

Variación de las concentraciones foliares de nutrientes según la edad fisiológica de las hojas de la palma de aceite en dos localidades de Colombia

Variation in Oil Palm Leaf Nutrient Concentrations with Leaf Physiological Age in Two Locations in Colombia

Fernando Munévar M¹.; **Resumen**
Alicia Romero F².;
José A. Cristancho R².;
Nolver A. Arias A³.

El análisis foliar es una herramienta fundamental para el manejo nutricional y el establecimiento de los programas de fertilización de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). La confiabilidad de los análisis foliares depende de muchos factores, entre ellos, los relacionados con la selección de la hoja de la palma que se toma como muestra, dado que los niveles foliares de nutrientes cambian con la edad fisiológica de la hoja y el patrón de cambio es diferente entre nutrientes. Por lo anterior, es conveniente conocer cómo cambia la concentración de cada elemento esencial según la edad de la hoja, aspecto que está documentado en la literatura internacional sólo para algunos nutrientes y sin incluir datos de Colombia. Con este objetivo, se adelantó un estudio en dos localidades de Colombia, en el cual se determinó la variación de la concentración de 12 nutrientes en el follaje de la palma, haciendo mediciones en hojas de cinco edades fisiológicas. Los resultados permitieron agrupar los elementos en tres categorías según el patrón de su comportamiento. Los datos sobre los macronutrientes potasio (K), fósforo (P), calcio (Ca) y magnesio (Mg) permitieron validar lo consignado en la literatura para otras localidades del mundo. Se obtuvo información no disponible respecto al comportamiento de los micronutrientes y a la sumatoria de las bases (Ca+Mg+K) y la relación entre ellas [(Ca+Mg)/K] en función de la edad de la hoja. Con base en los resultados, se hicieron inferencias sobre la movilidad de los micronutrientes en la palma. Los resultados ratifican la importancia de una adecuada selección de la hoja a muestrear para análisis foliares porque de ello depende la aplicabilidad de los resultados.

Palabras Clave

Muestren foliar, análisis foliar, palma de aceite, *Elaeis guineensis* Jacq.

Summary

Leaf analysis is an important tool for nutrition and fertilizer management in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) cultivation but its reliability depends on the control of the factors that affect nutrient concentrations in the leaves. Leaf age is one the major fac-

1. Investigador titular. Cenipalma. e-mail: fernando.munevar@cenipalma.org Calle 21 No 42C47, Bogotá, Colombia.
2. Investigadores auxiliares. Cenipalma.
3. Investigador asistente. Cenipalma.

Recibido: septiembre 13 de 2005. Aprobado: septiembre 22 de 2005.

tor effecting leaf nutrient concentrations, thus the appropriate selection of the leaf to be sampled is critical to obtain useful results. Therefore knowing the patterns of variability of nutrients with leaf age is important. This information is available in the literature for the macronutrients only and no information has been published for the micronutrients, nor for the oil palm in Colombia. A study was conducted in two locations in Colombia to determine the variation in leaf concentration of 12 nutrients measuring them for five physiological leaf ages. The results allowed to make three groups of nutrients according to the variation patterns observed. Results confirmed what has been published regarding the effect of leaf age on concentration of the macronutrients potassium (K), phosphorus (P), calcium (Ca) and magnesium (Mg) in other locations abroad. Information not yet available in the literature was obtained on the effect of leaf age on micronutrient concentration as well as on the sum of bases (Ca+Mg+K) and the base ratio [(Ca+Mg)/K]. Based on the results, inferences were made about the mobility of micronutrients in the oil palm. The results emphasize the importance of an accurate identification of the leaf to be sampled for analysis in order to obtain reliable results.

Introducción

El análisis foliar es un medio de diagnóstico del estado nutricional de la palma de aceite [*Elaeis guineensis* Jacq.) que cumple un papel clave en el manejo de la fertilización del cultivo a escala comercial. En el manejo habitual de las plantaciones se deben tomar muestras foliares siguiendo procedimientos estandarizados para poder hacer comparaciones a través del tiempo y entre unidades de manejo, así como para un uso adecuado de la información sobre niveles críticos o de referencia en la interpretación de los resultados (Foster, 2003; Munévar, 2001). La estandarización de los procedimientos de muestreo busca minimizar el efecto de los múltiples factores que afectan la concentración de los nutrientes en las hojas, aparte de la disponibilidad de nutrientes como tal (Fairhurst, 2005; Foster, 2003).

Uno de los factores que influye en la concentración de nutrientes en las hojas, en particular, en los folíolos, que son las partes de la hoja de las cuales se toman las muestras para análisis foliar (Munévar y Franco, 2002), es la edad fisiológica de las mismas, la cual en la práctica se puede relacionar con su número de orden, de acuerdo con la nomenclatura convencional de la filotaxia de la palma de aceite (Fairhurst, 2005; Foster, 2003; Ng, von Uexküll y Härdter,

2003). Dada esta relación, en el presente trabajo el número de orden de las hojas se tomará como indicador de su edad fisiológica, reconociendo que dicho número no tiene una equivalencia exacta con la edad cronológica de las hojas, debido a los múltiples factores que afectan la tasa de emisión foliar en la palma de aceite (Fairhurst, 2005).

Estudios que datan del año 1949 (Broeshart, 1954; Chapman y Gray, 1949; Rajaratnam, Weng y Hhen, 1980) han establecido que la hoja No. 17 de la palma adulta es la más representativa de las concentraciones de nutrientes en la palma y que los niveles de nutrientes en dicha hoja tienen una mayor correlación con el rendimiento del cultivo que los valores que se obtienen de otras hojas. Se ha interpretado que la hoja 17 cumple con esas características porque tiene un estado de desarrollo intermedio en relación con el total del follaje, no ha comenzado aún los procesos asociados con la senescencia y por estar relacionada con una inflorescencia en desarrollo, es un importante vertedero de nutrientes, en términos fisiológicos (Fairhurst, 2005).

El patrón de variación de la concentración de un nutriente en función de la edad de la hoja es específico para cada uno y en la práctica se presentan tres casos: nutrientes cuya concentración disminuye al aumen-

tar la edad de la hoja, otros cuya concentración crece con la edad y un tercer grupo cuya variación con la edad es de magnitud limitada (Fairhurst, 2005; Foster y Chang, 1977; Rajaratnam, Weng y Hhein, 1980). El patrón de variación que se da en un nutriente en particular tiene relación con varios factores, siendo uno de los más importantes la movilidad que dicho nutriente tiene en el floema de la planta (Blevins y Lukaszewski, 1998; Foster y Chang, 1977; Marschner, 1995; Mengel y Kirkby, 1979). Dado que en varios nutrientes su concentración en los folíolos sufre un cambio significativo con la edad de la hoja, los errores que se cometan en la identificación de la misma para muestrear traen como consecuencia un diagnóstico equivocado.

En el manejo comercial de los cultivos de palma de aceite, así como en las investigaciones sobre nutrición, o sobre problemas sanitarios, se presentan algunos casos especiales en los cuales es útil tomar muestras de hojas diferentes a la No. 17, por lo cual es conveniente tener información de referencia respecto a los valores de concentración de nutrientes en hojas de diferente edad.

Lo anterior justifica conocer los patrones de variación que tienen los nutrientes de acuerdo con la edad de la hoja, y aunque hay alguna información al respecto en la literatura internacional, la misma no ha tenido un tratamiento estadístico y no contempla sino pocos elementos: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) (Broeshart, 1954; Chapman y Gray, 1949; Rajaratnam, Weng y Hhein, 1980). Además, no se conocen datos obtenidos en Colombia. Las anteriores consideraciones dieron base para realizar un estudio en dos regiones productoras de Colombia, con el fin de conocer el patrón de variación de la concentración de 12 elementos esenciales en función

de la edad de la hoja de palma de aceite adulta. Así mismo, esta publicación busca que la presentación e interpretación de los resultados sensibilice al personal de las plantaciones encargado de la nutrición y de la alta rigurosidad que se debe tener en el procedimiento de muestreo foliar para el manejo comercial de las plantaciones, en particular, en cuanto a la selección de la hoja que se muestrea.

Materiales y métodos

Para el estudio se tomaron muestras foliares de dos plantaciones de diferentes zonas de producción, así: Palmas de Casanare, en Villanueva. Casanare (Zona Oriental) y Promipalma en San Martín, Cesar (Zona Central). En la primera localidad, la precipitación media anual es de 2.345 milímetros y en la segunda, es de 2.505 milímetros. En ambas localidades el régimen de lluvias es monomodal y se presenta un período seco entre diciembre y marzo (cuatro meses consecutivos con menos de 100 mm de lluvia mensual). En Palmas del Casanare las muestras se tomaron del lote A19, donde el suelo predominante es de textura franca, fuertemente ácido y con una saturación de aluminio del 36% (Tabla 1). En Promipalma las muestras se tomaron del lote 2B donde el suelo es de textura franco arcillosa, menos ácido que en Casanare y con una saturación de bases del 97% (Tabla 1). En lo sucesivo, por simplicidad, se hará referencia a estas localidades de muestreo con los nombres de Casanare y sur del Cesar.

En los lotes de muestreo se seleccionaron seis palmas adyacentes unas a otras, carentes de problemas sanitarios visibles y de cualquier rasgo atípico y se tomaron 20 folíolos de la parte central de cada una de las hojas No 1, 3, 9, 17 y 25, incluyendo igual número de folíolos de cada lado del raquis. De esta forma se contó con 30 muestras por localidad. Una vez

Estudios que datan del año 1949 han establecido que la hoja No. 17 de la palma adulta es la más representativa de las concentraciones de nutrientes en la palma y que los niveles de nutrientes en dicha hoja tienen una mayor correlación con el rendimiento del cultivo que los valores que se obtienen de otras hojas

Principales características de los suelos de los sitios de estudio. Muestras tomadas de los primeros 15 cm del perfil del suelo en el plato (círculo limpio) alrededor de la palma

Tabla
1

Parámetro	Casanare	Sur del Cesar
Textura	Franco	Franco arcilloso
pH	4,60	4,90
Materia orgánica, %	2,28	2,33
Al, $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ *	1,12	0,41
K, $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	0,31	0,28
Ca, $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	1,24	9,12
Mg, $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	0,46	4,01
C.I.C., $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$	8,18	16,70
P, mg kg^{-1} **	35,50	12,00
S, mg kg^{-1}	16,90	15,20
B, mg kg^{-1}	0,50	0,56
Fe, mg kg^{-1}	87,00	73,20
Mn, mg kg^{-1}	9,22	16,60
Cu, mg kg^{-1}	1,38	0,58
Zn, mg kg^{-1}	6,66	1,87

* $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1} = \text{meq}/100 \text{ g}$

** $\text{mg kg}^{-1} = \text{ppm}$

desprendidos los folíolos, se eliminaron los 20 centímetros del extremo apical y los 20 centímetros del extremo basal de cada folíolo y se dejó la parte central para análisis. Las porciones de folíolos para analizar se prepararon de acuerdo con el procedimiento descrito por Munévar y Franco (2002) para el procesamiento de muestras foliares con fines comerciales. En ambas localidades, el material de siembra muestreado fue IRHO y los años de siembra fueron 1996 en Casanare y 1988 en sur del Cesar. Las muestras se tomaron el 21 de febrero de 2003 en Casanare y el 22 de julio de 2003 en sur del Cesar.

A las muestras se les determinó la concentración de N, P, K, Ca, Mg, azufre (S), cloro (Cl), boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn) y silicio (Si), siguiendo los procedimientos empleados en el Laboratorio de Análisis Foliares y de Suelos de Cenipalma (Cuéllar y Munévar, 1998). A partir de los resultados obtenidos se calcularon la suma de las bases (Ca+Mg+K) y la relación de bases

(Ca+Mg)/K]. Los resultados sobre el Si se presentarán en otra publicación.

Análisis estadístico

Se utilizaron análisis de regresión polinomial con el fin de determinar el grado de dependencia entre la concentración de cada nutriente y el número de la hoja, según la nomenclatura utilizada comúnmente para la filotaxia de la palma de aceite (Ng, von Uexküll y Hårdter, 2003). Para cada nutriente y cada localidad, se ajustaron tanto las funciones lineal como la cuadrática que describen el comportamiento mencionado y los correspondientes coeficientes de determinación. Las ecuaciones de regresión se calcularon utilizando el valor promedio para las seis palmas de la concentración de cada nutriente analizado y sus relaciones.

Resultados y discusión

La edad de la hoja determinó diferentes patrones de variación en las concentraciones de los nutrientes, dependiendo del elemento químico en cuestión. En general, se presentaron tres patrones de comportamiento como se señala a continuación: i) Patrón A: la concentración del nutriente disminuyó de manera significativa al aumentar la edad de la hoja, lo cual se observó en los elementos K y Cl en las dos localidades y en los elementos P, Cu y Zn en una de las localidades (figuras 1A, B, C y D; Tablas 2 y 3). ii) Patrón B: consistió en un aumento significativo de la concentración del nutriente con la edad de la hoja y se presentó con los elementos Ca, B y Mn en ambas localidades, con el Fe en sur del Cesar y con el S en Casanare (figuras 1C, D, E y F; Tablas 2 y 3). Con el Fe se observó la misma tendencia en Casanare, pero la regresión no fue significativa ($p < 0.05$). iii) Patrón C: la concentración del nutriente no tuvo

cambios significativos como efecto de la edad de la hoja, tal como ocurrió con los elementos N y Mg (figuras 1A, B y C; tablas 2 y 3).

En los nutrientes cuya variación correspondió al patrón A antes descrito, fue posible describir dicho comportamiento mediante funciones

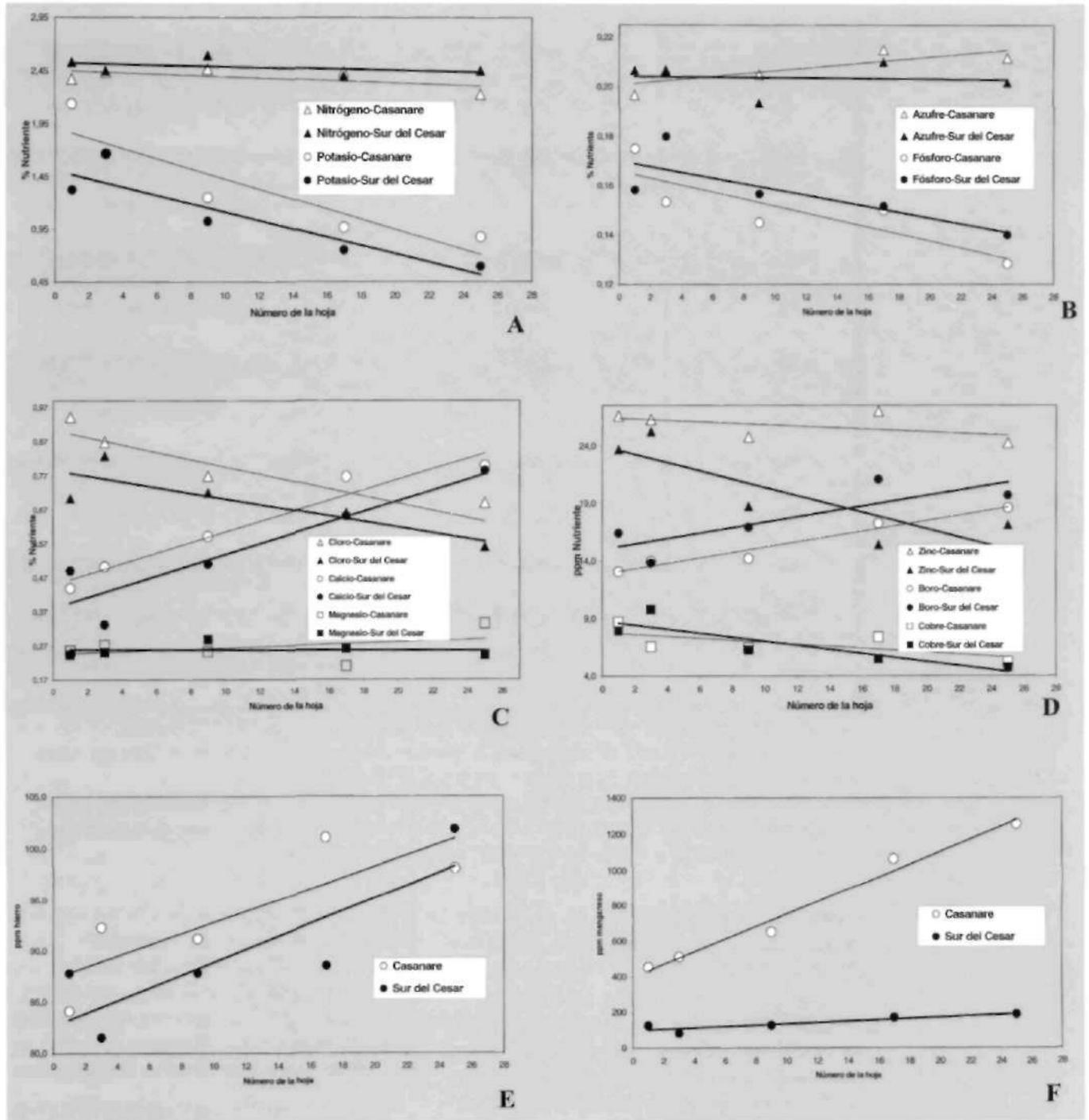


Figura 1 Variación en la concentración de nutrientes en función de la edad fisiológica de la hoja. Los trazos representan las regresiones lineales estimadas para cada localidad.

Tabla 2 Resultados de los análisis de regresión entre el número de la hoja y las concentraciones de nutrientes en Casanare

Elemento o relación	Ecuación de regresión y coeficiente de determinación ¹	
	Función lineal ²	Función cuadrática ³
N	y = - 0.006x + 2.4553 (ns) r ² = 0.3536	y = - 0.0012x ² + 0.0244x + 2.3595 (ns/**) r ² = 0.9810)
P	y = - 0.0014x + 0.161 (*) r ² = 0.6818	y = 2E-05x ² - 0.002x + 0.1628 (ns/ns) r ² = 0.6830
K	y = - 0.0481x + 1.9089 (**) r ² = 0.8379	y = 0.003x ² - 0.1238x + 2.1472 (**/ns) r ² = 0.9664
Ca	y = 0.0155x + 0.4501 (***) r ² = 0.9488	y = - 0.0004x ² + 0.0269x + 0.4141 (***/ns) r ² = 0.9825
Mg	y = 0.0017x + 0.2467 (ns) r ² = 0.1619	y = 0.0005x ² - 0.0116x + 0.2886 (ns/ns) r ² = 0.7501
S	y = 0.0006x + 0.1959 (***) r ² = 0.9974	y = -4E-05x ² - 0.0016x + 0.1926 (* /ns) r ² = 0.8709
Cl	y = - 0.0108x + 0.9044 (**) r ² = 0.8160	y = 0.0008x ² - 0.0307x + 0.9673 (***/**) r ² = 0.9906)
B	y = 0.2318x + 12.866 (***) r ² = 0.9585	y = 0.0014x ² + 0.1968x + 12.976 (**/ns) r ² = 0.9599
Cu	y = - 0.0874x + 7.819 (ns) r ² = 0.4621	y = - 0.0007x ² - 0.0687x + 7.7601 (ns/ns) r ² = 0.4634
Fe	y = 0.546x + 87.327 (ns) r ² = 0.687	y = - 0.0346x ² + 1.4316x + 84.538 (ns/ns) r ² = 0.8018
Mn	y = 35.13x + 400.5 (***) r ² = 0.9807	y = - 0.0143x ² + 35.496x + 399.34 (**/ns) r ² = 0.9807
Zn	y = - 0.0594x + 24.428 (ns) r ² = 0.2532	y = - 0.0034x ² + 0.0272x + 26.156 (ns/ns) r ² = 0.2873
Ca+Mg+K	y = - 0.0309x + 2.6057 (*) r ² = 0.6757	y = 0.003x ² - 0.1085x + 2.8498 (**/*) r ² = 0.9504
(Ca+Mg)/K	y = 0.0398x + 0.3173 (***) r ² = 0.9964	y = - 0.0002x ² + 0.0452x + 0.3006 (***/ns) r ² = 0.9975

1. x = número de hoja ; y = concentración del elemento o valor de la relación.

2. En paréntesis el nivel de significancia para el coeficiente de regresión así: ns = no significativo (p > 0.10); * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01.

3. En paréntesis el nivel de significancia para el coeficiente de regresión lineal en el numerador y para el coeficiente de regresión cuadrático en el denominador así: ns = no significativo (p > 0.10); * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01.

lineales cuyo coeficiente de determinación se consideró alto (r² entre 0.68 y 0,84, según el nutriente). Se exceptúa de la anterior afirmación el comportamiento del Cu y del Zn en la localidad Casanare y el del P en sur del Cesar. Aunque para algunos nutrientes modelos cuadráticos mostraron un mayor grado de relación entre las variables, sólo en unos pocos casos el coeficiente de regresión cua-

drática fue significativo, y en general su diferencia con los modelos lineales no fue de importancia (tablas 2 y 3). Por simplicidad, sólo se presentan gráficamente las funciones lineales que describen el comportamiento de los diferentes nutrientes estudiados.

En el caso de los nutrientes cuyo comportamiento correspondió al patrón B, exceptuando el S en sur del Cesar, también se pudo explicar la

Tabla 3 Resultados de los análisis de regresión entre el número de la hoja y las concentraciones de nutrientes en sur del Cesar

Elemento o relación	Ecuación de regresión y coeficiente de determinación ¹	
	Función lineal ²	Función cuadrática ³
N	y = - 0.0036x + 2.5271 (ns) r ² = 0.2151	y = -0.0001x ² - 4E-05x + 2.5159 (ns/ns) r ² = 0.2284
P	y = - 0.0009x + 0.1645 (ns) r ² = 0.3924	y = -2E-05x ² - 0.0005x + 0.1631 (ns/ns) r ² = 0.3972
K	y = - 0.0397x + 1.5094 (**) r ² = 0.8358	y = 0.0009x ² - 0.0626x + 1.5815 (* /ns) r ² = 0.8524
Ca	y = 0.0157x + 0.3816 (**) r ² = 0.8454	y = 0.0003x ² + 0.0075x + 0.4075 (ns/ns) r ² = 0.8619
Mg	y = - 0.0002x + 0.2602 (ns) r ² = 0.0432	y = - 0.0003x ² + 0.0063x + 0.2398 (ns/ns) r ² = 0.7139
S	y = 0.0002x + 0.1978 (ns) r ² = 0.0800	y = 2E-06x ² - 0.0002x + 0.2000 (ns/ns) r ² = 0.0803
Cl	y = - 0.0084x + 0.7868 (*) r ² = 0.7415	y = - 0.0003x ² + 0.0005x + 0.7588 (ns/ns) r ² = 0.7924
B	y = 0.2346x + 15.018 (*) r ² = 0.6719	y = - 0.0096x ² + 0.4791x + 14.248 (ns/ns) r ² = 0.7180
Cu	y = - 0.1777x + 8.8028 (*) r ² = 0.7646	y = 0.0055x ² - 0.3186x + 9.2463 (ns/ns) r ² = 0.7953
Fe	y = 0.6277x + 82.612 (*) r ² = 0.7070	y = - 0.0477x ² - 0.5942x + 86.459 (ns/ns) r ² = 0.8774
Mn	y = 3.6536x + 98.471 (**) r ² = 0.8089	y = 0.0361x ² + 2.7301x + 101.38 (ns/ns) r ² = 0.8122
Zn	y = - 0.3609x + 24.008 (*) r ² = 0.7212	y = 0.0286x ² - 1.0938x + 26.315 (**/ns) r ² = 0.9098
Ca+Mg+K	y = - 0.0241x + 2.1512 (**) r ² = 0.8001	y = 0.001x ² - 0.0487x + 2.2287 (* /ns) r ² = 0.8649
(Ca+Mg)/K	y = 0.0541x + 0.3323 (***) r ² = 0.9531	y = 0.0009x ² + 0.0302x + 0.4078 (**/ns) r ² = 0.9680

1. x = número de hoja ; y = concentración del elemento o valor de la relación.

2. En paréntesis el nivel de significancia para el coeficiente de regresión así: ns = no significativo (p > 0.10); * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01.

3. En paréntesis el nivel de significancia para el coeficiente de regresión lineal en el numerador y para el coeficiente de regresión cuadrático en el denominador así: ns = no significativo (p > 0.10); * p < 0.10; ** p < 0.05; *** p < 0.01.

relación entre la concentración de los nutrientes y la edad de la hoja por medio de funciones lineales con altos coeficientes de determinación (r² entre 0.67 y 0,98) y mediante funciones cuadráticas (r² entre 0,72 y 0.98) (tablas 2 y 3), pero como ocurrió con la mayoría de los elementos del patrón A. el coeficiente de regresión cuadrática no fue significativo (p > 0.05).

Los elementos N y Mg se incluyeron en el patrón de variación C (poco influenciados por la edad de la hoja) por varias razones. En el N los coeficientes de determinación de los modelos lineales y cuadráticos fueron bajos en la localidad sur del Cesar y aunque el coeficiente de determinación para la regresión cuadrática fue de magnitud importante (r² > 0.98) en Casanare, los coeficientes de regre-

sión lineal y cuadrática fueron bajos (Tabla 2) y no significantes ($p > 0.05$).

De manera adicional, y en concordancia con lo anterior, el rango de variación de la concentración del N en cada localidad fue pequeño pues el mismo representó menos del 9,71% del valor máximo observado. Lo anterior contrastó con lo observado en la mayoría de los nutrientes que obedecieron al patrón A o al B, como por ejemplo K, Ca y Mn, en los cuales el rango de variación representó entre 45 y 65% de la máxima concentración del respectivo nutriente.

En el caso del Mg se tuvo una razón adicional para calificar su comportamiento en el grupo C y fue que a pesar de haberse encontrado unos importantes coeficientes de determinación para las funciones cuadráticas estimadas ($r^2 > 0,71$), no se presentó significancia estadística ($p > 0.05$) y el comportamiento matemático que dichas funciones describen no es de fácil interpretación fisiológica: la concentración de Mg disminuyó inicialmente al aumentar la edad de la hoja en Casanare para luego aumentar, mientras que en sur del Cesar la concentración aumentó inicialmente como efecto de la mayor edad para luego disminuir.

De los nutrientes estudiados, aquellos en los cuales se presentó el mayor grado de asociación entre su concentración y la edad de la hoja fueron Ca, Mn, K, Cl y B (coeficientes de determinación para la función lineal entre 0,67 y 0,98).

Además de considerar el comportamiento de los nutrientes individuales, se estudió la variación de la suma de los básicos (Ca+Mg+K) y de la relación (Ca+Mg)/K asociada con la edad de la hoja y se encontró que estas variables también dependieron en alto grado ($p < 0.10$) de la edad de la hoja (tablas 2 y 3). La suma de las bases disminuyó de manera significativa ($p < 0.10$) al aumentar la edad de la hoja (tablas 2 y 3; Figura 2A), a pesar de que el Ca aumentó con la edad; es decir, el comportamiento de esta variable estuvo dominado por el K, ya que el Mg no estuvo asociado en alto grado con la edad ($p > 0.05$).

La relación de bases [(Ca+Mg)/K] aumentó de manera significativa ($p < 0.01$) con la edad de la hoja. El grado de asociación entre dichas variables fue en particular alto (r^2 de 0,953 y 0,996 para la regresión lineal), como se observa en las tablas 2 y 3 y la Figura 2B. Esta fue la variable en la cual se encontró el mayor rango de

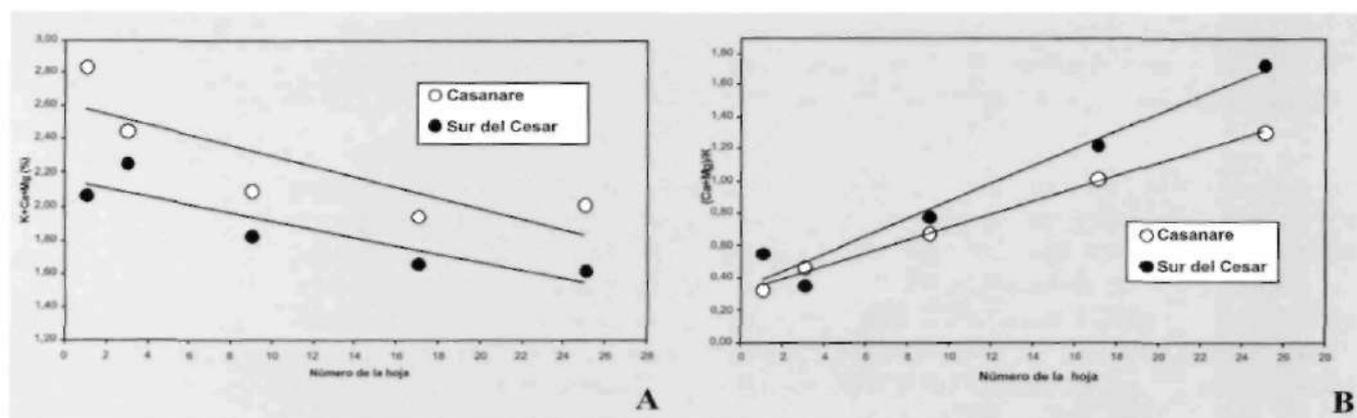


Figura 2 Variación en los valores de suma de cationes básicos y relación de bases en función de la edad fisiológica de la hoja. Los trazos representan las regresiones lineales estimadas para cada localidad.

variación dentro de cada localidad: en Casanare, dicho rango representó 74.5% del valor encontrado para la hoja 25 y en Sur del Cesar representó el 80,0%, luego, errores en la selección de la hoja que se toma como muestra pueden llevar a resultados muy desviados de la realidad. Por ejemplo, en el caso de sur del Cesar, si por error se tomara la hoja 9 en lugar de la 17, se obtendría un valor de $(Ca+Mg)/K$ de 0,82 unidades frente a un valor real en la hoja 17 de 1.25 unidades (65,6% del valor real); es decir, se haría un diagnóstico muy equivocado.

Estos resultados que muestran una alta sensibilidad de la relación $(Ca+Mg)/K$ a la edad de la hoja y el alto grado de relación entre estas dos variables son de mucho interés práctico dado que otras investigaciones de Cenipalma han encontrado una dependencia importante entre la relación de las bases y el rendimiento de racimos de la palma de aceite, así como entre dicha relación y la incidencia de algunas enfermedades (Acosta *et al.*, 2002; Motta *et al.*, 2004; Munévar y Acosta, 2002; Santacruz, Cristancho y Múnevar, 2004).

En general, el comportamiento de los nutrientes P, K y Ca fue consistente con lo que se conoce sobre su movilidad en el floema (Mengel y Kirkby, 1979); es decir, la concentración foliar de los elementos que entre los mencionados se conocen como móviles (P y K), disminuyó al aumentar la edad de la hoja y la concentración foliar del Ca, elemento que se conoce como no móvil, aumentó con la edad de la hoja (Rajaratnam, Weng y Hhein, 1980). No ocurrió lo mismo con los elementos N y Mg, que son móviles en el floema (Marschner, 1995), pues la concentración foliar de N tuvo muy poca relación con la edad de la hoja y, como ya se anotó, el comportamiento del Mg fue atípico.

Se encontró que en la palma de aceite las concentraciones de los micronutrientes (B, Cl, Fe, Mn, Zn y Cu) también tienen un patrón definido de variación en función de la edad de la hoja, aspecto que no estaba suficientemente documentado en la literatura, excepto para el B (Foster, 2003; Rajaratnam, Weng y Hhein, 1980). Los resultados podrían tomarse como evidencia indirecta (Marschner, 1995) para inferir que los micronutrientes Cl, Cu y Zn se comportan como móviles en el floema de la palma de aceite, mientras que Fe y Mn tienen comportamiento como no móviles en el floema.

De confirmarse las inferencias hechas sobre el Cl y el Zn, se concluiría que el comportamiento de estos elementos en cuanto a su movilidad en la palma de aceite sería diferente al que presentan en algunas especies vegetales en las cuales se han identificado como inmóviles (Mengel y Kirkby, 1979). Pero los resultados de este trabajo serían compatibles con lo planteado más recientemente por Marschner (1995) quien clasifica al Cl en la categoría de elementos móviles para la mayoría de las plantas y al Zn en la categoría de elementos de movilidad limitada.

Con base en lo observado en este trabajo, para estudios especiales con los elementos Fe y Mn, al igual que se ha establecido para el B, deberían preferirse hojas jóvenes para los muestreos que pretendan establecer la concentración actual de dichos nutrientes como reflejo de su disponibilidad.

El comportamiento observado del Mn también es de interés práctico, dado que observaciones de Cenipalma (Acosta *et al.*, 2002; Munévar y Acosta, 2002; Santacruz, Cristancho y Múnevar, 2004) han mostrado una estrecha relación inversa entre la concentra-

ción foliar de dicho elemento y las condiciones de drenaje, lo cual ha permitido sugerir la utilización de los cambios en la concentración foliar de Mn en el tiempo, como herramienta de evaluación de las condiciones de aireación del suelo.

En concordancia con lo anterior, los resultados mostraron mayores niveles foliares de Mn y una mayor pendiente de la función lineal que describe el comportamiento de esta variable en relación con la edad de la hoja en las palmas de la localidad Casanare, en comparación con sur del Cesar, dado que en la primera localidad hay impedimentos para el drenaje y en la segunda, el suelo es adecuadamente drenado.

Los resultados ratifican la importancia de determinar con precisión el número de la hoja que se va a muestrear (la hoja 17 en la práctica comercial estándar) puesto que en

varios de los elementos analizados las diferencias en concentración entre hojas de distinta edad son de magnitud importante, por lo cual los errores en la selección de la hoja repercutirían de manera significativa en los valores obtenidos con los análisis foliares. Cabe esperar que las mayores desviaciones con respecto a los valores correctos se presenten en aquellos elementos cuya concentración se ve más afectada por la edad de la hoja como son: Ca, Mn, K, B, Cl, Fe, Cu y P y en la relación de bases [(Ca+Mg)/K].

Agradecimientos

Los autores agradecen a las plantaciones Palmas de Casanare y Promipalma por haber facilitado lo toma de las muestras y a Ricardo Martínez B. por sus sugerencias sobre los análisis de regresión. Esta investigación recibió financiación del Fondo de Fomento Palmero y de Fedepalma.

Bibliografía

- Acosta, A; Munévar M, F; Gómez C. PL; Santacruz. L. 2002. Nutritional factors associated with bud rot disease in oil palm plantations in Colombia. 2002 International Oil Palm Conference and Exhibition. Indonesian Oil Palm Institute. PIO: 1-9.
- Blevins, DG; Lukaszewski, KM. 1998. Boron in plant structure and function. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol Biol* 49:481-500.
- Broeshart, H. 1954. The use of foliar analysis in oil palm cultivation. *Tropical Agriculture* (Trinidad) 31:251-260.
- Chapman. GW; Gray, HM. 1949. Leaf analysis and the nutrition of the oil palm. *Ann. Bot.* 13:415-433.
- Cuéllar S. M; Munévar M. F. 1998. Instalación y calibración del laboratorio de análisis foliares y de suelos de Cenipalma. *Cenipalmas 43*. Cenipalma, Bogotá.
- Fairhurst. T. 2005. *The oil palm leaf sampling*. Potash & Phosphate Institute. Singapore. 27p.
- Foster. H. 2003. Assessment of oil palm fertilizer requirements. In: Fairhurst. T; Hårdter. R. (ed.). *Oil palm management for large and sustainable yields*. Potash and Phosphate Institute. Oxford:231-257.
- Foster. H; Chang. KC. 1977. Seasonal fluctuations in oil palm leaf nutrient levels. *Mardi Res. Bull* (Malasia) 5 (2):74-90.
- Marschner. H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd ed. Academic Press. Londres. 889 p.
- Mengel. K; Kirkby. EA. 1979. *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute, Berna. 593p.
- Molla V. D; Arias A, NA; Munévar M. F; Aldana D. JA; Rairán. NC; Córdoba, H; Esteban, LJ; Calva che G. H. 2004. Relación entre la nutrición del cultivo y la incidencia de la peslaltiopsis de la palma de aceite en las zonas Norte y Central de Colombia. *Palmas* (Colombia) 25 (número especial. Tomo II): 171-178.
- Munévar M. F. 2001. Fertilización de la palma de aceite para obtener altos rendimientos. *Palmas* (Colombia) 22(4):9-17.
- Munévar M, F; Acosta G. A. 2002. Recomendaciones de manejo del cultivo de palma de aceite para

minimizar el impacto de la Pudrición del Cogollo. *Ceniavances No 97*. Centro de Investigación en Palma de Aceite. Cenipalma. Bogotá.

Munévar M, F; Franco B. PN. 2002. Guía general para el muestreo foliar y de suelos en cultivos de palma de aceite. *Boletín técnico No 12*, 2ª edición. Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. Bogotá.

Ng, SK; von Uexküll. H; Hårdter. R. 2003. Botanical aspects of the oil

palm relevant to crop management. In: Fairhurst, T; Hårdter, R. (ed.) Oil palm management for large and sustainable yields. Potash & Phosphate Institute. Oxford: 13-26

Rajaratnam. JA; Weng. CK; Hhen H, MG. 1980. The foundation for selecting leaf 17 for nutrient requirements of mature oil palms. In: Malaysian Society of Soil Science (ed). Conference on classification and management of tropical soils. Kuala Lumpur: 340-348.

Santacruz A, L; Cristancho, JA; Munévar M, F. 2004. Variación temporal de los niveles foliares de nutrientes y su relación con la fertilización, la lluvia y el rendimiento de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la plantación Guaicaramo (Meta, Colombia). *Palmas* (Colombia) 25 (número especial. Tomo II): 160-169.



Agroexport de Colombia Ltda

FERTILIZANTES Y MATERIAS PRIMAS

GRADOS SIMPLES

<p>IMPORTADORES ✓</p> <p>DISTRIBUIDORES ✓</p> <p>REPRESENTANTES ✓</p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>30-6-0 Nitrofosfato de Amonio</p> <p>Nitrasam 28-4-0-6</p> <p>Sulfato de Potasio 0-0-50 (K₂O) 16(S)</p> <p>Fosfacid's (F) Total 25%</p> <p style="padding-left: 20px;">Rapidamente asimilable 10%</p> <p style="padding-left: 20px;">Lentamente asimilable 15%</p> <p style="padding-left: 20px;">Calcio 36% (CaO)</p> <p style="padding-left: 20px;">Azufre 5% (S)</p> <p>Calfos 20% P₂O₅ (Roca Acidulada)</p> <p>A-micstur (Aminoácido) + NPK</p> <p>Sulfato de Calcio (Yeso Agrícola) 99%</p> <p>Sulfato de Amonio 21-0-0-24(S)</p> <p>Oxido de Magnesio (88%)</p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>Urea (46-0-0)</p> <p>Cloruro de Potasio</p> <p>DAP 18-46-0</p> <p>Superfosfato Triple 0-46-0</p> <p>Bórax 48% (USA)</p> <p>Sulfomag 22(K₂O) - 22% (S) -18% (MgO)</p> <p>Kieserita (25% MgO) (20% S)</p> <p>Cal Dolomita 33% MgO</p> <p>Roca Fosfórica 22%, 26%, 30%</p> <p>Sinergiprón (Acido Húmico)</p> <p>Sulfato de Magnesio (18% MgO)</p> <p>Sumiglifó (R) 480SL (Glifosato)</p> </td> </tr> </table>	<p>30-6-0 Nitrofosfato de Amonio</p> <p>Nitrasam 28-4-0-6</p> <p>Sulfato de Potasio 0-0-50 (K₂O) 16(S)</p> <p>Fosfacid's (F) Total 25%</p> <p style="padding-left: 20px;">Rapidamente asimilable 10%</p> <p style="padding-left: 20px;">Lentamente asimilable 15%</p> <p style="padding-left: 20px;">Calcio 36% (CaO)</p> <p style="padding-left: 20px;">Azufre 5% (S)</p> <p>Calfos 20% P₂O₅ (Roca Acidulada)</p> <p>A-micstur (Aminoácido) + NPK</p> <p>Sulfato de Calcio (Yeso Agrícola) 99%</p> <p>Sulfato de Amonio 21-0-0-24(S)</p> <p>Oxido de Magnesio (88%)</p>	<p>Urea (46-0-0)</p> <p>Cloruro de Potasio</p> <p>DAP 18-46-0</p> <p>Superfosfato Triple 0-46-0</p> <p>Bórax 48% (USA)</p> <p>Sulfomag 22(K₂O) - 22% (S) -18% (MgO)</p> <p>Kieserita (25% MgO) (20% S)</p> <p>Cal Dolomita 33% MgO</p> <p>Roca Fosfórica 22%, 26%, 30%</p> <p>Sinergiprón (Acido Húmico)</p> <p>Sulfato de Magnesio (18% MgO)</p> <p>Sumiglifó (R) 480SL (Glifosato)</p>
<p>30-6-0 Nitrofosfato de Amonio</p> <p>Nitrasam 28-4-0-6</p> <p>Sulfato de Potasio 0-0-50 (K₂O) 16(S)</p> <p>Fosfacid's (F) Total 25%</p> <p style="padding-left: 20px;">Rapidamente asimilable 10%</p> <p style="padding-left: 20px;">Lentamente asimilable 15%</p> <p style="padding-left: 20px;">Calcio 36% (CaO)</p> <p style="padding-left: 20px;">Azufre 5% (S)</p> <p>Calfos 20% P₂O₅ (Roca Acidulada)</p> <p>A-micstur (Aminoácido) + NPK</p> <p>Sulfato de Calcio (Yeso Agrícola) 99%</p> <p>Sulfato de Amonio 21-0-0-24(S)</p> <p>Oxido de Magnesio (88%)</p>	<p>Urea (46-0-0)</p> <p>Cloruro de Potasio</p> <p>DAP 18-46-0</p> <p>Superfosfato Triple 0-46-0</p> <p>Bórax 48% (USA)</p> <p>Sulfomag 22(K₂O) - 22% (S) -18% (MgO)</p> <p>Kieserita (25% MgO) (20% S)</p> <p>Cal Dolomita 33% MgO</p> <p>Roca Fosfórica 22%, 26%, 30%</p> <p>Sinergiprón (Acido Húmico)</p> <p>Sulfato de Magnesio (18% MgO)</p> <p>Sumiglifó (R) 480SL (Glifosato)</p>		

GRADOS COMPUESTOS QUIMICOS: 25-15-0-2-3 25-15-5-3-4
17-6-18-2-3-1,6-0,1

EL PALMERO (Abono Químico) 15-4-23-4 (MgO) 2 (S)-0,1(B)-0,1(Zn)-0,04(Cu)

MEZCLAS ESPECIALES CON MATERIAS PRIMAS DE EXCELENTE CALIDAD

Bogotá D.C.: Avenida Eldorado No. 84A 55 Centro Cial. Dorado Plaza Of. 211
 Tels.: 5421766 - 2950503 - 2951685 - 2951472, Fax: 2958717 - 5402174
 Villavicencio: Av. 40 No. 35A-97 (Vía Acacias) Tels.: 633351 - 633832
 Ibagué: Cra. 5a. No. 39-76. Of. 404 Telefax: 654660
 Espinal: Calle 9a No. 3-30 Tels.: 484360- 485357



Abonos
NUTRIMON
 producen más ganancias
Tejas
 Techoline