

Disponibilidad de microelementos para la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el piedemonte llanero colombiano, en dos períodos climáticos

Disponibility of microelements in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in the Colombian Eastern plains, during two climatic periods

Gustavo Adolfo Dávila P. ¹; Leyla Amparo Rojas E. ²; Ricardo Guerrero R. ³

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de medir la variación en la concentración los micronutrientes Zn, Cu, Fe y Mn (extraídos por el método Olsen modificado NaHCO_3 -EDTA) y del B (extraído con fosfato monocalcico $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{H}_2\text{O}$) en el suelo y su relación con los contenidos foliares en la hoja 17 de la palma de aceite, en dos períodos climáticos (húmedo-seco). Para el efecto, en 12 lotes de plantaciones cultivadas con palma adulta (7-9 años), situadas a lo largo del piedemonte llanero colombiano, se tomaron muestras tanto a nivel de suelos como de plantas. En tres sitios de trabajo por lote/plantación (cada sitio 2 palmas), se marcaron y se tomaron muestras a nivel de los suelos a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) en los dos períodos climáticos referidos, correspondientes a los cambios estacionales del régimen unimodal de lluvias y sequía imperante en la zona. La disponibilidad Fe, Cu y B fue "suficiente" en los suelos a la profundidad de 0-30cm según los niveles críticos (20,0; 1,0 y 0,20 ppm., respectivamente) establecidos por Lora (1990) para los suelos palmeros colombianos, con mayor concentración en el período húmedo. A nivel de los tejidos, el Cu y el B se presentaron por encima de los niveles críticos (3,0 y 8 ppm) mencionados por Von Euxkull (1992), en los dos períodos climáticos de muestreo, pero sin presentar valores significativos de relación con su concentración en los suelos. El Zn y el Mn fueron deficientes en la generalidad de los suelos para los dos períodos climáticos y en las dos profundidades. Sin embargo, a nivel de los tejidos foliares, la concentración de estos dos micronutrientes fue adecuada en los dos períodos climáticos, con valores muy por encima de los niveles críticos (1,5 y 200 ppm., respectivamente) según Von Euxkull (1992). El Mn presentó los mayores coeficientes de correlación ($r=0,74^{**}$ y $0,68^{**}$) entre el contenido en el suelo y su concentración en la planta, en los dos períodos climáticos estudiados. Los resultados permiten inferir que salvo el caso del Mn, los métodos de extracción no fueron funcionales para el caso de la evaluación de la disponibilidad de microelementos en los suelos estudiados.

SUMMARY

With the objective of measuring the variation in the micronutrients concentration: Zn, Cu, Fe, Mn (extracted by the Olsen modified method: NaHCO_3 -EDTA) and B (extracted by the monocalcic phosphate method: $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)\cdot 2\text{H}_2\text{O}$) in soil and its relationship to that extracted by the plant, during two climatic periods (wet - dry), the present work was developed. Twelve plantation batches cultivated with adult palm (7-9 years) were sampled in

- 1 Ing. Agrónomo. Director (E). Laboratorio de Suelos. Corpoica. C.I. "Palmira", Palmira (Valle del Cauca), Colombia.
- 2 Química, Ph.D. Directora. Laboratorio de Suelos y Mineralogía. Corpoica. C.I. "Tibaitatá". Bogotá, D.C., Colombia
- 3 Ing. Agrónomo, M.Sc. Consejero Monomeros Colombo-Venezolanos. Profesor Asociado, Facultad Agronomía Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia.

the leave 17 of each plant. The soils were sampled at two depths (0-30 and 30-60 cm). Three work sites by batch / plantation (2 palms per site) were labeled. The two climatic periods belong to the seasonal changes of the regime of rains and prevailing drought in the zone. The micronutrients Fe, Cu and B were sufficient in soils at the first sampling depth (0-30 cm) according to the critical levels (20.0; 1.0 and 0.20 ppm, respectively) established by Lora (1990) for soils cultivated in oil palm in Colombia with greater concentration in the wet period. Cu and B concentration in plant were above the critical levels (3.0 and 8 ppm) according to Von Euxkull (1992), in the two climatic periods of sampling, with no significant relationship to its concentration in soils. Zn and Mn were deficient in most of the soils studied for the two climatic periods studied at the two sampling depths. However, the concentration of these two micronutrients in the plant were sufficient, in the two climatic periods, with values above the critical levels (1.5 and 200 ppm., respectively) according to Von Euxkull (1992). Mn showed the greater correlation coefficients ($r=0.74$ and 0.68) among the content in soil and its concentration in the plant, during the two climatic periods studied. The results permit to deduce, that although for some of the elements under study exists a significant relationship between the soil content of the element and its concentration in the plant, the adaptation of methods such as the modified Olsen and the monocalcic phosphate (of good behavior for other crops) are not good enough to evaluate the micronutrients for the oil palm under the conditions of the Eastern plains of Colombia. The previous suggested that more studies are necessary to adapt more suitable methods.

Palabras claves: Palma de aceite, Oligoelementos, Suelos óxicos.

INTRODUCCIÓN

Eschbach (1980) indica que los resultados obtenidos en diferentes ensayos sobre plantas jóvenes de palma de aceite desarrolladas en soluciones nutritivas con micronutrientes, en diferentes países, demuestran que el Zn, Cu, Fe, Mn y B son indispensables para un crecimiento normal, mientras que los resultados de ensayos de campo, muestran que sólo el B puede llegar a ser deficiente en una edad temprana en suelos próximos a la neutralidad, siendo, por otra parte, un hecho conocido que el Cu presenta deficiencia en suelos turbosos muy ácidos. En cambio, para los demás microelementos, y hasta para el Mn y el Zn (fácilmente absorbidos por la palma), no se han obtenido respuestas en crecimiento, producción y el estado de sanidad, cualquiera que sea el tipo y el contenido de los suelos. Este efecto es explicable por el hecho de que el pH del suelo, que rige la disponibilidad de los oligoelementos, es más importante que los contenidos de éstos, y que en la gran mayoría de suelos en que se cultiva la palma de aceite tiene un pH que permite una disponibilidad normal o máxima de los micronutrientes para la mayoría de las plantas.

En general, la acidez favorece la disponibilidad de los micronutrientes, con excepción del Mo,

cuya disponibilidad disminuye a medida que desciende el pH (Salinas y Valencia 1984).

Ng y Tan (1972) señalan como un estimativo anual de absorción de micronutrientes por la palma adulta (g/planta) las siguientes cantidades (g/planta) de micronutrientes, entre acumulado, hojas podadas, racimos de fruto: B: 1,55; Cu: 1,72; Zn:3,55 y Mn: 25,68.

El contenido de Boro en la hoja 17 de la palma puede variar desde 20 a 100 ppm (Rajaratnam 1976). En Malasia, en particular, su rango se sitúa entre las 10 y 16 ppm. Ferrand (1990) citado por Owen (1991), indica que bajo las condiciones de Colombia el B puede variar entre 25 y 30 ppm para la hoja 17, mientras que Ollagnier et al. (1970), citado por el mismo autor, establece que el contenido es sólo de 8 ppm, y que para Malasia puede variar entre 15 y 20 ppm.

Un largo inventario de los contenidos de Cu en la hoja 17 de palmas de aceite plantadas en cerca de 30 series de suelos de la península Malaya, indica que el rango está entre 4,6 a 7,1 ppm para el contenido medio por serie de suelo, con límites mínimos de 2,9 y máximos de 9,8 ppm (Forde 1968). Otros autores presentan diferentes

Tabla 1. Rangos óptimos, críticos y excesivos para micronutrientes en la hoja 17 de la palma de aceite según con varios investigadores.

Rangos críticos, óptimos y excesivos de micronutrientes en palma de aceite.						
Edad de la palma	Rango	Cu	B	Zn	Mn	Fe
Palmas adultas > 6 años	Deficiente	< 3 (1)	<8 (1)(3)	<15-40 (4)	<200 (2)(3)	<40-150 (7)
		< 25-35 (2)	<25-30 (2)	<10-40 (10)	<150-200 (4)	
		< 10 (3)	<15-20 (3)		<30-1000 (8)	
	Óptimo	< 5-8 (4)	<10-20 (4)			
	Excesivo	< 3-8 (6)	< 5-20 (6)	15-20 (5)		
5-8 (1)		15-25 (1)	> 400 (9)			
10-35 (5)		25-30 (5)				
> 15 (1)		> 40 (1)				

Fuente: 1) Von Euxkull (1992); 2) Ferrand (1960); 3) Ollagnier et al. (1970); 4) Ng (1972); 5) Malavolta (1994) 6) Rajaratnam (1976); 7) Kanapathy (1944); 8) Eschbach (1980); 9) Chapman (1966); 10) Ng (1974).

variaciones en los contenidos de Cu así: de 3-8 ppm (Rajaratnam 1976), ó de 6-15 ppm (Ng et al. 1969). Ferrand (1960) reporta como nivel crítico de Cu, para la hoja 17, un valor entre 25-35 ppm, pero Ollagnier et al. (1970) reportan el valor de 10 ppm, mientras Ronsequist, citado por Ng (1972), considera que está entre 5-8 ppm.

En Malasia, los contenidos de Fe sobre la hoja 17 de la palma de aceite, pueden estar entre 40 y 150 ppm (Kanapathy 1976, citado por Eschbach 1980). Según diferentes autores, el Mn varía su contenido entre 30 y 1.000 ppm, en la hoja 17 de la palma de aceite (Eschbach 1980). Ronsequist, citado por Ng y Tan (1972), reporta como nivel crítico para Mn en la hoja 17 un valor de 200 ppm. El mismo autor considera como normales valores entre 150-200 ppm, indicando que existe una correlación positiva y significativa entre el contenido de la hoja con el rendimiento.

En Malasia, los contenidos de Zn en la hoja 17 de la palma de aceite varían entre 10 y 40 ppm. Existe una correlación positiva entre el contenido de Zn en la hoja con el rendimiento (Tanque

(1982) citado por Owen 1991). La Tabla 1 resume los niveles críticos encontrados por diferentes investigadores para el estado óptimo, mínimo y excesivo de micronutrientes en la hoja 17 de la palma de aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de los suelos

Con un promedio de precipitación de 3.010 mm/año, temperatura media de 25°C y un promedio de humedad relativa del 77%, en doce suelos de plantaciones del piedemonte llanero, provenientes de lotes sembrados con palma de aceite, en siete localidades (San Martín, Fuente de Oro, Acacias, San Carlos de Guaroa, Villavicencio, Cumaral y Villanueva) en los departamentos del Meta y Casanare, se tomaron muestras a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm), durante dos periodos climáticos (húmedo en 1995-seco en 1996). Por cada lote se establecieron tres unidades de muestreo (replicaciones), en sitios marcados del área de influencia de dos palmas sembradas comercialmente. Cada muestra de suelos, a las dos profundidades preestablecidas, estuvo compuesta de seis submuestras tomadas en sitios simétricos de influencia de la masa radicular de las dos palmas seleccionadas. Los materiales vegetales evaluados fueron: Costa Rica, Monte-Líbano, Unilever, IRHO, Unilever-Camerúm, Papúa y Dura x Piscifera PE-687D x PE-652D. Los dos muestreos se realizaron en los dos periodos climáticos, sobre los mismos sitios marcados. Para la caracterización de los suelos se emplearon los métodos establecidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) (Rojas et al. 1989).

Para la extracción del Cu, Zn, Fe y Mn en los suelos se empleo el método de Olsen modificado con NaHCO₃ -EDTA, realizándose la valoración por E.A.A., en equipo Perkin-Elmer 2380, mientras

que para el Boro disponible el método de extracción fué el Fosfato Monobásico de Calcio $[(Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O, 0.008 M)]$, y su valoración colorimétrica con Azometina-H a 430 nm.

La determinación total de Fe, Cu, Zn y Mn en los tejidos foliares de la hoja 17 se realizó a partir de una mineralización en húmedo con: H_2SO_4 (con), $HClO_4$ (con), H_2O_2 (30%) y metanol ácido, valorándose por E.A.A. La mineralización del tejido foliar para la determinación de B se realizó por calcinación en mufla y valoración colorimétrica en presencia de Azometina-H. El análisis de los resultados se realizó por correlación y regresión de todas las variables del suelo y foliares involucradas en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Fe se presentó en todos los casos con valores suficientes, muy por encima del nivel crítico (20 ppm). Se evidenció una mayor solubilidad de este nutriente durante el período húmedo, con predominio de valores más altos en la primera profundidad. El valor más alto (322,3 ppm) se presentó en "La Cabaña", mientras que el menor (104,6 ppm) se encontró en "Palmasol" (Fig. 1-arriba).

Contrario a los resultados de los suelos, siete plantaciones de las 12 en las que se tomaron muestras, presentaron valores de Fe foliar más altos en el período seco. Los coeficientes de correlación fueron muy bajos, siendo negativos ($< -0,32$). Debido a que no existen niveles críticos para este nutriente a nivel de tejidos, es difícil cali-

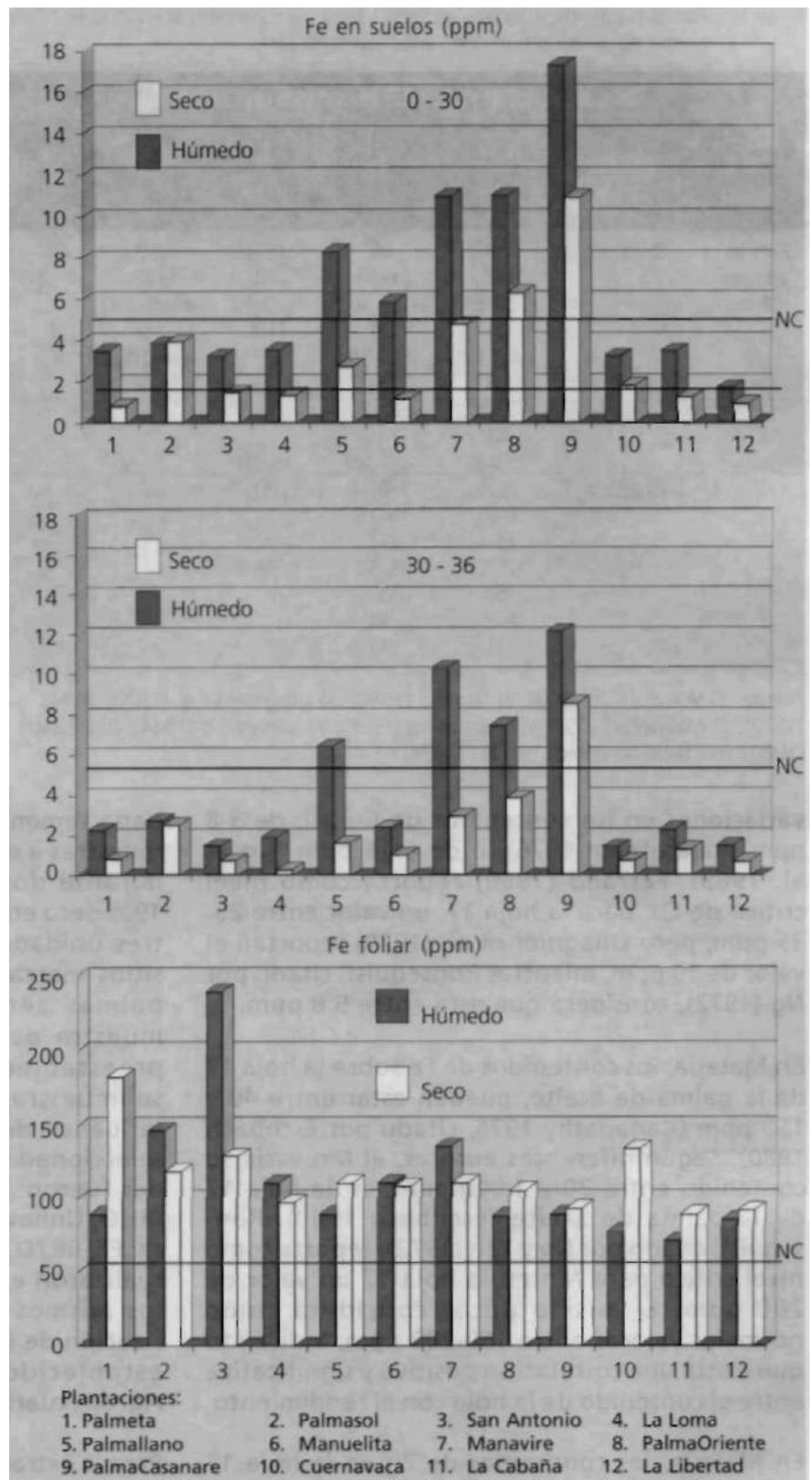


Figura 1. Variación del hierro (Fe) extraído con $NaHCO_3$ -EDTA en los suelos estudiados, a las dos profundidades de muestreo (arriba), y concentración en los tejidos foliares de la hoja 17, en dos períodos climáticos (abajo).

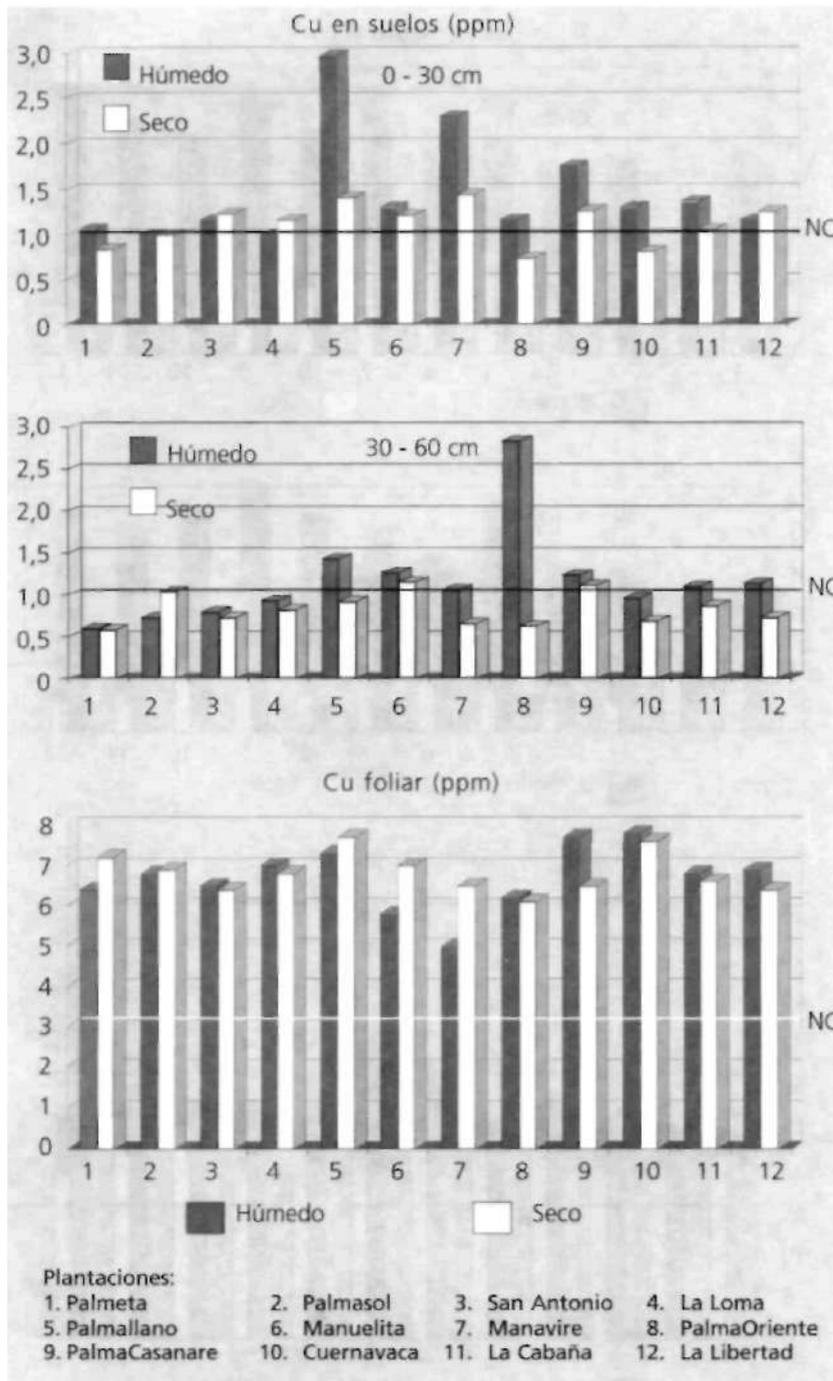


Figura 2. Variación del cobre (Cu) extraído con NaHC03-EDTA en los suelos estudiados, a las dos profundidades de muestreo (arriba), y concentración en los tejidos (hoja 17) en dos períodos climáticos (abajo).

ficarlo, encontrándose variaciones desde 70,6 a 238,6 ppm en el período húmedo y de 98,3 a 182,6 ppm para el período seco (Fig. 1-abajo).

El Cu se presentó en el período húmedo (0-30 cm) por encima del nivel crítico (1,0 ppm). Los

suelos, con muy pocas excepciones, presentaron mayor solubilización de este nutriente durante el período húmedo, a las dos profundidades (Fig. 2-arriba).

Los análisis de los tejidos en la hoja 17 presentaron niveles de suficiencia de Cobre (> 3,0 ppm) en los dos períodos de muestreo. Siete plantaciones mostraron los mayores valores de este nutriente en el período húmedo, sin grandes variaciones con referencia al período seco. La gran mayoría de los valores de este nutriente en las plantaciones, para los dos períodos climáticos, se encontraron dentro de rangos óptimos (5-7 ppm), según lo reportado por la literatura. A nivel estadístico, no hubo una relación muy estrecha entre los niveles de Cu en el suelo, a las dos profundidades de muestreo, y los contenidos del mismo nutriente en los tejidos foliares, para los dos períodos (Fig. 2-abajo).

Los valores de Zn en los suelos fueron bajos (<1,5ppm), con excepción de "La Libertad", "Palmar de Manavire" y "Palmar de Casanare", en la primera y segunda profundidad, respectivamente, durante el período húmedo, en el cual hubo la mayor disponibilidad del micronutriente. Durante el período seco, todos los suelos mostraron valores bajos del elemento, menores o iguales a 0,60 ppm., lo cual denota una gran variación en la estimación del verdadero requerimiento de la planta y del período de muestreo (Fig. 3-arriba).

En diez de las doce plantaciones en las que se tomaron las muestras, la mayor concentración de Zn correspondió al período húmedo, lo cual está acorde con el comportamiento mostrado por el nutriente a nivel de los suelos. En los dos períodos climáticos, el contenido de Zn foliar estuvo por

encima del nivel crítico (15 ppm), reportado por Ronsequist, citado por Ng y Tan (1972), sin embargo, en el suelo se mostró deficiente, para las dos profundidades y para los dos períodos. Estadísticamente, se encontraron correlaciones positivas entre el contenido foliar y el del suelo, siendo su coeficiente de correlación muy bajo ($r = 0,35^*$) (Fig. 3 - abajo).

Contrario a lo que se supone para suelos óxicos, el Mn fue deficiente (< 5 ppm), en siete de las 12 plantaciones estudiadas para la primera profundidad, en el período húmedo, mientras que en el seco se presentó deficiente en ocho de las 12 plantaciones. Lo mismo se encontró para la segunda profundidad, en los dos períodos. Los mayores promedios, a la primera profundidad y por encima del nivel crítico, se encontraron para las plantaciones de "Palma Casanare", "La Cabaña", "Palmar de Manavíre" y "Palmallano" (17,3; 11,0; 11,0 y 8,30 ppm., respectivamente), durante el período húmedo.

Para el período seco, a la misma profundidad, sólo sobrepasaron dicho nivel crítico dos plantaciones: "Palmar de Manavíre" (10,9 ppm) y "Palmar de Oriente" (6,30 ppm) (Fig. 4-arriba). Este comportamiento puede estar relacionado, en parte, con la cantidad del elemento que extrae el método $\text{NaHCO}_3\text{-EDTA}$, puesto que las cantidades evaluadas en las plantas indican una excesiva acumulación de Mn en los tejidos de la hoja 17.

Los análisis de tejidos realizados en los dos períodos, mostraron una mayor concentración de Mn en 10 de las 12 plantaciones estudiadas para el período húmedo, con muy pocas diferencias en las restantes plantaciones, entre un período y otro (Fig. 4-abajo). En general, el

Mn siguió el mismo patrón de comportamiento de los suelos, con mayor concentración en el

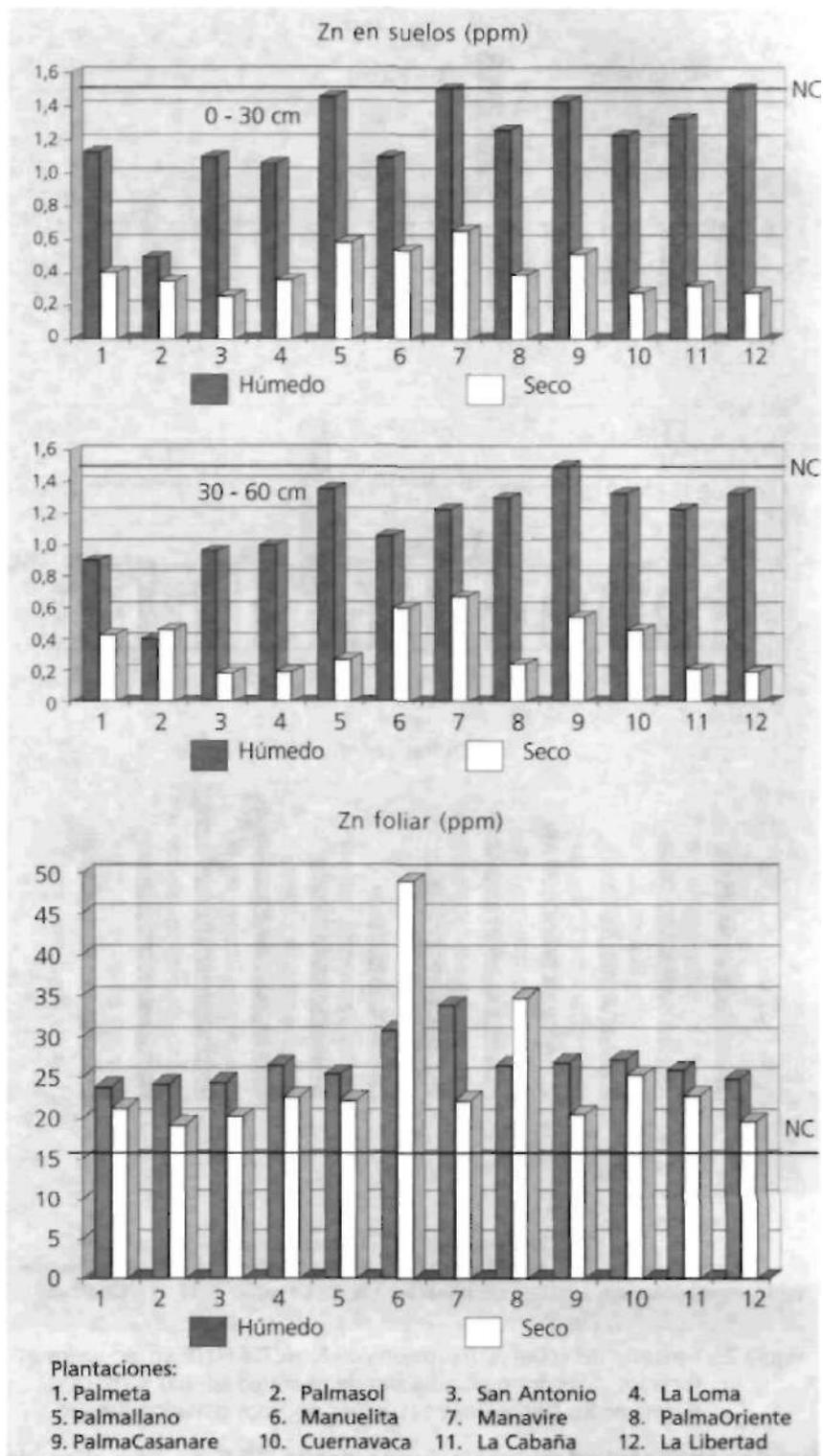


Figura 3. Variación del zinc (Zn) extraído con $\text{NaHCO}_3\text{-EDTA}$ en los suelos • diados, a las dos profundidades de muestreo (arriba), y concentración en los tejidos (hoja 17), en dos períodos climáticos (abajo).

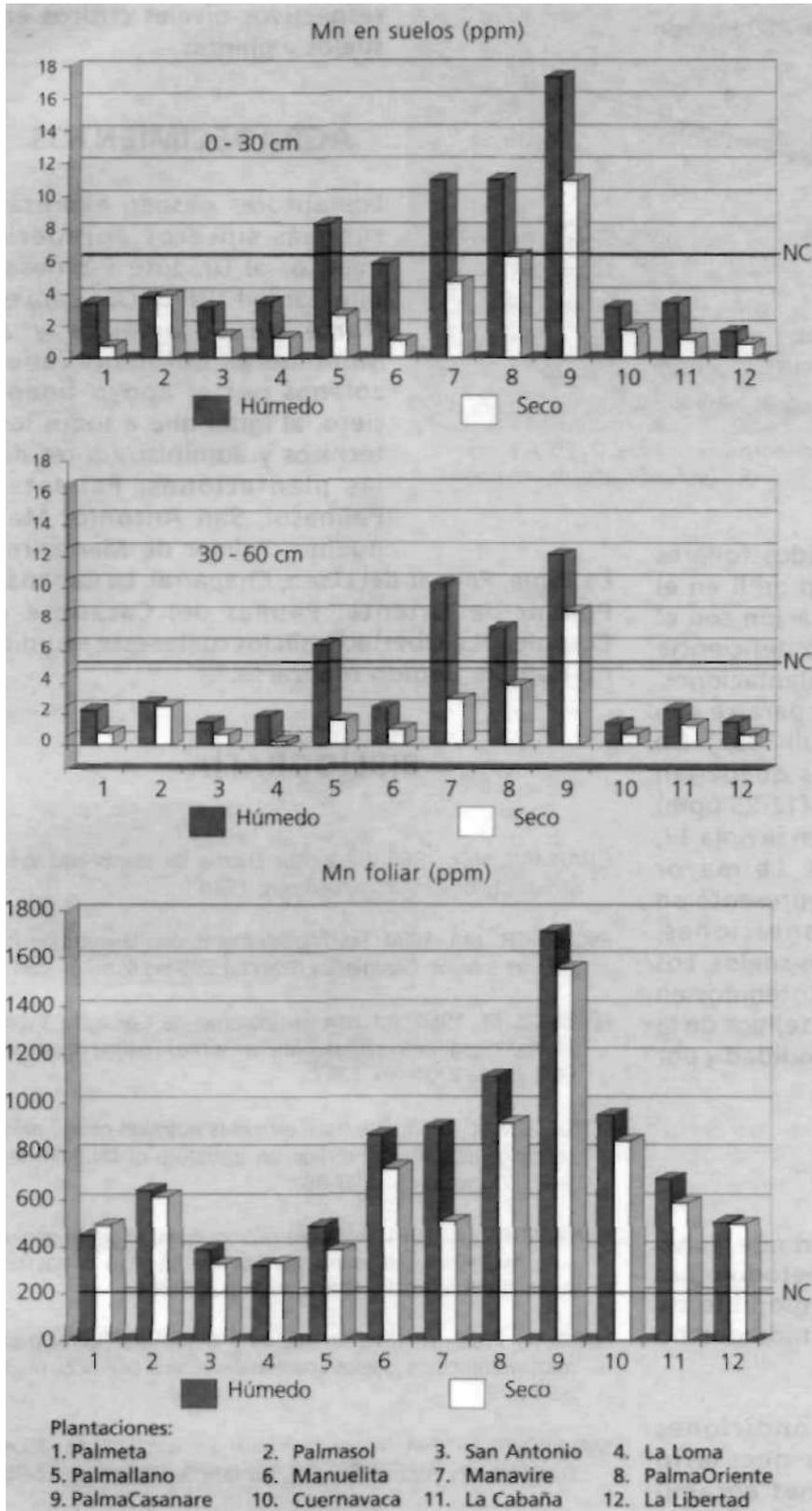


Figura 4. Variación del Manganeso (Mn) extraído con NaHC03-EDTA, en los suelos estudiados a las dos profundidades de muestreo (arriba), y concentración en los tejidos (hoja 17) en dos periodos climaticos (abajo).

período húmedo a nivel de las dos profundidades de muestreo.

Los valores de Mn foliar muestran que no se presentó deficiencia de este nutriente en ninguno de los dos periodos evaluados, presentándose altos coeficientes de correlación ($r=0,74^{**}$ y $0,86^{**}$ para los periodos húmedo y seco, respectivamente) entre la concentración de los tejidos y el extractado de los suelos, a las dos profundidades de muestreo, con un mejor comportamiento para la primera profundidad en el periodo húmedo. La Figura 5 muestra la regresión entre el Mn foliar, en función de su contenido a nivel edáfico para las dos profundidades, en el periodo húmedo. Las bajas concentraciones en los suelos de siete plantaciones (menores a 4 ppm) en los dos periodos, a la primera profundidad, coincidieron con muy altas concentraciones foliares en esas mismas plantaciones, lo cual exige más estudios para definir el nivel de toxicidad (Fig 4-abajo).

El B de los suelos fue suficiente ($>0,20$ ppm) para las dos profundidades evaluadas, pero únicamente en el periodo húmedo, mientras que en el seco sólo tres plantaciones: "Palmeta", "La Cabaña" y "La Libertad", a la primera profundidad, y ninguna a la segunda, superaron el nivel crítico. El mayor valor (0,56 ppm) se encontró (0-30 cm) en el periodo húmedo, para "San Antonio" y "La Cabaña", considerándose estos valores como "altos", mientras que a nivel de la segunda profundidad, en el mismo periodo, el mayor valor (0,70 ppm) correspondió a "Palmar de Oriente" (Fig. 6-arriba).

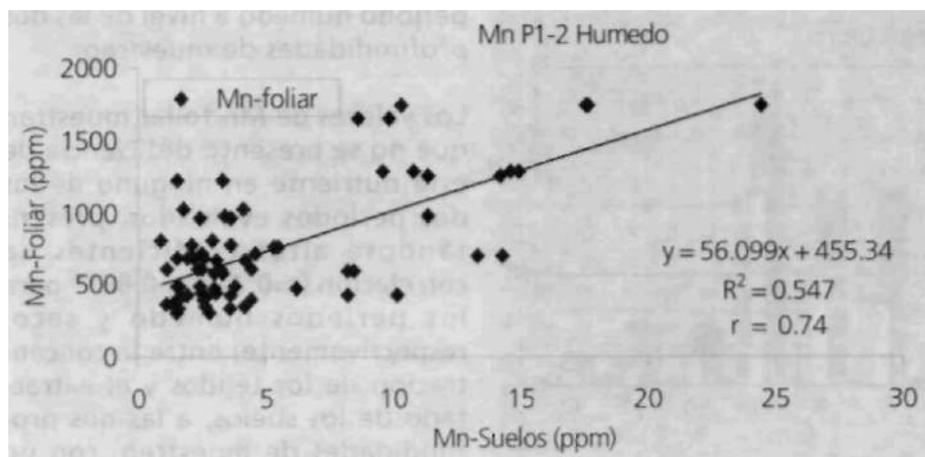


Figura 5. Regresión del Mn foliar, en función del extraído con NaHCO_3 -EDTA en los suelos estudiados (período húmedo), a las dos profundidades muestreo (0-30 y 30-60 cm).

Para del promedio general, los tejidos foliares mostraron una mayor concentración de B en el período seco (27,7 ppm) en comparación con el húmedo (25,2 ppm). No se presentó deficiencia de este nutriente en ninguna de las plantaciones, para los períodos evaluados, al compararse con el nivel crítico de 8 ppm (Von Euxkull 1992). De igual forma, todas las plantaciones quedarían incluidas dentro de niveles óptimos (12-25 ppm) de concentración de este nutriente en la hoja 17, para los dos períodos evaluados. La mayor concentración de B en los tejidos se presentó en el período seco, para siete plantaciones, contrario a lo sucedido a nivel de los suelos. Los coeficientes de correlación entre contenidos en el suelo y las concentraciones en los tejidos de la hoja 17 fueron muy bajos, por profundidad y por período climático (Fig. 6 abajo).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que, salvo para el caso del manganeso, las metodologías de extracción de la fracción disponible de microelementos en los suelos estudiados no son confiables.

En consecuencia, para las condiciones análogas a las del estudio es necesario desarrollar nuevas investigaciones encaminadas a la búsqueda de metodologías de extracción apropiadas, junto con los

respectivos niveles críticos en suelos y plantas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus más sinceros agradecimientos al Dr. José Espinosa, director del "INPOFOS" para el Norte de Suramérica y a Monomeros Colombo-Venezolanos por el apoyo financiero, al igual que a todos los técnicos y administradores de las plantaciones: Palmeta, Palmasol, San Antonio, Manuelita, Palmar de Manavire, La Loma, Palmar del Llano, Chaparral, La Cabaña, Palmar de Oriente, Palmas del Casanare y Corpoica "La Libertad", sin los cuales este estudio no hubiera podido realizarse.

BIBLIOGRAFÍA

- CHAPMAN, H.D. 1966. Diagnostic criteria for plants and soils. University of California, Berkeley. 793p.
- ESCHBACH, J.M. 1980. Les oligoelements dan la nutrition de palmier a huile. Oleagineux (Francia) v.35 no.6, p.281-294.
- FERRAND, M. 1960. Informe al gobierno de Colombia sobre plantas oleaginosas y especialmente sobre la palma de aceite. FAO. Roma (Doc. No. 1257).
- FORDE, L.M.St. 1968. The trace elements nutrition of soil palm seedling, Journal of the Nigenan Institute of Oil Palm Research (Nigeria) v.5, p.77-88.
- KANAPATHY, J.A. 1974. Available micronutrient in some peninsular Malaysian soils as indicated by the oil palm. Malaysian Agricultural Journal (Malasia) v.49, p.357-364.
- LORA, R. 1990. Análisis de suelos y material vegetal para micronutrimientos. Suelos Ecuatoriales (Colombia). V.20 no.3, p.99-103.
- MALAVOLTA, E. 1994. Diagnóstico foliar. En. Fertilidad de suelos. Diagnóstico y control. S.C.C.S, Santafé de Bogotá, p. 57-98.
- NG, S.K.; CHEAH. T.E.; THAMBOO. S. 1969. Nutrients contents of oil palms in Malaya. IV. Micronutrients in leaflets. Malayan Agriculture Journal (Malasia) v.47, p.41-52.

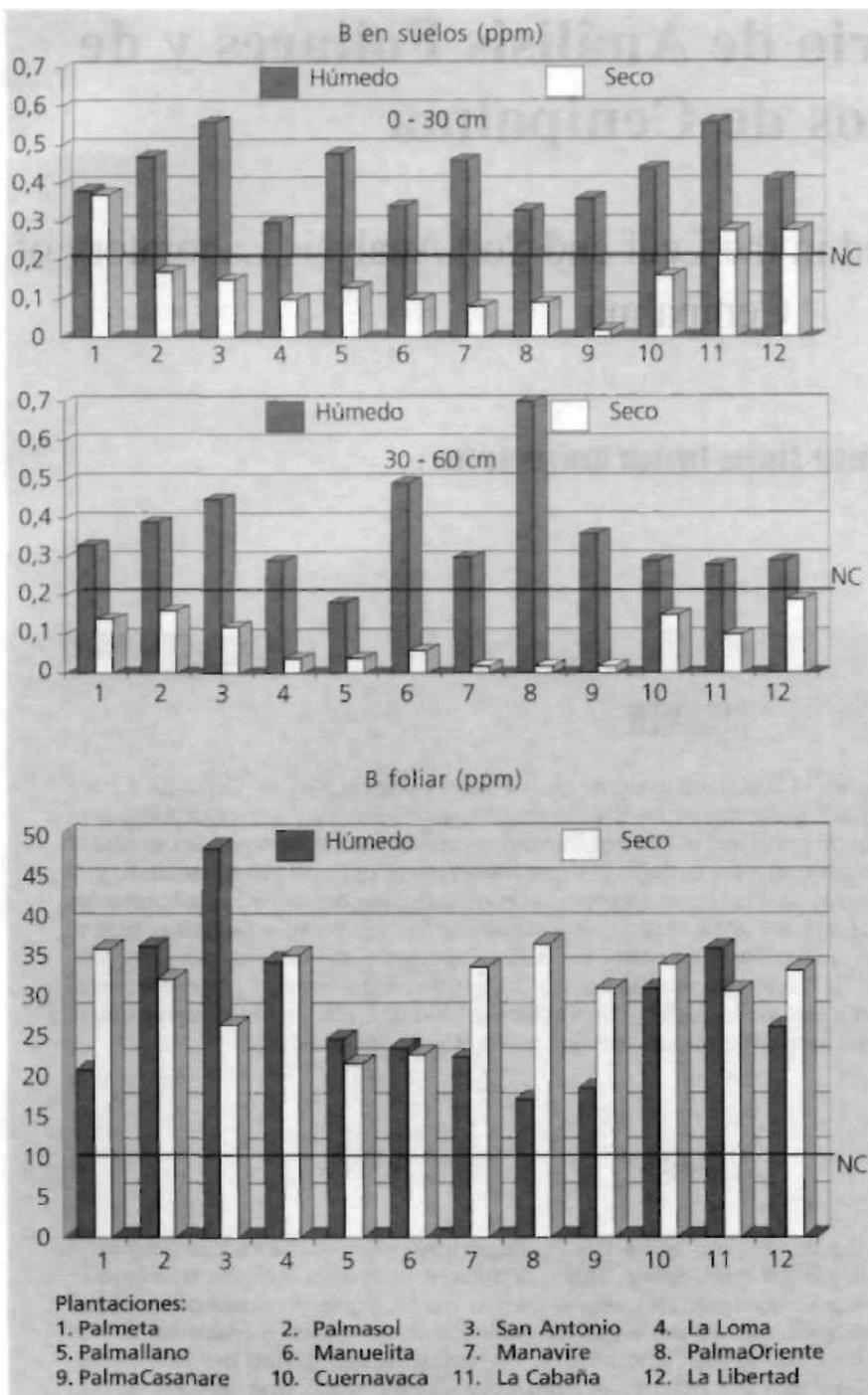


Figura 6. Variación del Boro extraído con Fosfato monocalcico 0.008M en los suelos estudiados, a las dos profundidades de muestreo (arriba), y concentración en los tejidos (hoja 17), en dos períodos climáticos (abajo).

NG, S.K.; TAN, Y.P. 1972. The oil palm: Its culture, manuring and utilisation. International Potash Institute, Berne. 145p.

NG, S.K.; TAN, Y.P. 1974. Nutritional complexes of oil palm planted on peat in Malaysia. *Oléagineux* (Francia) v.29, p.1-14.

OLLAGNIER, M.; OCHS, R.; MARTIN, G. 1970. *Fertilile*, No.36, p.31.

OLLAGNIER, M. 1972. Anionic nutrition of oil palm. Application to fertilizer policy in North Sumatra. *In: International Oil Palm Conference. 1972. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur.* 13p.

OWEN B., E.J. 1991. Palma de aceite. *En: Fertilización de cultivos de clima cálido. Monomeros Colombo Venezolanos S.A.*, p.177-219.

RAJARATNAM, J.A. 1976. Micronutrens. *In: R.H.V. Corley (Ed.). Oil Palm Researchs, Elsevier, Amsterdam. (Holland).* p.263-270.

_____. 1973. Boron toxicity in oil palms. *Malay. Agrie. J.*, 2, p. 95.

ROJA, L.A.; GONZÁLEZ, G.I.; GARCÍA, A.; CASTILLO, L.E.; ORTIZ, G.; AMÉZQUITA, E.; LORA, R.; NAVAS, J. 1989. *Manual de Asistencia Técnica No. 47. ICA, Santafé de Bogotá.* 202p.

SAUNAS, J.G.; VALENCIA, C.A. 1984. *Oxisoles y ultisoles en América tropical. II Características químicas. CIAT, Cali, Colombia.* 67p.

VON EUXKULL, H.R. 1992. *Oil Palm. In: IFA. World Fertilizer Use Manual. Germany.* p.245-253.