

Requerimiento de micronutrientes para el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.)¹

Requirements of micronutrients for the oil palm crop
(*Elaeis guineensis* Jacq.)

ERIC J. OWEN BARLETT²

RESUMEN

Los micronutrientes se encuentran en cantidades bajas en el suelo y la cantidad aprovechable por las plantas es mucho menor. Afortunadamente, la palma de aceite requiere de niveles muy bajos. La deficiencia de micronutrientes es mayor en los suelos de textura gruesa, bajos en materia orgánica y pH neutro o alcalino, a excepción del Molibdeno que es deficiente en suelos neutros o alcalinos. El contenido de micronutrientes en los suelos palmeros de Colombia, en general, son adecuados a excepción del Boro que es bajo. El contenido de micronutrientes (g/palma) en la parte aérea de la palma de aceite de más de 12 años de edad es: Hierro=10,69; Manganeso=50,9; Zinc=18,4; Cobre=4,7 y Boro=4,5. Los micronutrientes a excepción del Molibdeno y Cloro, son poco móviles en la planta. La translocación de micronutrientes de las hojas viejas a las nuevas se ve muy reducido, produciendo los síntomas de deficiencias en las hojas jóvenes. La aplicación de los microelementos varía de acuerdo con el microelemento y la fuente. Se espera que este

SUMMARY

Micronutrients are found in the soil in small quantities and the amount the plants can use is much smaller. Fortunately, oil palm requires very low micronutrient levels. Micronutrient deficiency is higher in coarse soils, with low organic matter content and a neutral or alkaline pH, except for molybdenum, which is low in neutral or alkaline soils. Micronutrient levels of oil palm soils in Colombia are adequate, except for boron. The micronutrient content (g/tree) of the aerial part of oil palms over 12 years of age is: Iron=10,69; Manganese=50,9; Zinc=18,4; Copper=4,7; and Boron=4,5. Micronutrient movement in the plant, except for Molybdenum and Chlorine, is low. Micronutrient translocation from old to new fronds is reduced producing deficiency symptoms in the young fronds. Microelement application varies according to the microelement and the source. This paper is expected to contribute to the production and productivity of the industry, as well as to provide a consultation source for the Technical Assistants responsible for oil palm crops.

Contribución del Programa Nacional de Oleaginosas Perennes. Sección Oleaginosas. ICA.

² I.A. M.Sc, Ph.D., Edafólogo, Programa Nacional de Oleaginosas Perennes, ICA. C.I. «La Libertad». Apartado Aéreo 2011. Villavicencio, Colombia.'

documento contribuya a aumentar la producción y la productividad de la industria y sirva como fuente de consulta a los técnicos dedicados al cultivo de la palma de aceite.

Palabras claves: Palma de aceite, Micronutrientos, Suelos.

INTRODUCCION

Los micronutrientos (Boro, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso, Molibdeno y Cloro) se denominan así porque su requerimiento en las plantas es en muy pequeñas cantidades (pocos kg/ha) pero esto no significa que no sean vitales para el buen desarrollo de las plantas. Los microelementos, como también se llaman, tienen varias funciones, entre ellas se anotan las siguientes: facilitan la entrada de otros elementos a las células y ayudan a orientarlos en su respectiva posición donde ellos pueden llevar a cabo su función en la célula, funcionan como catalizadores y actúan en los procesos de oxidación y reducción.

Las posibles razones del incremento en la importancia de los microelementos son:

- El aumento en las dosis de fertilizantes y consecuentemente en la producción, extrayendo mayor cantidad de microelementos.
- El incremento en el uso de fertilizantes de alto análisis donde se remueven las impurezas (microelementos).

El uso de variedades superiores en rendimiento, incrementando la producción y la remoción de microelementos.

En el cultivo de palma de aceite, el micronutriente más importante es el boro, aunque la extracción de hierro es mayor que la del manganeso, la de este mayor que la de zinc, la de este mayor que la de cobre y la de este último, mayor que la de boro. Esto es debido a los bajos niveles de boro en los suelos comparados con el resto de los micronutrientos. Además, la deficiencia de boro afecta los puntos de crecimiento (meristemo), tanto de la parte aérea como de las raíces. Al existir raíces atrofiadas y cortas hay poca exploración del suelo y poca extracción de los otros elementos, reduciéndose así el crecimiento y la producción de la palma.

Este trabajo sobre los requerimientos de la palma de aceite, en cuanto a los micronutrientos, está basado en una revisión de literatura tanto nacional como de otros países tropicales, en investigaciones llevadas a cabo por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA) y en observaciones hechas a nivel de campo. Se hace énfasis en las características del suelo, el estado nutricional de la palma, los requerimientos nutricionales y el uso eficiente de los fertilizantes.

Se espera que este documento contribuya a aumentar la producción y la productividad de la industria y sea un aporte de consulta para los Asistentes Técnicos dedicados al cultivo de la palma de aceite.

CONTENIDO Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MICRONUTRIENTES EN EL SUELO

Boro

El contenido total de boro en los suelos tropicales es de 5 a 150 ppm y correlaciona muy bien con el contenido del material parental. En suelos ferrolíticos desaturados es entre 0,1 y 0,5 ppm, para un promedio de 0,4 ppm (Eschbach 1980). En cambio el contenido de boro aprovechable por las plantas en el suelo es muy bajo (0,1-2,5 ppm) (Malavolta et al. 1962). Se esperan deficiencias de Boro en suelos con un contenido entre 0,3-0,5 ppm (Chapman 1966).

En el suelo, el boro se halla en tres formas: dentro de los minerales de sílice, absorbido por las arcillas e hidratos de hierro y aluminio y en la materia orgánica, (Sineh 1987). Es el elemento que más combina químicamente con la materia orgánica, para luego ser liberado por el metabolismo de los microorganismos. La liberación se disminuye durante la época seca por la menor actividad microbiana. Además, el boro es el micronutriente que más comúnmente presenta

deficiencias en los cultivos, tiende a fluctuar de año en año y es más severo en la época seca (Bowen y Kratky 1983).

Este microelemento, generalmente, se encuentra en cantidades suficientes en suelos de origen sedimentario marino y deficiente en suelos bajos en el contenido total de boro como: fluvents (aluviales), Spodosol (podsoles), Histosols (orgánicos), Udipsamments (regosoles) y Haplaquepts (gley húmicos bajos) y, especialmente, en suelos de texturas gruesas (arenosas a arenosas francas), bajos en materia orgánica, pH cercano al neutro a alcalino (ricos en calcio con una relación Ca/B mayor de 600), en suelos altos en potasio (K 0,30 me/100 g) con una relación K/B 200 y altos en nitratos y bajos en fósforo (Lucas y Knezek 1972).

Las condiciones de clima bajo, las cuales se presentan más deficiencias de boro son en la época seca, en regiones donde hay lluvia moderada a alta (suelos lavados) y cuando hay alta intensidad de luz (Lucas y Knezek 1972).

Zinc

En los suelos tropicales, el contenido total de zinc es de 10 a 300 ppm; el disponible es alrededor de 1 ppm y se presentan deficiencias con niveles menores de 0,8 ppm (Malavolta et al. 1962). La mayor parte del zinc disponible para la planta está concentrada en el horizonte superficial, donde hay mayor descomposición de los residuos orgánicos (materia orgánica) (Bergeaux 1966).

El zinc se encuentra en el suelo en tres formas: dentro de los minerales de sílice, absorbido en las arcillas y en la materia orgánica. Por lo general se encuentra deficiente en suelos con contenido total bajo de Zn como: Haplaquolls (gley húmicos), Haplaquepts (gley húmicos bajos), Fluvents (aluviales), Udipsamments (regosoles), Histosols (orgánicos) y, especialmente, en suelos de texturas gruesas, bajos en materia orgánica, pH cercano al neutro (6,5) a alcalino (ricos en Ca o con alto contenido de carbonatos), así como en suelos altos en P y donde hay alta aplicación de N, K y estiércol. En suelos compactados y mal aireados también se presenta deficiencia de Zn debido a la restricción del crecimiento radicular y la baja absorción (Lucas y Knezek 1972).

Las condiciones climáticas bajo las cuales se encuentran más deficiencias de zinc son las de alta precipitación y bajas temperaturas (Bowen y Kratky 1983).

Cobre

El contenido total de cobre en los suelos tropicales es de 10 a 150 ppm y el disponible entre 10 y 50 ppm (Malavolta et al. 1962). El cobre disponible para la planta se encuentra en la solución del suelo o absorbido a las arcillas. La concentración en los suelos minerales es de 4-6 ppm y en suelos orgánicos de 20-30 ppm (Bowen y Kratky 1983).

El cobre se encuentra en el suelo dentro de los minerales de sílice como cobre elemental (Cu^{*2}), sales neutrales insolubles, compuestos solubles adheridos a la arcilla y compuestos orgánicos de cobre. Este microelemento prácticamente está inmóvil en el suelo (Bergeaux 1966).

El Cu es el micronutriente que menos presenta deficiencias en los cultivos. Generalmente se encuentran deficiencias de cobre en suelos de texturas gruesas, bajos en materia orgánica, pH cercano al neutro (6,5) o alcalino, en suelos altos en P, N, Zn, Fe y Mn y en suelos orgánicos ácidos. El cobre reacciona con la materia orgánica para formar compuestos insolubles para la planta (Lucas y Knezek 1972).

Hierro

El contenido total de hierro en los suelos tropicales es muy alto (5.000-50.000 ppm) (Malavolta et al. 1962). Es el cuarto elemento en abundancia después del oxígeno, sílice y aluminio. Es muy abundante, pero su deficiencia es frecuente debido a la solubilidad y a la disponibilidad de la forma ferrosa (Fe^{*2}) (Bergeaux 1966).

El hierro se encuentra en el suelo en tres formas: como metal libre, y en las formas ferrosa (Fe^{*2}) y férrica (Fe^{*3}) (Bowen y Kratky 1983). El hierro férrico (Fe^{*3}) forma productos insolubles como óxidos, hidróxidos y fosfatos. El hierro ferroso (Fe^{*2}) es disponible para las plantas y se encuentra absorbido a los coloides y en la solución del suelo (Bergeaux 1966).

Las deficiencias de hierro se presentan en suelos bajos en hierro total, alcalinos con pH 8 o más alto, altos en carbonatos de Ca libre y en bicarbonatos y altos en estiércol, P, N, Mn, Cu y Zn (Lucas y Knezek 1972; Malavolta et al. 1962).

Las condiciones de mala aireación (exceso de CO_2), causados por la alta humedad y la compactación del suelo, crean condiciones anaeróbicas con potencial de

oxidoreducción de 200-300 mv que favorece la formación de Mn^{*2} que compite con el Fe^{*2} (Bowen y Kratky 1983). En climas con temperaturas extremas es donde más se encuentran deficiencias de hierro (Lucas y Knezek 1972).

Manganeso

La concentración total de manganeso en el suelo tropical varía entre 200 y 3.000 ppm (Malavolta et al. 1962), pero contiene menos de 1 ppm de manganeso disponible (Mn^{*2}) para las plantas. La mayor disponibilidad se encuentra a valores de pH 5 y 6,5, en suelos con potencial de oxidoreducción de 200 a 500 mv, con los cuales se favorecen la formación de Mn^{*2} (Bergeaux 1966).

El manganeso, generalmente, se encuentra deficiente en suelos derivados de material parental bajo en Mn (origen calcáreo), suelos neutros o alcalinos (pH más de 6,5), altos en Fe, Cu y Zn, altos en materia orgánica y algunos suelos mal drenados como: Histosols (orgánicos), Aquóds (podsol húmedos), Udipsamments (regosoles) y Haplaquepts (gley húmicos bajos) (Lucas y Knezek 1972).

Las condiciones climáticas también influyen en las deficiencias de manganeso, principalmente en épocas secas; además, factores como alta temperatura y alta humedad aceleran la actividad microbiana del suelo que oxida el Mn^{-2} a Mn^{*3} , el cual no es aprovechable por las

plantas. La baja intensidad de luz también causa la deficiencia de manganeso (Bowen y Kratky 1983).

Molibdeno

Es el micronutriente menos abundante en el suelo. El contenido total de molibdeno en suelos tropicales es de 0,2 a 5 ppm (Malavolta et al. 1962). El molibdeno disponible para las plantas es mucho menor (0,2 a 1,0 ppm), a excepción de los suelos de origen volcánico donde el contenido llega a 300 ppm (Bowen y Kratky 1983). Se pueden presentar deficiencias de molibdeno con un nivel menor de 1 ppm (Malavolta et al. 1962).

El molibdeno se encuentra en el suelo dentro de los minerales, como sales solubles en la solución del suelo, adsorbidos a los coloides y en la materia orgánica. Las formas de Mo disponibles para la planta son las que se encuentran en la solución del suelo y adsorbidas por los coloides (Bergeaux 1966).

El molibdeno generalmente se encuentra en cantidades deficientes en suelos derivados de material parental bajo en Mo como: Udipsamments (regosoles ácidos), Spodosol (podsoles ácidos) e Histosol (orgánicos ácidos) y en suelos altos en Fe libre como los Aquóds (Bog hierro) (Lucas y Knezek 1972). La deficiencia se acentúa en suelos de texturas gruesas, altos en Mn, Cu y S y con pH de 5,5 o menos (Bowen y Kratky 1983).

Cloro

Suelos bien drenados y en regiones de alta precipitación son generalmente bajos en el anión Cl, ya que no es retenido por los coloides del suelo y es fácilmente lixiviable. Es uno de los elementos fácilmente removibles en el proceso de lixiviación (Taffin y Quendez 1980). Por ser muy móvil en el suelo, no es posible incrementar su reserva; la nutrición está sujeta a la aplicación de fertilizante o al suministro por la lluvia, y el nivel en la planta depende de la relación entre la cantidad aplicada y la lixiviada (Ollagnier 1972).

FUNCIONES DE LOS MICROELEMENTOS EN LA PLANTA

Boro

Función. La deficiencia de boro en las plantas superiores altera la actividad y la integridad de la membrana exterior del citoplasma (plasmalena) de las células radiculares, de tal forma que reduce la absorción



de P, Cl y K, y la regulación del transporte de muchas sustancias a través de las membranas de la planta (Singh1987).

Meristemo. El boro está muy estrechamente relacionado con la actividad del meristemo apical. Cuando hay deficiencias de boro, durante la división celular no hay una completa separación de las células en división, permaneciendo cortas las paredes longitudinales. Esto produce una expansión incompleta e irregular de la hoja, un desarrollo distorsionado de la misma y la falta de entrenudos elongados (Singh 1987).

Hay muy poca translación de boro de la hoja a la raíz. En suelos bajos en B hay una deficiencia del micronutrimiento en la región apical de la raíz, reduciendo su crecimiento y atrofiándolo. Estas raíces atrofiadas son muy ineficientes en la exploración del suelo y la adsorción de los nutrimentos (Singh 1987).

Polinización. El boro es requerido para el crecimiento del tubo polínico, y es adsorbido por el tubo cuando crece a través del estigma. Hay casos donde la germinación del polen depende de la cantidad de B exudado por el estigma. Además, incrementa los néctares y reduce la longitud del tubo de la corola, haciendo las flores más atractivas para los polinizadores, lo cual incrementa la producción (Singh 1987).

Descomposición de los tejidos. La deficiencia de boro incrementa la acumulación de fenol que está asociado a la reducción de la lignificación. Esto causa la descomposición de las paredes celulares del parénquima, lo cual produce tejidos quebradizos en el tallo y el follaje (Singh 1987).

Efectos bioquímicos. El boro no forma parte de las enzimas. La deficiencia de B reduce la utilización de los azúcares en el meristemo y la regulación del transporte de azúcares hacia afuera de las hojas por el plasmalema, y no la actividad del sistema de transporte en sí (Singh 1987). Este microelemento también es esencial para el metabolismo del ácido nucleico e influye en la incorporación del P en el ARN y ADN (Singh 1987).

Absorción. La mayor cantidad de boro es adsorbido pasivamente como ácido bórico no dissociado. El boro, en las raíces, se encuentra principalmente en los espacios libres de agua o ligado reversiblemente como complejos de polisacarosa a la pared celular y no se acumulan en el citoplasma (Singh 1987).

*El cobre es
constituyente de
varias enzimas
y es importante
en la
reproducción,
formación de
semilla y
producción de
clorofila.*

Zinc

Es un activador o constituyente de diversos sistemas enzimáticos, pero su función más importante está en la síntesis de auxina. La deficiencia de Zn tiene efectos dramáticos en el crecimiento, especialmente en la etapa de desarrollo temprano y maduración (Bear 1978).

Cobre

Es constituyente de varias enzimas y es importante en la reproducción, formación de semilla y producción de clorofila; además, actúa como catalizador en algunos procesos en la planta (Bear 1978).

Hierro

Se requiere para producir clorofila verde en las plantas aunque no forma parte de la molécula de clorofila. Se necesita en las secuencias de reacciones que sintetizan los componentes de la clorofila. Además, actúa en un mecanismo enzimático que opera el sistema respiratorio. Los compuestos del Fe participan en reacciones que incluyen la división y el crecimiento celulares (Bear 1978).

Manganeso

Es activador de las reacciones enzimáticas como la oxidoreducción, la hidrólisis, las transferencias de grupos y la transformación de carbohidratos, es el ión metálico predominante en el metabolismo de los ácidos orgánicos y activa la reducción de nitritos e hidroxilamina a amoniaco (Bear 1978).

Aparentemente desempeña una función directa e indirecta en el cloroplasto, afectando la síntesis del pigmento verde de la clorofila. El manganeso tiene la peculiaridad de que la planta lo puede usar una y otra vez (Bear 1978).

Molibdeno

Es esencial en el proceso de reducción de nitratos a aminas (NH_2). Las aminas son los componentes de las proteínas que es la forma como las plantas utilizan el Nitrógeno-nítrico (Bear 1978). Las leguminosas, por la fijación simbiótica de las bacterias, requieren más molibdeno que las no leguminosas (Bear 1978).

Cloro

Es adsorbido como ión cloro (Cl), pero se encuentra principalmente en los cloroplastos, la savia y el protoplasma de las células. Su función principal es la evolución del oxígeno en la fotosíntesis II, en el proceso fotosintético que influye en el metabolismo de los carbohidratos e interviene en las palmeras, incrementando el contenido de agua en los tejidos (Taffin y Quendez 1980; Uvexhull 1985).

CONTENIDO DE MICRO-ELEMENTOS EN LAS REGIONES PALMERAS DE COLOMBIA*

Para realizar este diagnóstico se escogieron las cuatro principales regiones palmeras de Colombia (Costa Atlántica, Valles Interandinos, Llanos Orientales y Costa Pacífica) y se tomaron muestras representativas (plantaciones) en cada subregión.

En cada plantación, donde fue posible, se escogieron tres lotes (producción superior, intermedia e inferior); se tomaron muestras de suelos entre 0-20cm de profundidad en el plateo e interlínea.

Los análisis de suelos se efectuaron en el Laboratorio de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en el Centro de Investigación «Tibaitatá», en Mosquera (Cund.).

El contenido de los microelementos (B, Zn, Cu, Fe y Mn) se reportan por subregión (11) y región (4) en la Tabla 1 (Gómez Cuervo et al. 1990).

Boro

En la Tabla 1 se observa que el contenido de B

Este diagnóstico se realizó bajo el patrocinio de la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA), en el Convenio ICA-FEDEPALMA. El autor agradece a FEDEPALMA y a las plantaciones su valiosa colaboración.

extraído por el método Hunter, usado por el ICA (Lora 1990), es favorable para la mayoría de los cultivos en todas las subregiones y regiones. Pero estos datos no correlacionan con lo observado en el campo, ya que se presentaron síntomas de deficiencias de boro, de mayor a menor grado, en todas las subregiones. Los resultados no se pueden comparar con los de otros investigadores por usar métodos de extracción diferentes.

Zinc

El contenido de Zn es favorable en el suelo de todas las subregiones y regiones, a excepción de las Planicies Aluviales de Puerto Wilches en los Valles Interandinos y la Terraza Media en el Piedemonte Llanero.

Cobre

En todas las subregiones y regiones estudiadas, el contenido de Cu es favorable. En la Zona Bananera de Santa Marta es extremadamente alto (84 veces mayor el valor mínimo requerido del suelo), debido a las aplicaciones del fungicida caldo bordolés en las antiguas bananeras para el control de la Sigatoka Amarilla.

Hierro

En todas las regiones el contenido de hierro está muy por encima del nivel crítico general determinado por el método Hunter empleado por el ICA (Lora 1990)

Las subregiones más bajas en contenido de hierro son los Aluviones Recientes de la región de San Alberto, el Piedemonte de la Serranía de Perijá, las Planicies Aluviales del Río Ariguaní y la Zona Bananera de Santa Marta, ya que son las regiones con los valores de pH más altos (6,4 a 7,5), y los más altos contenidos se encuentran en Terrazas Bajas del Piedemonte Llanero, Planicies Aluviales de Puerto Wilches, Terrazas Altas y Medias del Piedemonte Llanero, ya que son las regiones con pH más bajos (4,4 a 4,8). Esto está de acuerdo con la teoría de la disponibilidad del hierro (Bergeaux 1966).

Manganeso

El contenido de Mn, determinado por el método Hunter (Lora 1990), está por encima del nivel crítico general, a excepción de la subregión Planicie Aluvial de Puerto Wilches en los Valles Interandinos y las Terrazas Medias y Altas en el Piedemonte Llanero. En general se consideran bajos porque contienen menos del 3% del contenido de hierro.

NIVELES CRITICOS DE MICROELEMENTOS PARA LA PALMA DE ACEITE

Follaje

Suelo

La información disponible sobre los niveles críticos de los microelementos en el suelo para palma de aceite es muy escasa. En la Tabla 2 se reportan los niveles críticos existentes, obtenidos por varios autores (Kanapathy 1980; Martin 1969; Singh 1987), para palma de aceite y los valores generales determinados por el método de Hunter por el ICA (Lora 1990).

El análisis foliar determina la composición química de las hojas; además sirve para reconocer, anticipadamente cualquier deficiencia o abundancia de los elementos. La composición óptima es aquella en la que la palma está en su máximo estado de desarrollo o producción para determinada región. El análisis foliar detecta deficiencias nutricionales en su fase inicial, por lo tanto, es indispensable la estandarización del método de toma de muestras (números de las hojas, tejido, edad y número de palmas) y el análisis químico en sí.

Tabla 1.

Promedio del contenido de Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Manganeseo (Mn) determinado por el Método Hunter (ICA) en las Principales Subregiones Palmeras de Colombia 1/

Región	Subregión	ppm				
		B	Zn	Cu	Fe	Mn
Costa Atlántica	(3)	0,57	2,7	42,9	189,0	12,8
	Z. Bananera					
	Sta. Marta	0,41	2,8	83,9	172,0	11,1
	Pl. Al. Ariguani	0,68	2,7	7,4	150,0	11,5
	Piedemonte S.Perija	0,73	2,4	5,0	227,0	15,6
Valles Interandinos	(2)	0,40	1,3*	2,0	352,0	3,5*
	Al. R. San Alberto	0,37	1,8	3,3	140,0	7,4
	P.Al.Pto. Wilches	0,42	1,1*	1,4	441,0	1,8*
Piedemonte Llanero	(3)	0,44	1,2*	2,3	398,0	7,4
	Terraza Baja	0,52	1,6	2,3	446,0	9,7
	Terraza Media	0,29	0,7*	2,2	282,0	3,4*
	Terraza Alta	0,35	0,6	2,3	369,0	4,6*
Costa Pacífica	(3)	0,41	2,7	2,8	415,0	35,8
	Al.R. Mira	0,37	2,3	3,1	231,0	35,6
	C. Onduladas	0,44	3,7	2,9	559,0	35,6
	C. Quebradas	0,45	1,8	2,0	494,0	7,3

1/ Valores favorables:

	Palma de aceite	Generales (Método Hunter)
B	> 0,3 ppm (Martín, 1969)	0,20 ppm (Lora 1990)
Zn	> 0,3 ppm (Kanapathy 1980)	1,50 ppm (Lora 1990)
Cu	> 1,5 ppm (Kanapathy 1980)	1,00 ppm (Lora 1990)
Fe	> -	20,00 ppm (Lora 1990)
Mn	> -	5,00 ppm (Lora 1990)

Valor desfavorable

Fuente; Gómez Cuervo et al, 1990

Tabla 2. Niveles Críticos de Micronutrientos en el Suelo

Micronutriente	Suelos (ppm)	
	Minerales	Orgánicos
Boro (Lora 1990)	< 0,20	-
Boro (Martín 1969)	< 0,30	-
Zinc (Kanapathy 1980)	-	< 0,3
Zinc (Lora 1990)	< 1,50	-
Zinc total (Singh 1987)	-	< 18,0
Cobre (Kanapathy 1980)	-	< 1,5
Cobre (Lora 1990)	< 1,00	-
Hierro (Lora 1990)	< 20,00	-
Manganeso (Lora 1990)	< 5,00	-

El nivel crítico es el nivel de cualquier elemento en una hoja por debajo de la cual existe gran posibilidad de lograr una respuesta positiva con la aplicación de un fertilizante.

Para facilitar la comparación del contenido de micronutrientos de la palma de aceite con los otros cultivos se reportan los datos de Chapman (1966) en la Tabla 3.

Por lo general, los niveles críticos hallados independientemente en diferentes regiones del mundo son muy similares (Ollagnier et al. 1970).

Los niveles críticos de los elementos de baja movilidad (B, Zn, Cu, Fe y Mn) presentan muchas discrepancias entre autores. Sería conveniente realizar investigaciones para determinar el nivel crítico de la hoja 3 de la palma. De esta manera se determinaría el contenido nutricional de hojas más jóvenes, que pueden indicar la verdadera situación nutricional de la palma.

Boro. Ferrand (1960) reporta de 25 a 30 ppm como nivel crítico para la hoja 17; Ollagnier et al. (1970) registran 8 ppm para Colombia y para Malasia de 15 a 20 ppm. Por su parte, Rosenquist, citado por Ng (1972), considera el valor 10-20 ppm.

Zinc. Rosenquist, citado por Ng (1972), reporta como nivel crítico el valor de 15-20 ppm para la hoja 17. Este rango coincide con el valor reportado por Eschbach (1980) de 18 ppm y el de Singh (1987) de 15 ppm.

Cobre. Ferrand (1960) registra como nivel crítico el valor de 25-35 ppm para la hoja 17, pero Ollagnier et al. (1970) reportan el valor de 10 ppm; en cambio,

Rosenquist, citado por Ng (1972), considera el valor de 5-8 ppm.

Hierro. En 38 plantaciones en el mundo, el promedio del contenido de hierro en la hoja 17 es de 134 ppm, con un rango entre 52 a 1.348 ppm. Se considera como nivel crítico de hierro aquel por debajo de 50 ppm (Anónimo, 1980).

Manganeso. Ferrand (1960) y Ollagnier et al. (1970) reportan como nivel crítico el valor de 200 ppm para la hoja 17: Rosenquist, citado por Ng (1972), considera el valor entre 150-200 ppm. En la subregión Zona Bananera de Santa Marta, según Owen (1992), se presentan síntomas de deficiencia de Mn cuando el contenido promedio de la hoja 17 es de 72 ppm, pero no se presentan síntomas cuando esta hoja tiene 93 ppm. Para el caso del Manganeso existe una correlación significativa y positiva entre el contenido de la hoja y el rendimiento (Tanque 1982).

Cloro. Parece necesario en la palma de aceite (Bear 1978). Los miembros de la familia Palmaceae depende de la presencia de Cl para el movimiento estomatal y para controlar el balance hídrico (Taffin y Quendez 1980). El nivel crítico en la hoja 17 es el 0,5% de la materia seca (Quendez y Taffin 1981; Uvexkull 1985). Ollagnier (1972) considera los siguientes rangos en porcentaje de la hoja 17: 0,3 deficiencia aguda; 0,3-0,7 situación intermedia y 0,7 excesivo.

Molibdeno. Para Rosenquist, citado por Ng (1972), el valor es 0,5-1,0 ppm para la hoja 17 como nivel crítico. En cambio, Eschbach (1980) amplía el rango entre 0,1 y 1,0 ppm.

Tabla 3. Niveles Críticos de los Micronutrientos en el Follaje para los Cultivos en General.

Micro-nutrientos	ppm		
	Bajo	Normal	Exceso
Boro	< 20	20-100	> 200
Zinc	< 20	20-150	> 400
Cobre	< 4	5-20	> 20
Hierro	< 50	50-250	-
Manganeso	< 20	-	> 500
Molibdeno	< 0,1	0,50	-

Fuente: Chapman 1966.

Adsorción y contenido de micronutrientes en la Palma de Aceite

Los informes sobre la adsorción y el contenido de micronutrientes en la palma de aceite son muy escasos. En la Tabla 4 se presentan los datos de Ng (1972). Este mismo autor estimó, de acuerdo con la edad de las palmas (14-160 meses), un promedio anual de elementos menores, los cuales se relacionan en la Tabla 5.

Tabla 4. Estimativo anual de adsorción de micronutrientes por palma de aceite adulta (g/palma)

Componente Material Vegetal	g/palma			
	B	Cu	Zn	Mn
Acumulativo	0,34	0,33	1,53	3,16
Hojas podadas	0,85	0,60	1,20	20,00
Racimos de fruto	0,36	0,79	0,82	2,52
Total	1,55	1,72	3,55	25,68

Fuente: Ng 1972

La adsorción de elementos menores incrementa significativamente a los 40 meses (Ng 1972). Los contenidos de B y Cu son los menores, el de Zn es 2 a 3 veces más que los anteriores, el de Mn es 11 a 12 veces más que el de B y el de Fe es 21 a 22 veces mayor que el de B.

Boro. La concentración de boro en la hoja 17 varía de 5 a 20 ppm, y en Malasia entre 10 y 16 ppm. En suelos desaturados ferrolíticos, el contenido es entre 0,1 y 0,5 ppm con un promedio de 0,4 ppm, y la concentración en la hoja 17 es entre 12 y 14 ppm. En cambio, en Inceptisoles y Andosoles con contenidos entre 0,2 y 0,3 ppm, la concentración de B en la hoja 17 es similar al anterior (Eschbach 1980).

Cobre. En Malasia, la concentración promedio de Cu en la hoja 17 es entre 2,9 y 9,8 ppm y la concentración de este microelemento varía con el origen y los cruzamientos de los materiales (Eschbach 1980).

Hierro. La concentración de Fe en la hoja 17 varía entre 40 y 50 ppm en Malasia, pero en Brasil la concentración llega hasta 52 ppm y en Ecuador hasta 1.348 ppm. En la misma serie de suelos, el contenido de Fe puede variar en una proporción de 1:2. Además se encuentran diferencias en la concentración de hierro entre orígenes y cruzamientos de los materiales (Eschbach 1980).

Manganeso. La concentración de Mn en la hoja 17 varía entre 30 y 1.000 ppm. Esta concentración no se relaciona con el contenido total de Mn en el suelo sino con el pH, ya que el contenido de Mn decrece con el aumento del pH, especialmente por encima de 6,0. Además, el contenido en la hoja 17 varía de acuerdo con las especies de palma, su origen y los cruzamientos (Eschbach 1980). Esto último también se encuentra en la Zona Bananera de Santa Marta (Owen 1992), al aparecer deficiencias de Mn en el mismo suelo con el mismo pH (6,25) y el mismo contenido de Mn (17,5 ppm).

SINTOMAS DE DEFICIENCIAS DE MICRONUTRIENTES

Los síntomas de deficiencias de los micronutrientes, a excepción del molibdeno y cloro, se presentan en las hojas jóvenes porque el boro, zinc, cobre, hierro y manganeso no son fácilmente translocados de las hojas viejas a las nuevas o jóvenes, sin embargo, el molibdeno y el cloro son fácilmente transportados. Las deficiencias aparecen más durante la época seca y al inicio de las lluvias, ya que los microelementos no alcanzan a ser adsorbidos durante la época seca, y cuando hay aumento en el crecimiento y en la producción de frutos, la adsorción y el transporte no alcanzan a satisfacer la demanda de los micronutrientes en las hojas nuevas.

En Colombia, la deficiencia que se presenta con mayor frecuencia es la de boro, aunque la palma absorbe menor cantidad de boro que de hierro, manganeso, zinc y cobre (Ng 1972). Probablemente, la deficiencia de B es causada por el alto requerimiento de este elemento en

Tabla 5. Contenido de micronutrientes en la parte aérea de la palma de aceite (g/palma)

Edad en el Campo (Meses)	g/palma				
	B	Cu	Zn	Mn	Fe
14	0,1	0,1	0,3	0,8	1,3
40	1,1	1,4	3,1	19,2	30,0
64	1,6	1,7	6,4	34,9	34,8
104	3,1	3,0	9,5	36,1	61,2
129	3,7	4,6	9,3	30,5	68,6
160	4,5	4,7	18,4	50,9	106,9

Fuente: Ng 1972

un momento dado y no por el bajo contenido en el suelo (Eschbach 1980).

El encalamiento, especialmente en dosis muy altas, puede Inducir deficiencias de boro, zinc, cobre, hierro y manganeso y puede corregir la deficiencia de molibdeno.

Boro

Con este micronutriente, por ser de baja movilidad en la palma, los síntomas de deficiencia se presentan en las hojas jóvenes. En las diferentes fases de la deficiencia se presentan varios síntomas. El más común es el de folíolo en forma de gancho, pero existen otros síntomas como el arrugamiento transversal del folíolo, las bandas blancas, el doblamiento abrupto de la hoja, las puntas de cerda, la hoja pequeña y hasta la muerte.

Los síntomas de deficiencia de boro se cree que son debidos a la acumulación de niveles supra-óptimos del ácido Indol acético (IAA) en las plantas, debido a la disminución de la reducción por la enzima ácido indol acético oxidasa (Shorrocks 1984).

La secuencia de la deficiencia de boro reportada por Rajaratnam (1973) y modificada por el autor se encuentra en la Figura 1.



Figura 1. Posible secuencia de la sintomatología de la deficiencia de Boro

Fuente: Rajaratnam (1973) modificada por Owen

Bandas Blancas o Cloróticas (Fig. 2) Este síntoma aparece cuando el contenido de B en la materia seca de los folíolos es menor de 8 ppm (Ng 1972).

Folíolos Terminales en Forma de Orejas de Conejo. La ausencia de los dos folíolos terminales y el mayor desarrollo de los dos folíolos siguientes producen la forma de orejas de conejo.

Hojas Redondeadas. Este síntoma se caracteriza por la formación de folíolos más cortos hacia el ápice de las hojas más jóvenes dando la forma redondeada.

Folíolos Quebrados. Se trata de una fractura completa a través de la nervadura central del folíolo; una vez rotas las nervaduras los limbos se rompen por acción del viento dando un aspecto andrajoso.

Hoja en Forma de Gancho. (Fig. 3). La hoja más joven tiene un aspecto redondeado y los folíolos en la sección terminal presentan las siguientes anomalías: acortados, rígidos y compactos. Aparece un gancho en el ápice de uno o más folíolos. El gancho también puede ser corrugado y frágil; además, pueden tener uno o más dobleces que le dan una forma de zig-zag (bayoneta).

Lámina Corrugada u Hoja Plegadiza. (Fig. 4). El limbo del folíolo muestra corrugaciones a todo lo largo.

Puntas de Cerda. En el ápice de la hoja (hoja ciega), el folíolo normal es reemplazado por un manojito de cerdas largas y fibrosas que salen de la punta del raquis.

Hojas mal formadas. Se presenta fasciación e inhabilidad para la expansión de los folíolos. Las roturas de las hojas son causadas en los tejidos muy frágiles.

Doblamiento Abrupto de la Hoja. Las hojas afectadas se doblan abruptamente, generalmente más hacia un lado que al otro, hasta llegar a quebrarse en el lugar del doblez.

Hoja Pequeña (Fig. 5). Las nuevas hojas son reducidas en tamaño y muestran una extensa deformación de los folíolos, los cuales manifiestan gancho o arrugamiento. Los folíolos apicales permanecen fundidos para producir una gran masa de tejido laminar.

Hojas de Espina de Pescado. Uno o más folíolos de menor tamaño. Los folíolos son anormalmente rígidos, muy angostos y separados en el raquis.



Figura 2.
Síntoma de deficiencia de boro. Obsérvase las bandas blancas en la hoja joven de una palma adulta. Foto: E.J. Owen.

Pudrición de la Flecha (PF), Pudrición del Cogollo (PC) y Muerte.

Muerte. La descomposición del meristemo (Pudrición Seca del Cogollo) es el síntoma definitivo que causa la muerte.



Figura 3. Síntoma de deficiencia de boro. Obsérvase los tipos gancos formados en la punta de los folíolos jóvenes de palmas adultas. Foto: E.J. Owen.



Figura 4. Síntoma de deficiencia de boro. El limbo del follaje presenta corrugaciones a todo lo largo. Foto: E.J. Owen



Figura 5.
Síntoma de deficiencia de boro. Estado inicial de la formación de Joja pequeña. Obsérvase la deformación de la hoja en palma adulta. Foto: E.J. Owen.

Las deficiencias de boro: Hoja quebrada, Hoja gancho y Hoja pequeña reducen significativamente los rendimientos, tanto en peso como en número de racimos, en 20, 52 y 83% y en 16, 27 y 35%, respectivamente (Rajaratnam 1973). La reducción de los rendimientos por hojas quebradas se debe a la reducción del área, lo cual baja la fotosíntesis; la hoja de gancho reduce el área e interfiere en el transporte de los productos metabólicos debido a la fractura de las nervaduras, y en la hoja pequeña, la reducción es producida por la reducción del área y por los cambios en las actividades metabólicas (Rajaratnam 1973).

Zinc

La deficiencia de Zn («Peat Yellowing») se caracteriza por el amarillamiento o anaranjado de las hojas bajas. A medida que avanza el disturbio, las hojas jóvenes se



Figura 6.
Síntoma de deficiencia de manganeso. Obsérvase el amarillamiento y la necrosis de las puntas de los folíolos y de hoja hacia la base, el corrugamiento del limbo y la reducción en tamaño de los folíolos. Foto: E.J. Owen.

vuelven pálidas y cloróticas y las bajas se secan. Las palmas que reciben más luz solar muestran más síntomas (Singh 1987).

Cobre

En vivero, los síntomas por deficiencia de Cu aparecen alrededor del cuarto mes después de la siembra. Las palmas no crecen. La hoja bifurcada más joven presenta manchas amarillas. En palmas más viejas, con hojas con folíolos, la clorosis se presenta en la punta del folíolo o en la mitad superior del folíolo más joven, mientras que las hojas más viejas permanecen verdes (Pacheco y Taillies 1986; Wanasuria y Gales 1989).

En el campo, la deficiencia puede iniciarse varias semanas después del trasplante (Wanasuria y Gales 1989). Los síntomas iniciales son la aparición de rayas intervenales cloróticas, desde verde pálido a blancuzcas, en los folíolos de las hojas abiertas más jóvenes. La clorosis se extiende desde el ápice a 5-7 cm de la base del folíolo. A medida que avanza la deficiencia se desarrollan, dentro de las rayas cloróticas, una pecas amarillas difusas uniformes que se van tornando más amarillas. Las lesiones se unen, y áreas grandes del folíolo se vuelven uniformemente de un color anaranjado pálido. En las palmas viejas, los folíolos y las hojas más jóvenes se van acortando, dando una apariencia de techo plano al follaje. Con excepción de la flecha y la primera hoja, el resto de la corona es clorótica (Kanapathy 1980; Ng 1972; Wanasuria y Gales 1989).

Manganeso

Los síntomas de deficiencia de este elemento (Fig. 6) aparecen en las hojas recién salidas, causando amarillamiento y reducción en su crecimiento. Las hojas con síntomas de deficiencia presentan en sus puntas pequeños rizos o crespos apretados. La deficiencia de Mn puede causar la muerte (Donselman s.f.). En las hojas nuevas (Owen 1992) se presenta una clorosis del ápice hacia la base, tanto del folíolo como de la hoja, y está acompañada por un acordamiento del limbo y una necrosis posterior del ápice hacia la base, reduciendo el tamaño de la hoja y de la palma.

Cloro

La deficiencia de Cl causa bronceamiento, clorosis, marchitamiento y posteriormente necrosis del tejido (Uvexhull 1985); además, está asociada con la reducción del sistema radicular (Taffin y Quendez 1980).

FERTILIZACION CON MICROELEMENTOS

Para el uso eficiente de los microelementos es muy importante considerar la movilidad del elemento en el suelo y en la planta, la localización del fertilizante en el suelo o en la planta, la época de aplicación y la dosis. Esto implica conocimiento sobre la solubilidad, el tamaño de las partículas y la reacción de los fertilizantes, la adaptación de las fuentes al sistema de cultivo y fertilización, y la cantidad relativa requerida para el sistema de aplicación y el costo por unidad de elementos.

Fuentes de micronutrientos

Las principales fuentes inorgánicas de los micronutrientos se presentan en la Tabla 6. Los sulfatos de zinc, cobre, hierro y manganeso, los boratos de sodio, los molibdatos y los cloruros son las fuentes inorgánicas de micronutrientos mas comunes y solubles.

El ácido bórico y el octoborato de sodio (Solubor) son altamente solubles y muy usados para las aplicaciones foliares.

Existen fuentes orgánicas de los micronutrientos en forma de quelatos. El orden de solubilidad es: quelato de Fe⁺⁺⁺ quelato de Cu^{**} quelato de Zn^{**} quelato de Fe^{**} quelato de Mn^{**}. Los quelatos son más estables en la neutralidad que en pH bajos o altos (Diamond 1972).

Epoca de aplicación

En cultivos perennes, los micronutrientos se deben aplicar en los estados iniciales de la aparición de los síntomas de su deficiencia, de preferencia al final de la época seca, cuando la planta tiene poco crecimiento, y cuando al inicio de las lluvias, los fertilizantes pueden bajar a las zonas radicales.

En cultivos perennes, los micronutrientos se deben aplicar en los estados iniciales de la aparición de los síntomas de su deficiencia.

Tabla 6. Principales fuentes orgánicas de micronutrientos

Nombre Común	%B ₂ O ₃	%Elemento
BORO		
Borax	35**	
Borato 46	46**	
Borato 65	65**	
Acido bórico	55***	
Borato de Calcio	32*	
Solubor	68***	
ZINC		
Sulfato de Zinc		22 - 36**
Oxido de Zinc		60 - 80*
Carbonato de Zinc		56*
Cloruro de Zinc		50**
Nitrato de Zinc		15**
COBRE		
Sulfato de Cobre		25 - 40**
Oxido de Cobre		60 - 86*
Carbonato de Cobre		52*
HIERRO		
Sulfato ferroso		20 - 37**
Sulfato férrico		20 - 28**
NU-IRON (oxalato)		30*
MANGANESO		
Sulfato de Manganeso		22 - 35**
Oxido de Manganeso		30 - 65*
Carbonato de Manganeso		27 - 46*
Cloruro de Manganeso		43*
MOLIBDENO		
Molibdato de Amonio		56**
Molibdato de Sodio		39 - 46**
Oxido de Molibdeno		47 - 60*
CLORO		
Cloruro de Potasio		43 - 48**
Cloruro de Sodio		55 - 60**
Cloruro de Calcio		42 - 47**
Cloruro de Amonio		60 - 66**
Cloruro de Magnesio		60 - 65**

- * Baja solubilidad
- ** Alta solubilidad
- *** Muy alta solubilidad

Métodos de aplicación

Boro. El B se puede aplicar al suelo o al follaje; sólo o mezclado con fertilizantes; como sólido o líquido. Debido a la alta solubilidad de las fuentes y a la alta movilidad del micronutriente en el suelo, ya que existe principalmente como anión (carga negativa), es adsorbido rápidamente por el cultivo pero también es lixiviado, especialmente en suelos de texturas gruesas, ácidos y bajos en materia orgánica (Bowen y Kratky 1983).

En palma de aceite, el boro se debe aplicar al suelo. En palmas con 6-8 ppm en la hoja 17 al aplicar boro al suelo, aumentan, en dos meses, a 15 ppm (Ollagnier et al. 1970). La aplicación foliar de boro no incrementa significativamente la producción de racimos, especialmente al inicio de la producción (Ataga et al. 1982). Es más conveniente aplicar el boro al suelo, ya que es muy poco translocado de la hoja a la raíz. Para el desarrollo de raíces largas y bien formadas, para lograr la máxima exploración del suelo y la extracción de agua y nutrientes, se requiere boro en el suelo y no un alto contenido en la hoja.

Zinc. Este elemento se puede aplicar al follaje o al suelo, siendo más rápida la respuesta al follaje que al suelo, pero el efecto de este es más duradero. Cuando se aplica al suelo, debe colocarse donde haya mayor contacto con la raíz, ya que tiene una movilidad limitada en el suelo. Para que el Zn penetre al suelo es necesario incorporarlo o aplicarlo en presencia de un fertilizante acidificante como el nitrógeno, para así mantener la acidez del suelo. Los quelatos son más móviles en el suelo que los inorgánicos, por lo tanto, los primeros deben aplicarse en banda y los segundos al voleo (Bergeaux 1966). Hay respuesta más rápida a los quelatos aplicados al follaje que al suelo. Las aplicaciones foliares de zinc no incrementan significativamente el número de racimos, especialmente al inicio de la producción (Ataga et al. 1982).

Cobre. Este micronutriente se puede aplicar al follaje o al suelo. Al follaje se requiere de menos fertilizante y hay una respuesta más rápida pero menos duradera. El Cu es muy poco móvil en el suelo, no se lixivia con facilidad porque se adhiere fuertemente a las arcillas y reacciona con la materia orgánica (Rosell et al. 1971). También se debe localizar cerca de las raíces. En suelos no orgánicos, para que el Cu, en sales inorgánicas o quelatos orgánicos, penetre al suelo es necesario incorporarlo o aplicarlo en presencia de un fertilizante acidificante como el nitrógeno. La aplicación en banda requiere menos producto y es más económica. En suelos orgánicos, los fertilizantes aplicados al suelo se combinan con la materia orgánica para formar compuestos insolubles, por lo tanto se requiere aplicarlo al follaje (Bowen y Kratky 1983).

Hierro. En suelos alcalinos, para corregir las deficiencias de hierro, este se aplica al follaje. Cuando es necesario aplicarlo al suelo se debe usar un quelato, aplicado en banda, en vez de una fuente inorgánica. Al aplicar sales solubles de hierro (FeSO₄, el Fe reacciona

TriSyl®

NUEVA TECNOLOGIA

SILICA PARA LA REFINACION DE
ACEITES Y GRASAS COMESTIBLES

VENTAJAS

- * Mejor calidad y estabilidad del producto.
- * Reducción sensible de absorbentes (60%).
- * Ciclos de filtración más largos.
- * Menos pérdidas de aceite en filtración.
- * Mayor rendimiento de los procesos.
- * Menor consumo de catalizador en hidrogenación.
- * Óptima utilización de equipos (Centrifugas).
- * Reducción de consumo de agua, vapor y energía.
- * Reducción de reprocesamientos.
- * Reducción del tratamiento de efluentes.
- * Eliminación de riesgo de autoignición de las tortas de filtración.

EN POCAS PALABRAS...
MEJORAMIENTO Y ECONOMIA DE
PROCESO.

GRACE



Grace Colombia S.A.
Calle 18 No. 69-19 - Tel. 4112827 - Fax 2922163
Santafé de Bogotá / Colombia

en el suelo para convertirse en formas insolubles (Bergueaux 1966).

Manganeso. En los suelos inorgánicos se recomienda aplicar el Mn al follaje (Shorrocks 1984) o a las axilas (Eschbach 1980). Si se aplica al suelo, debe usarse una fuente inorgánica y aplicarlo en banda junto con un fertilizante acidificante como el nitrógeno para que la acidez del fertilizante y la de la rizósfera mantenga disponible el manganeso en la zona de las raíces (Bowen y Kratky 1983).

Los quelatos pueden aplicarse solos y en banda; en suelos orgánicos no se deben aplicarlos quelatos porque se agrava la deficiencia (Bowen y Kratky 1983).

Molibdeno. Según Bowen y Kratky (1983), para corregir las deficiencias de este micronutriente se requieren unos pocos g/ha. Se puede aplicar a la semilla, al suelo (solo o mezclado con fertilizantes o enmiendas) o al follaje (Bergeaux 1966). En suelos ácidos, si no se aplican enmiendas, se debe aplicar al follaje porque el Mo es fijado como molibdato de hierro y aluminio que es insoluble. Los sulfatos limitan la adsorción del molibdeno (Bear 1978).

En general, las plantas responden a la fertilización con molibdeno cuando el contenido de Mo disponible es menor de 4 ppm, y no se requiere aplicarlo año tras año (Bear 1978).

En palma de aceite es conveniente peletizar la semilla de las leguminosas (Semilla + pegante + Bradirhizobium + molibdato de amonio) que sirvan de cobertura. Así habrá un mayor suministro de nitrógeno para la leguminosa, y ésta, en el reciclaje de los nutrimentos, liberará molibdeno para la palma de aceite.

Cloro. Por ser un anión, este microelemento se mueve fácilmente en el suelo y es rápidamente adsorbido por las plantas. La deficiencia de Cl se corrige con aplicaciones de cloruro de potasio, de amonio, de magnesio o de sodio, aplicados al voleo en el plateo o en las interlíneas. No se debe aplicar demasiado cloruro de sodio porque el Na es un dispersante de las arcillas.

Dosis de micronutrimentos

Boro. Es el microelemento más importante, ya que presenta síntomas de deficiencias en todas las regiones palmeras de Colombia. Estas deficiencias, en algunas regiones, son tan serias que hasta producen la muerte

de la palma (Gómez Cuervo et al. 1990). La deficiencia de B se acentúa al comienzo de la producción de fruto entre los 24 y 30 meses, cuando el desarrollo de los racimos requiere de altos niveles de carbohidratos (Ng 1972).

La cantidad mínima de B para corregir la deficiencia en los suelos, es la dosis que no deja aparecer los primeros síntomas morfológicos, ya que cuando no hay síntomas no hay respuesta a su aplicación (Rajaratnam 1973).

En suelos de Clase III de los Llanos Orientales (Subregión Terrazas Media y Baja), con un contenido de boro inicial de 0,14 ppm, responde durante el primer año del trasplante. Para mayor detalle observe la Tabla 7. En los suelos de la subregión Aluvial Reciente del río Mira no hay respuesta a la aplicación de boro en los primeros cuatro años del trasplante (Owen 1991).

Tabla 7. Fertilización con boro en palma de aceite cultivada en suelos de la Clase III de los Llanos Orientales y en suelos Aluviales Recientes del río Mira, según su edad.

Años	B ₂ O ₃ , g/palma/año ¹	
	Clase III	Aluviales Recientes
1	40	0
2	55	0
3	70	0
4	85	0
5	100	40
6	115	55
7	115	55

1. Aplicados al suelo
Fuente: Owen 1991

Zinc. En suelos con menos de 11 ppm de Zn total se requieren 250 g/ha de ZnSO₄ aplicados al suelo, más 4,5 t/palma de una solución de 1.000-3.000 ppm de ZnSO₄ aplicados dos veces al año. En suelo con un contenido total de Zn entre 11 y 18 ppm sólo requieren 250 g/ha de ZnSO₄ (Singh 1987).

No hay diferencias significativas entre la aplicación de 0,025% Zn-EDTA al follaje y 100 g de ZnSO₄ al suelo, a los 12 meses de aplicados (Wanasuria y Gales 1989).

Cobre. Con este micronutriente es necesario tener en cuenta el tipo de suelo.

1. Suelos orgánicos. En suelos orgánicos, donde se presenta el amarillamiento de las hojas jóvenes («Peat Yellowing»), aplicaciones de 15 g de sulfato de

Cu al hueco, al momento del trasplante, 30 g un año después, 60 g dos años después y posteriormente 85 g cada año, previno el «Peat Yellowing» y mantuvo el contenido de cobre en la hoja entre 5,58 y 6,18 ppm (Kanapathy 1980).

2. Suelos minerales. En este tipo de suelos existen dos tratamientos:

- Tratamiento curativo. Según la edad de la palma, se aplican entre 20 y 80 ml/palma de una solución 50 g/100 lt de CuSO₄ cada semana durante tres semanas, y posteriormente cada mes, se suspende la fertilización con N, P y K (Pacheco et al. 1986; Pacheco Taillez 1986).
- Tratamiento preventivo. Unavezalmesaplicar30 g/100 lt de CuSO₄ entre el primer y cuarto mes; entre el quinto mes y hasta el trasplante aplicar 50 g/100 lt de CuSO₄ (Pacheco et al. 1986; Pacheco y Taillez 1986). Wanasuria y Gales (1989) recomiendan lo siguiente: En vivero, aplicar foliarmente cuatro veces entre los meses cuarto y sexto una solución del 0,05% de CuSO₄; antes del trasplante, aplicar 0,5 g de CuSO₄ por palma, y en el campo aplicar 40 g de CuSO₄/palma.

Manganeso. La deficiencia de Mn se corrige en palmas ornamentales con aplicaciones foliares de 5 g/1t de MnSO₄, cada mes durante tres meses o 500 a 2.500 g al suelo/palma/año (Donselman s.f.).

No hay diferencias significativas entre la aplicación de 0,4% de Mn-EDTA al follaje y 50 g MnSO₄ aplicado al suelo a los 12 meses de aplicados (Wanasuria y Gales 1989).

Cloro. Aplicaciones de cloro aumentan el contenido de este micronutriente en el tejido, aumenta la producción (mayor aceite/racimo, almendra/racimo, peso de almendra, peso de fruto y mayor número de racimos) y reduce el contenido de K (Corrado 1988). En Indupalma, en Colombia, aplican 1.000 g/palma/año cuando el contenido de Cl baja 0,5% en la hoja 17 (Gómez Cuervo et al. 1990).

CONCLUSIONES

El contenido total de microelementos en el suelo es bajo, pero es mucha más baja la forma aprovechable por las plantas. En general, los microelementos se

encuentran en el suelo, en los minerales de sílice, en la solución y adsorbidos a las arcillas y a la materia orgánica.

Se presenta mayor deficiencia en suelos de textura gruesa, bajos en materia orgánica y pH neutro o alcalino. El molibdeno es la excepción, ya que la deficiencia se presenta con pH neutro a ácido.

En las subregiones palmeras de Colombia el contenido de boro es bajo, el contenido de zinc es de adecuado a alto y el de cobre de adecuado a extremadamente alto.

El orden de adsorción de micronutriente por la palma de aceite es Fe Mn Zn Cu B. Y los niveles críticos para los micronutrientes en el suelo y en la hoja 17 son:

Micronutriente	ppm		Hoja 17
	Minerales	Orgánico	
Boro	0,20	-	15-20
Zinc	1,50	0,30	15-20
Cobre	1,00	1,50	5-8
Hierro	20,00	-	50
Manganeso	5,00	-	200
Molibdeno	-	-	0,5-1,0
Cloro	-	-	5000 (0,5%)

A excepción del molibdeno y cloro, los micronutrientes son poco móviles en la planta, hay poca translocación de las hojas viejas a las nuevas, y los síntomas de deficiencias de los micronutrientes, excepto de Mo y Cl, aparecen en las hojas nuevas.

El B y el Cl se deben aplicar al suelo; el Zn y el Cu al suelo en banda y acompañados de fertilizantes acidificantes; el Fe y Mn se aplican al follaje o a las axilas, y el Mo a la semilla de la leguminosa de cobertura.

Los suelos de la clase lil del Departamento del Meta requieren de mucha más fertilización de B que los suelos Aluviales del río Mira en la Costa pacífica.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo. 1980. Oléagineux rapport d'activités 1978-1979 IRHO. Oléagineux (Francia) v.35 (número especial). 160p.
- ATAGA, D.O.; OTOMI, U.; OJOEDERIE, B.M, 1982. Effect of micronutrients on the yield and mineral nutrition of the oil palm on an acid soil in Nigeria. *In*: E. Poshparajah; C.P. Soon (eds.). The Oil Palm in Agriculture in the Eighties. ISP. Kuala Lumpur. v.2. p.171-180.
- BEAR, F.E. 1978. How to make profite grow with micronutrients. *In*: G.L. Berg (Ed). The micronutrient Manual. Raypley Micronutrients, New York, p.3-4.
- BERGEAUX, P.J. 1966. Trace elements. College of Agriculture, University of Georgia. Bulletin no 650. 18p.
- BOWEN, J.E.; KRATKY, B.A. 1983. Microelementos causas de deficiencias y toxicidad. Agricultura de las Américas (Estados Unidos) v.6, p.6-11.
- CHAPMAN.H.D. 1966. Diagnostic criteria for plant and soils. University of California. 793p.
- CORRADO, F. 1988. La nutrición y fertilización de la palma de aceite en latinoamérica. Mesa Latinoamericana de Palma Aceitera, 5a.. Santo Domingo de los Colorados. Ecuador.
- DIAMOND. R.B. 1972. Micronutrient sources and agronomic responses. Agrochemical Age (Estados Unidos) no.5, p.47-51.
- DOSELMAN. H. s.f. Nutritional deficiencies of Florida palms. Florida Horticulture. Department of Ornamental Horticulture. University of Florida, OH-49. 4p.
- ESCHBACH, J.M. 1980. Les Oligoéléments sont la nutrition du palmiera Huile. Oléagineux (Francia) v. 36 no. 6, p. 281-294.
- FERRAND, M. 1960. Informe al gobierno de Colombia sobre plantas oleaginosas y especialmente sobre la palma de aceite. FAO. No. 1257. Roma.
- GOMEZ-CUERVO, P.L.; OWEN BARLETT. E.; NIETO PAEZ. L.E.; CALVACHE GUERRERO. H.; MONDRAGON LEONEL. V.; ALVAREZ AYALA. G. 1990. Diagnostico tecnológico del cultivo de palma de aceite en Colombia. Palmas (Colombia) v.11 no.3, p.32-63.
- KANAPATHY, K. 1980. Progress in research and utilization of Peat Soils in Malaysia. Proceedings: Soil Science and Agriculture Devetopment in Malaysia. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur. p. 109-118.
- LORA, R. 1990. Análisis de suelos y material vegetal para micronutrientes. Suelos Ecuatoriales (Colombia) v.20 no.3, p.99-103.
- LUCAS, R.E.; KNEZEK. B.D. 1972. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plant. *In*: J.J. Mortvedt. (Ed.). Soil Science Society of America, Madison, WI, USA.
- MALAVOLTA. E.; HAAG, H.P.; MELO. F.A.F.; BRASIL SOBRO. M.O.C. 1962. On the mineral nutrition of some tropical crops. International Potash Institute, Berne. 155p.

- MARTIN, G. 1969. Quelques symtomes de carence en bore cleor la palmiere a huile. *Oléagineux* (Francia) v.24, p.613-614.
- NG, S.K. 1972. The oil palm, its culture, manuring and utilisation. International Potash Inoitute, Berne. 145p.
- OLLAGNIER, M.; OCHS, R.; MARTIN, G. 1970. El abonamiento de la palma de aceite en el mundo. *Fertilrte* (Francia) no.36. p.3-64.
- . 1972. Anionic nutrition of oil palm - Application to fertiliser policy in North Sumatra. *In: International Oil Conference. PORIM. Kuala Lumpur.* 8p.
- OWEN, E.J. 1991. Palma de aceite. *En: R. Guerrero Riascos. (Ed.). Fertilizacion de cultivos en clima cálido. Monomeros Venezolanos. Bogotá.* 11:177-219.
- . 1992. Síntomas de deficiencia de Manganeso. *Informe Anual 1991. Programa Oleaginosas Perennes. ICA, Villavicencio.* p.3-7.
- PACHECO, A.R.; BARNWELL, M.; TAILLIEZ, B.J. 1986. Descas de deficiencie en cuivre en pepiniere de palmeir á huile en Amazonc Brésilienne. *Oléagineux. (Francia) v. 41 no. 11, p.483-489.*
- ; TAILLIEZ, B.J. 1986. Traitements de la deficiencie en cuivre en pepiniere de palmiers a huile. *Oléagineux (Francia) v.41 nos.8-9. p.377-386.*
- QUENDEZ, P. ; TAFFIN, G. de. 1981. Relation entre la nutricion potassique et la pluviometrie en culture de palmiers a huile et de cocotiers. *Oléagineux (Francia) v.36 no.1, p.5.*
- RAJARATNAM, J.A. 1973. The effect of boron deficiency on oil palm fruit yield in Malaysia. *In: R.L. Wastie; D.A. Earp (Eds.). Advaneees in Oil Palm Cultivation. ISP. Kuala Lumpur.* p.280-288.
- ROSELL, R.A.; ORTIZ, M.I.; QUEVEDO, L. 1971. A comparison of the effectiveness of various extractants for determining humus qualrty in calcareous soils. *Soil Science and Plant Analysis v. 2 no. 4, p.275-286.*
- SHORROCKS, V.M. 1984. Boron deficiency, its prevention and cure. *Borax, London.* 44p.
- SINGH, G. 1987. Zinc nutrition of oil palms on peat soils. *In: International Oil Palm; Palm Oil Conferenes, 29 June - 1 July 1987, PORIM/ISP, Kuala Lumpur, Malaysia.* T28. 19p.
- TAFFIN, G. de; QUENDEZ, P. 1980. An aspect of anionic nutrition in the oil palm and coconut. *Problem of Chlorine. Oleagineux (Francia) v.35 no.12, p.539-546.*
- TANQUE, M. 1982. Studies of the characteristics of some soils under oil palm in Sabah. *Departament of Agriculture, Sabah, Malaysia.* 99p. (Technical Bulletin no.5).
- UVEXHULL, H.R. von. 1985. Chlorine in the nutrition of palm trees. *Oleagineux (Francia) v.40 no.2, p.67-71.*
- WANASURIA, S.; GALES, K. 1989. Copper, defficiency of oil palm on mineral soil in Sumatra. *In: International Palm Oil Development Conference. PORIM, Kuala Lumpur.* v.41, p. 439.



CORFIBOYACA S.A.
CORPORACION FINANCIERA DE BOYACA S.A.

BOGOTA

Dirección General
Cra. 13 No. 27-47 Piso 6.
Tels: 2859800 - 2857887

Centro Internacional
Cra. 13 No. 27-50
Interior 179
Tels: 2867806 - 2865978
A.A. 3146

Oficina Norte
Cra. 15 No. 92-62
Tel. 2573008

CALI

Cra. 3 No. 8-11
Tel: 8955470/73

TUNJA

Calle 18 No. 11-22
Piso 3
Tel. 425260

DUITAMA

Cra. 16 No. 14-68
Edificio Nápoles
Oficina 203
Tels: 602428
605318

SOGAMOSO

Cra. 12 No. 11-65
Interior 15. Piso 2
Tel. 704144
Centro Comercial
Jubar