimientos de fruto y de aceite, sino que la nutrición suficiente y balanceada juega un papel importante en la prevención de enfermedades y ataques de plagas que afectan el cultivo y que finalmente inciden también en los rendimientos.

El objetivo de este artículo es resumir los principales criterios que deben tenerse en cuenta para diseñar y ejecutar planes de manejo nutricional de la palma de aceite que permitan lograr niveles de rendimiento que contribuyan a la competitividad del cultivo.

La nutrición del cultivo de palma de aceite es muy importante en todas sus etapas, incluyendo los viveros y los primeros años en sitio definitivo (etapa inmadura). Sin embargo, por limitaciones de espacio, este artículo sólo trata lo referente a la nutrición y fertilización del cultivo en etapa madura.

POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE LA PALMA DE ACEITE

La palma de aceite sobrepasa ampliamente a otras especies vegetales en su habilidad para producir aceite (Mutert 1998). El promedio nacional de rendimiento de la palma de aceite en Colombia en 1999 fue de 3,9 t de aceite crudo/ha/año

(Fedepalma 2000). Sin embargo, el potencial de rendimiento de este cultivo es mucho más alto. En Malasia, los rendimientos medios más altos están comprendidos entre 5 y 6 t/ha/año de aceite crudo y se han reportado rendimientos máximos a escala comercial de 46 t/ha de racimos de fruta fresca (RFF), de los cuales se han obtenido 10,6 Xl ha de aceite crudo de mesocarpio. En plantas clonadas en el laboratorio, que se espera tengan uso comercial en algunos años, el potencial de rendimiento está estimado entre 12 y 16 t de aceite/ha/año (Mutert y Woo 1997).

Los mayores rendimientos del cultivo que se pueden lograr al hacer uso de la tecnología disponible, determinan unos requerimientos más altos de fertilización y por ello el valor de la inversión en fertilizantes es también más alto. Lo anterior determina que las prácticas de fertilización deben ser cada vez mejor planeadas y más controladas, para que de dicha inversión se logren los mayores beneficios económicos, sin afectar negativamente el ambiente.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO

La planta de palma de aceite en todas sus etapas de crecimiento demanda nutrientes. Desde unos pocos días después de la germinación hasta el final de la etapa productiva, se requiere que el medio de crecimiento esté aportando los nutrientes en cantidad suficiente y en forma balanceada. Por lo anterior, en los cultivos comerciales de palma de aceite ordinariamente los programas de fertilización se inician en los viveros mismos. Una vez sembrado el cultivo en sitio definitivo, se parte de una demanda relativamente pequeña en el primer año y ésta se incrementa progresivamente hasta cerca del quinto año, etapa a partir de la cual la demanda de nutrientes es relativamente constante, claro está, en función de los niveles de productividad (extracción de nutrientes) que se tengan. En este artículo se discute sólo lo referente a la etapa madura del cultivo, pero debe tenerse en cuenta que el suministro de nutrientes para el cultivo en su etapa inmadura, incluyendo el vivero, es determinante para obtención de rendimientos sostenidos en la etapa madura.

La alta capacidad de producción de biomasa y, como parte de ella, de aceite que tiene la palma de aceite, va acompañada de una alta demanda de nutrientes. En un cultivo, los nutrientes absorbidos por la planta toman diferentes destinos, los cuales en el caso de la palma de aceite se pueden agrupar en el consumo para sustentar el crecimiento vegetativo, la inmovilización en los diferentes tejidos y los requeridos para la producción de frutos. Esta demanda puede ser satisfecha por los nutrientes disponibles en el suelo, por el retorno atmosférico de algunos de ellos y, como generalmente las dos primeras fuentes no son suficientes, por los nutrientes que se apliquen como fertilizantes. Cuando se estiman necesidades de fertilizantes, al requerimiento directo del cultivo es necesario sumar los nutrientes que se pierden por lavado y, en algunos casos, por volatilización o cualquier otro factor que disminuya la eficiencia del fertilizante aplicado. Según los sistemas de manejo del cultivo que se practiquen, algunos de los nutrientes que absorbe la palma de aceite pueden reciclarse, tal como ocurre con aquellos contenidos en las hojas podadas y las inflorescencias masculinas, las cuales generalmente no se remueven del campo. También parte de los nutrientes que se remueven del campo al cosechar los frutos frescos pueden devolverse al suelo si luego de extraer el aceite de los frutos se retornan algunos residuos como los racimos vacíos (tusas o raquis), los efluentes de la planta extractora y otros. De todas formas, la mayor parte de los nutrientes contenidos en los racimos cosechados se remueven del sistema y requieren ser restituidos. Con base en lo anterior, el conocimiento de las cantidades de nutrientes presentes en los racimos cosechados y aquellas utilizadas para el crecimiento vegetativo se ha considerado como una información muy útil para el manejo nutricional del cultivo. En la Tabla 1 se presentan datos sobre los nutrientes extraídos con los racimos cosechados y utilizados en el crecimiento vegetativo.

Teóricamente, los datos de la Tabla 1 podrían utilizarse como uno de los criterios a tener en cuenta para estimar las cantidades de fertilizantes que sería necesario aplicar a un cultivo de palma de aceite, si no se contabiliza ningún aporte proveniente del suelo, ni de residuos de

cosecha devueltos al cultivo (tusas, efluentes, etc.). Como es lógico, fuera de los nutrientes incluidos arriba, debe considerarse que según las condiciones específicas, el cultivo puede requerir de aportes externos de otros elementos esenciales como azufre (S), boro (B) o alguno de los otros micronutrientes. En Colombia, por ejemplo, se presentan con alta frecuencia síntomas foliares de deficiencia de B en palma de aceite.

RESPUESTA DEL CULTIVO A LA FERTILIZACIÓN

Dada las características de los cultivos comerciales, la palma de aceite responde ampliamente a la fertilización en una gama amplia de condiciones de suelo y clima. Si bien los estudios más detallados sobre este tema son los realizados en Malasia, en Colombia, la experiencia acumulada de las plantaciones comerciales y algunos resultados experimentales que ya se han generado muestran que en el caso colombiano la fertilización del cultivo también juega un papel fundamental en el logro de altos rendimientos. Por ejemplo, estudios de 10 años de duración realizados en la plantación Monterrey (Puerto Wilches, Santander) mostraron aumentos en rendimiento RFF debidos a la fertilización que llegaron hasta un valor medio de 7,5 t/ha/año. En dichos estudios también se encontró que al suspender la fertilización a un cultivo maduro que se había mantenido adecuadamente fertilizado por varios años, los rendimientos de fruto comenzaron a disminuir a una tasa media anual de 1.161 kg/ha (Reyes et al. 1999).

Tabla 1. Cantidades de nutrientes removidos por los racimos de palma de aceite más el consumo para crecimiento vegetativo (que no se recicla). Datos expresados como kg/t de frutos.

| Nutriente | kg por tonelada de frutos | |
|-----------|---------------------------|-----------------------|
| | Según Ng y Thambue (1987) | Según Ng et al (1999) |
| N | 4,56 | 4,85 |
| P | 0,59 | 0,64 |
| K | 5,96 | 8,25 |
| Mg | 1,29 | 1,48 |
| Ca | 1,33 | n.d.* |

* n.d. = no determinado.

Estudios de largo plazo realizados en muchas localidades de Malasia han mostrado no sólo la alta respuesta del cultivo industrial de palma de aceite a la fertilización, sino que la obtención de altos rendimientos es dependiente de una fertilización adecuada (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de la fertilización en el rendimiento de la palma de aceite en algunos suelos de Malasia.

| Suelo | Racimos frescos (t/ha/año) | |
|-----------------------|----------------------------|------------------|
| | Sin fertilizante | Con fertilizante |
| Typic Paleudult | 20,4 | 28,5 |
| Aquic Paleudult | 15,2 | 23,6 |
| Typic Hapludox | 20,1 | 30,9 |
| Plinthaquic Paleudult | 16,7 | 31,2 |
| Typic Paleudult | 8,6 | 31,8 |

* Adaptada de Ng et al. (1999).

CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL DIAGNÓSTICO NUTRICIONAL Y LA RECOMENDACIÓN DE FERTILIZANTES

A través del tiempo se han utilizado diferentes procedimientos para establecer las recomendaciones de fertilización de la palma de aceite. Dichos procedimientos se han agrupado en cuatro categorías (Kee et al. 1994) así: i) Métodos basados en niveles críticos de nutrientes en el suelo y en las hojas; ii) Métodos basados en la relación óptima entre nutrientes; iii) Métodos basados en funciones de respuesta en rendimiento; iv) Método del balance de nutrientes. En la práctica, las recomendaciones de fertilización pueden basarse en una combinación de los métodos antes mencionados. En este artículo se sugiere la utilización integrada de diferentes criterios y procedimientos que hacen parte de los métodos antes enumerados, exceptuando los basados en las funciones de respuesta, por no contar aún con suficientes resultados experimentales sobre ese aspecto en Colombia.

Diagnóstico de las deficiencias nutricionales

Síntomas de deficiencias

Uno de los primeros pasos en el proceso de prescribir una fertilización es determinar qué

deficiencias nutricionales puede tener el cultivo en su estado actual e idealmente si dichas deficiencias se han presentado con anterioridad. Para el diagnóstico de las deficiencias nutricionales es de gran ayuda la observación de las plantas en el campo para detectar síntomas foliares de deficiencia. El profesional de campo puede apoyarse para este trabajo en las múltiples publicaciones que describen estos síntomas (ejemplo: Instituto de la Potasa y el Fósforo 1997).

Si bien la detección de síntomas de deficiencia nutricional es muy útil, deben tenerse en cuenta dos aspectos fundamentales: no todos los elementos esenciales expresan síntomas de deficiencia apreciables y diferenciables a simple vista y por otra parte, una planta puede pasar un período importante de tiempo sujeta a niveles deficitarios de un nutriente antes de que los síntomas visuales se hagan aparentes. La identificación acertada de deficiencias nutricionales a través de los síntomas en el caso de la palma de aceite está limitada a los nutrientes N, K, Mg y B. Con un mayor grado de dificultad se pueden identificar a través de los síntomas foliares las deficiencias de Cu, Mn, Fe y Zn (von Uexküll y Fairhurst 1999). Por esta razón, la observación en el campo de síntomas de deficiencia debe considerarse como una ayuda muy útil, pero de ninguna manera suficiente para el diagnóstico. Las Figuras 1 y 2 son ejemplos de síntomas foliares de deficiencias de fácil observación.

Análisis foliares y de suelos

Los análisis foliares se han utilizado por mucho tiempo para el diagnóstico del estado nutricional de la palma de aceite. Si bien la concentración foliar de un nutriente determinado tiene una amplia variabilidad por efecto del clima, la edad del cultivo, la posición y edad de la hoja, la posición de los folíolos dentro de una hoja determinada, la hora del día y otros factores, se ha establecido una metodología estandarizada de muestreo y manipulación de las muestras (Munévar y Franco 1998) que permite el uso práctico y confiable del análisis foliar como herramienta de diagnóstico nutricional. La utilidad de los resultados de los análisis foliares es altamente dependiente de la calidad de las muestras que se tomen y luego de ello de la



Figura 1. Deficiencia de magnesio en una hoja vieja de una palma adulta. Obsérvese el color amarillo ocre de los foliolos apicales (más expuestos al sol) y la permanencia de color verde en la base de dichos foliolos y en los más cercanos a la base de la hoja. Una hoja vieja se nota completamente desecada (foto del autor).

calidad del servicio que ofrezca el laboratorio encargado de realizar los análisis químicos (Cuellar y Munévar 2000).

La interpretación y utilización de los resultados de los análisis foliares comprenden varios pasos y deben realizarse de forma integral, involucrando otros insumos de información, entre los cuales los más importantes son: i) Los resultados de análisis foliares de ciclos de producción anteriores, ii) Los registros de rendimiento actual y de años anteriores, iii) Los registros de la fertilización aplicada en años anteriores, iv) Los resultados de análisis de suelos recientes y antiguos y v) Los registros de precipitación pluvial.

Un primer paso en la interpretación de los análisis foliares es cotejar los resultados obtenidos con una tabla de niveles críticos u óptimos que se considere adecuada para las condiciones del cultivo en consideración. Para propósitos generales se sugiere guiarse por los valores que se consignan en la Tabla 3. Al confrontar los resultados con la tabla de interpretación, se tiene un primer criterio para identificar los nutrientes limitantes.

Un segundo paso a seguir es la obtención de algunos cálculos básicos a partir de los resultados



Figura 2. Una de las múltiples expresiones de deficiencia de boro es la llamada "espina de pescado" que se presenta en hojas jóvenes durante sus estados de pleno crecimiento (foto del autor).

entregados por el laboratorio. Por una parte, conviene calcular algunas relaciones de concentración entre los elementos, como ayuda para la identificación de posibles desbalances. En

Tabla 3. Guía general para la interpretación del análisis foliar de la palma de aceite adulta (hoja 17).

| Elemento | Calificación* | | |
|----------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Bajo (menor o igual a) | Medio (mayor e igual a) | Alto (mayor e igual a) |
| N (%) | 2,33 | 2,34-2,59 | 2,60 |
| P (%) | 0,15 | 0,16-0,17 | 0,18 |
| K (%) | 1,07 | 1,08-1,19 | 1,20 |
| Ca (%) | 0,58 | 0,59-0,64 | 0,65 |
| Mg (%) | 0,24 | 0,25-0,27 | 0,28 |
| S (%) | 0,22 | 0,23-0,25 | 0,26 |
| B (ppm) | 15 | 16-17 | 18 |
| Cl (ppm) | 0,50 | 0,51-0,69 | 0,70 |
| Fe (ppm) | 71 | 72-79 | 80 |
| Mn (ppm) | 134 | 135-149 | 150 |
| Zn (ppm) | 13,4 | 13,5-14,9 | 15,0 |
| Cu (ppm) | 4,3 | 4,4-4,9 | 5,0 |

* Interpretación de la calificación:

Bajo: ejerce fuerte limitación a la productividad; hay una alta probabilidad de respuesta positiva a su aplicación.

Medio: ejerce una mediana pero significativa limitación a la productividad; hay una probabilidad media de respuesta positiva a su aplicación.

Alto: suficiente para mantener la productividad actual por algún tiempo; si se aleja mucho del límite superior puede generar desbalance con otros nutrientes o representar condición de toxicidad.

este sentido es muy útil considerar las siguientes relaciones: N/K; (Ca+Mg)/K; N/P; Ca/B, N/S, Ca+Mg+K, entre otras. Los valores óptimos de las relaciones entre nutrientes se pueden derivar de la misma tabla de niveles críticos. Por otra parte, es muy útil transformar los valores absolutos de las concentraciones de nutrientes en los llamados índices de balance, lo cual consiste simplemente en dividir el resultado de análisis de cada elemento por el correspondiente nivel óptimo elegido, de tal manera que se uniformiza la escala de evaluación de todos los nutrientes. Los valores calculados se pueden expresar como fracciones de la unidad o como porcentaje, y con ellos se elaboran gráficas que permiten visualizar ágilmente la desviación relativa de los nutrientes con respecto al óptimo y formarse una idea de qué nutrientes pueden ejercer el mayor grado de limitación para la productividad. La interpretación conjunta de los diagramas de índices de balance y de las relaciones entre nutrientes aporta información muy útil para decidir qué nutrientes pueden jugar un papel más estratégico en el mejoramiento de la productividad, qué orden de aplicación de nutrientes debería seguirse y, en parte, qué fuentes de nutrientes serían más indicadas para las condiciones específicas del cultivo.

La comparación de los resultados de análisis foliares a través del tiempo es una herramienta muy útil para evaluar las prácticas de fertilización que se vienen siguiendo en la plantación, especialmente cuando su análisis se combina con el comportamiento de los rendimientos. Con esta finalidad se puede analizar la información tanto a partir de los valores absolutos de los análisis como haciendo uso de los índices de balance que se hayan calculado. Cuando una plantación ha acumulado datos confiables de análisis foliares y rendimiento por unidades espaciales de producción y muestreo foliar (lotes) por varios años, puede hacer estudios estadísticos simples que permiten ajustar las tablas de niveles críticos de carácter general y obtener niveles críticos locales para sus propias condiciones (Acosta 1996).

Los análisis de suelos juegan un papel importante en el diagnóstico del estado nutricional del cultivo y complementan, de manera efectiva, la información aportada por los análisis foliares.

Además del papel indiscutible que juegan los análisis de suelos para tomar decisiones sobre uso de enmiendas y fertilización antes de la siembra y en la etapa inmadura del cultivo, en la etapa madura dichos análisis permiten conocer el aporte potencial de nutrientes que se puede esperar y otros aspectos importantes que no se reflejan directamente en los análisis foliares. Un solo ejemplo de este tipo de situaciones son los casos frecuentes de falta de respuesta a la fertilización por desbalances entre nutrientes en el suelo, o por excesos de acidez, alcalinidad, salinidad o sodicidad. Dado el largo plazo del cultivo de palma de aceite, es necesario estar evaluando periódicamente por medio de análisis químicos las modificaciones que se inducen en el suelo por el uso continuado de fertilizantes y enmiendas. El impacto del uso del suelo en la producción de palma de aceite sobre parámetros tan importantes como el nivel de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, los niveles de sales, la modificación de la acidez y la inducción de gradientes de concentración de nutrientes en el perfil sólo se puede determinar por medio de análisis de suelos realizados periódicamente. Por otra parte, el conocimiento de las características químicas actuales del suelo es fundamental para hacer una elección acertada de las fuentes de nutrientes a utilizar como fertilizantes.

Al igual que en los análisis foliares, en la interpretación de los resultados de los análisis de suelos se utilizan tablas de niveles críticos o niveles de referencia, como la Tabla 4.

Cuantificación de las necesidades de fertilizantes

La aplicación de los criterios y procedimientos antes descritos permite determinar qué nutrientes es necesario aplicar al cultivo para las condiciones en que se encuentra. El siguiente paso lógico en este proceso de decisiones es estimar los requerimientos cuantitativos de nutrientes.

Un estimativo de las cantidades de nutrientes requeridas para un ciclo de fertilización dado, generalmente consta de tres componentes: i) La demanda de nutrientes para llevar su concentración foliar al nivel óptimo, de tal manera la

planta no tenga limitaciones fisiológicas a causa de los nutrientes (requerimiento para nivelación nutricional), ji) La cantidad de nutrientes requerida para compensar la extracción de los mismos en los racimos a cosechar en el ciclo de producción (requerimiento por extracción), iii) Los ajustes por eficiencia agronómica de los fertilizantes, que sea necesario hacer.

El requerimiento para la nivelación nutricional se determina calculando la diferencia entre la concentración foliar del nutriente encontrada en el análisis realizado para el ciclo y la concentración óptima (Tabla 3). Esta diferencia en concentración se convierte a masa de nutriente mediante un factor de masa foliar que es dependiente de la edad del cultivo y el material de siembra, pero que para propósitos generales se puede tomar como 130 kilogramos de masa foliar seca por palma.

Ejemplo:

El requerimiento para nivelación nutricional de K en un cultivo con 0,9% de K en la hoja No. 17, cuando el nivel óptimo se toma como 1,2% y la masa foliar por palma se toma como 130 kg sería: $(0,3 \times 130) / 100 = 0,390$ kg de K por palma.

Tabla 4. Guía básica para la interpretación de análisis de suelos para palma de aceite.

| Parámetro | Unidades | Calificación | | |
|-------------------------|----------|--------------|-----------|-------|
| | | Bajo | Medio | Alto |
| PH | | <4,5 | 4,5-5,5 | >5,0 |
| Conductividad eléctrica | dS/m | <2,0 | 2,0-4,0 | >4,0 |
| Materia orgánica | % | <2,0 | 2,0-4,0 | >4,0 |
| C,I,C | meq/100g | <10 | 10-20 | >20 |
| P (Bray II) | ppm | <15 | 15-20 | >20 |
| K | Meq/100g | <0,2 | 0,2-0,4 | >0,4 |
| Mg | Meq/100g | <0,2 | 0,2-0,3 | >0,3 |
| S | ppm | <10 | 10-15 | >15 |
| B | ppm | <0,25 | 0,25-0,50 | >0,50 |
| Fe | ppm | <15 | 15-30 | >30 |
| Cu | ppm | <0,5 | 0,5-1,5 | >1,5 |
| Mn | ppm | <5 | 5-10 | >10 |
| Zn | ppm | <1,0 | 1,0-2,0 | >2,0 |
| Saturación de Al | % | <25 | 25-50 | >50 |
| Saturación de K | % | <3 | 3-6 | >6 |
| Saturación de Ca | % | <20 | 20-40 | >40 |
| Saturación de Mg | % | <10 | 10-20 | >20 |
| Saturación de Na | % | <10 | 10-15 | >15 |

Los requerimientos de nutrientes por extracción en la cosecha pueden calcularse mediante diferentes procedimientos. En los países con mayor desarrollo tecnológico en la palmicultura se utilizan, por ejemplo, modelos matemáticos. Para el caso de Colombia, un procedimiento sustitutivo es la utilización de "tablas de consumo de nutrientes", como la Tabla 1.

De esta forma, en un cultivo cuya productividad se proyecte en 28 t de racimos/ha/año se estimaría el siguiente requerimiento de K para compensar la extracción, convirtiendo previamente los valores de la Tabla 1 a sus equivalentes por cada palma (143 palmas/ha).

$$28t \times 41,7 \text{ g/t} = 1.168 \text{ g de K/palma/año}$$

Integrando los requerimientos calculados en los dos pasos anteriores, se tendría para el cultivo del ejemplo, un requerimiento total de 1.558 g de K/palma/año.

Los ajustes por eficiencia agronómica de los fertilizantes son específicos para cada nutriente, sustancia química, tamaño de partícula del fertilizante, tipo de suelo, régimen de lluvia y forma de aplicación. En general, se deben prever adiciones por este factor entre 10 y 40%. En este paso es también necesario tener en cuenta que los desbalances nutricionales detectados, tanto en el análisis de suelos como en el foliar, generalmente indican la necesidad de aplicar cantidades adicionales del o los nutrientes cuya absorción esté limitada por dichos desbalances.

Selección de fuentes de nutrientes

Luego de haber determinado los requerimientos cuantitativos de fertilizantes viene un paso igualmente importante cual es la selección de las fuentes de nutrientes más indicadas. En este paso es necesario tener en cuenta, entre otros, los siguientes aspectos: i) Los elementos químicos que contiene el fertilizante, diferentes al nutriente "principal"(elemento acompañante), ya que si dicho elemento acompañante no es requerido por el cultivo en el presente ciclo de fertilización, su uso podría ser perjudicial porque podría generar desbalances nutricionales, ii) El efecto acidificante, alcalinizante o salinizante

que pueda tener el fertilizante, en relación con las características actuales del suelo, iii) La solubilidad y reactividad del fertilizante, en función de la rapidez con que se requiera que el nutriente que porta esté disponible para ser absorbido por la planta, o de la susceptibilidad al lavado en virtud de las características del suelo y el régimen de lluvias, iv) La volatilidad del fertilizante, v) La concentración de las formas disponibles del nutriente en el fertilizante y en el caso de fertilizantes complejos, la relación entre las concentraciones individuales de los nutrientes que porte.

Los aspectos técnicos antes mencionados deben tener un mayor peso en la selección de fuentes de nutrientes que el costo por unidad de peso del fertilizante. Muchas veces hay la tendencia a darle más peso al costo y se eligen fuentes inadecuadas para el caso específico y por ello tienen un comportamiento tan ineficiente que resultan más caras por unidad de producto efectivo y no se logran los rendimientos esperados.

La selección de los fertilizantes comerciales que se van a aplicar es un paso que también juega un papel muy importante en el logro de una fertilización eficiente y eficaz. Desafortunadamente se encuentran en el mercado algunos fertilizantes de mala calidad y por ello el comprador debe tener especial cuidado para adquirir sólo productos que tengan los registros exigidos por las entidades de control y cuyo productor y expendedor sean de su entera confianza.

MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO

Es fundamental tener en cuenta que el logro de altos rendimientos en el cultivo de palma de aceite solamente es posible si todos los factores que afectan la productividad se manejan adecuadamente. La aplicación de fertilizantes a

cultivos que tengan otras limitaciones para su crecimiento y producción no tendrá los efectos esperados y en casos extremos su efecto puede llegar a ser nulo.

Entre los factores que tienen una influencia más directa en la efectividad y eficiencia de la fertilización está la condición física del suelo, principalmente en lo referente a su dureza, permeabilidad, aireación y profundidad efectiva. En suelos compactados o con encostramiento superficial, los fertilizantes no se incorporan en el perfil del suelo y por tanto son muy susceptibles de lavarse por el agua de escorrentía, y por otra parte modifican solamente un volumen muy pequeño del sistema radical de la planta.

El sitio de colocación y la época de aplicación de los fertilizantes también deben elegirse con base en criterios técnicos, pues también afectan la eficiencia de la fertilización.

El grado de desarrollo, la distribución espacial y el estado sanitario del sistema radical del cultivo son factores también de mucha influencia como determinantes de la efectividad de la fertilización. Las condiciones físicas del suelo antes mencionadas en muchos casos limitan el desarrollo radical y por otra parte plagas de la raíz como *Sagalassa valida* Walker (Lepidoptera: Glyphipterygidae), cuando atacan severamente el cultivo limitan la función de absorción de nutrientes del sistema radical. Tanto los limitantes físicos como los problemas de plagas deben resolverse para

que los fertilizantes puedan impactar la productividad del cultivo.

El estrés hídrico es otro factor que interactúa en alto grado con la fertilización. Como es ampliamente conocido, el déficit de agua limita severamente los procesos de disolución, absorción, translocación y metabolismo de los nutrientes. Un experimento llevado a cabo por varios años en la región de Quevedo (Ecuador) por Mite et al. (1999) mostró muy claramente la interacción positiva del riego y la fertilización.

El sitio de colocación y la época de aplicación de los fertilizantes también deben elegirse con base

en criterios técnicos, pues también afectan la eficiencia de la fertilización. Con esta finalidad deben relacionarse las fuentes de nutrientes escogidas con el clima, la edad del cultivo y las características del suelo.

El estado sanitario general del cultivo influye en su nutrición y en la efectividad de los fertilizantes que se le suministren. Las enfermedades y plagas que afectan el follaje son limitantes para los procesos de fotosíntesis y transpiración y por ello limitan la absorción y asimilación de nutrientes. Otro tanto ocurre con las enfermedades vasculares, cuyo principal efecto es impedir el transporte de agua y nutrientes a la parte aérea de la planta.

Por otra parte, el estado nutricional del cultivo influye **como factor** predisponente a ciertas enfermedades (Munévar **et al.** 2001).

En el manejo integral de la nutrición del cultivo de palma de aceite debe tenerse en cuenta que hay diversas posibilidades de usar fuentes orgánicas y biológicas de nutrientes, a través del uso de coberturas, sobre todo las de leguminosas adecuadamente inoculadas con rizobios, diversos subproductos del proceso de extracción del aceite y otros materiales orgánicos exógenos al cultivo. Como ocurre en otros cultivos, generalmente hay una interacción positiva de importancia entre las fuentes orgánicas de nutrientes y los fertilizantes minerales.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA G., A. 1996. Fase operativa de un programa de fertilización. *En*: Memorias Primer Curso Internacional de Palma de Aceite. Cenipalma. Santafé de Bogotá, p. 179-194.

CUÉLLAR S., M.; MUNÉVAR M., F. 2000. Control de calidad de los resultados analíticos en el Laboratorio de Análisis Foliar y de Suelos de Cenipalma. *Palmas (Colombia)* v.21 no. Especial, Tomo 1, p.92-98.

FEDERACIÓN NACIONAL DE CULTIVADORES DE PALMA DE ACEITE. BOGOTÁ (COLOMBIA). 2000. Visión y estrategias de la palmicultura colombiana: 2000-2020. Resumen Ejecutivo. Fedepalma. Bogotá. 15p.

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO. 1997. Síntomas de deficiencias de nutrientes y desórdenes en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.). Guía de bolsillo. Singapore.

KEE, K. K.; GOH, K. J.; CHEW, P. S.; TEY, S. H. 1994. An integrated site specific fertilizer recommendation system (INFERS) for high productivity in mature oil palms. *In*: Chee, K. H. (Ed.). Management for enhanced profitability in plantations. International Planters Conference. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur. p.83-100.

MITE, F.; CARRILLO, M.; ESPINOSA, J. 1999. Influencia de la fertilización y el riego sobre el desarrollo, nutrición y rendimiento de la palma africana en Ecuador. *Informaciones Agronómicas (Ecuador)* no. 36, p.1-5.

MUNÉVAR M., F. 1998. Problemática de los suelos cultivados con palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* v.19 no. Especial, p.218-228.

MUNÉVAR M., F.; ACOSTA G., A.; GÓMEZ C, P. L. 2001. Factores edáficos asociados con la pudrición de cogollo de la palma de aceite en Colombia. *Palmas (Colombia)* v.22 no.2, p.9-19.

MUNÉVAR M., F.; FRANCO, P. N. 1998. Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite. Cenipalma. Santafé de Bogotá. (Boletín Técnico No 12).

MUTERT, E. W. 1998. El potasio en la palma aceitera. *Informaciones Agronómicas (Ecuador)* No 30, p.1-6.

MUTERT, E. W.; WOO, Y. C. 1997. Máxima explotación del rendimiento genético potencial de la palma aceitera en el sur de Tailandia. *Informaciones Agronómicas (Ecuador)* no 27, p.10-13.

NG, H. C, P.; CHEW, P. S.; GOH, K. J.; KEE, K. K. 1999. Nutrient requirements and sustainability in mature oil palms-An assessment. *The Planter (Malasia)* v.75 no.880, p.331- 345.

NG, S. K.; THAMBOO, S. 1967. Nutrient contents of oil palms in Malaysia. *In*: Nutrients required for reproduction: fruit bunches and male inflorescens. *Malaysian Agricultura Journal (Malasia)* v.46, p.3-45.

REYES, A.; DURAN, C; MUNÉVAR, F; ROMÁN, L 1999. Análisis de experimentos de fertilización en Monterrey. *En*: Centro de Investigación en Palma de Aceite. III Reunión Anual de Evaluación. Resúmenes. Cenipalma, Santafé de Bogotá, p. 39-40.

VON UEXKULL, H. R; FAIRHURST, T. H. 1999. Some nutritional disorders in oil palm. *Better Crops International (Canadá)* v.13 no.1, p.16-21.