

VARIACIÓN ESTACIONAL DE NUTRIMENTOS EN HOJAS DE PEJIBAYE PARA PALMITO EN COSTA RICA

Jimmy Boniche*, Alfredo Alvarado^{1/}**, Eloy Molina**, Thomas J. Smyth***

Palabras clave: *Bactris gasipaes*, palmito, variación estacional, nutrientes
Keywords: *Bactris gasipaes*, heart-of-palm, foliar nutrient variability

Recibido: 26/11/07

Aceptado: 20/03/08

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la variación estacional de nutrientes en las hojas de pejibaye para palmito, se efectuó un experimento en una plantación de 8 años, que estuvo sujeta a un manejo comercial normal, incluyendo la fertilización cada 2 meses y cosechas cada mes. Se encontró que a través del año la concentración de N, P, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B varió en forma importante, no así la de Ca y Mg. Entre las hojas 3, 4 y 5, la concentración de los nutrientes no varió mucho, salvo para N, Ca y Mg. En general, la concentración de los nutrientes estuvo en un rango óptimo, según la literatura, excepto para el K ligeramente bajo y el S que resultó alto. En la concentración de N, P, S, Cu, Zn, Mn y B se encontró un período bajo, durante la época más lluviosa y otro alto, en los meses del año en que la precipitación es menor; así, se recomienda hacer el muestreo foliar en marzo, y utilizar la hoja 3. El clima, la época de mayor crecimiento de los tallos, la deposición de residuos de cosecha, características del suelo como el carácter alofánico, y prácticas de manejo realizadas al cultivo como el raleo, contribuyeron a las variaciones de los elementos en el tiempo.

ABSTRACT

Seasonal variability of foliar nutrient content in heart-of-palm (*Bactris gasipaes*) of Costa Rica. This experiment was carried out to determine the seasonal variability of foliar nutrients of heart-of-palm, in an 8-year-old plantation, all agricultural practices were the usual in commercial plantations, including addition of fertilizer every 2 months and monthly harvestings. Foliar concentrations of N, P, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn, and B varied significantly during the year; meanwhile Ca and Mg did not. Except for concentrations of N, Ca, and Mg, other elements did not show differences among tissues of the 3rd, 4th, and 5th leaves. Concentrations of nutrients varied within the range of sufficiency reported in the literature for the species, except for K (low) and S (high). N, P, S, Cu, Zn, Mn, and B showed a period of lower concentration during the heavier rainy season and a high concentration during the lighter rainy season. Foliar sampling is therefore recommended during the month of March using the 3rd leaf. The main factors that affected nutrient concentration on the leaves were weather conditions, stage of development of the crop, the amorphous properties of the soil, and the deposition of residues after each harvest and thinning.

1 Autor para correspondencia. Correo electrónico: alfredo@carriari.ucr.ac.cr

* Abonos del Pacífico (Abopac);

** Centro de Investigaciones Agronómicas—Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

*** Universidad Estatal de Carolina del Norte—EE.UU.

INTRODUCCIÓN

El análisis foliar es una herramienta útil para diagnosticar el estado nutricional de las plantas y se basa en 2 criterios fundamentales. El primero es el de sensibilidad, en donde se estipula que los diferentes órganos requieren una concentración de nutrimentos determinada para condicionar su estado de crecimiento y desarrollo (Bertsch 1995); mientras que el segundo es el de estabilidad, donde la concentración de nutrimentos debe expresar una variabilidad mínima al ser repetida entre plantas (Foster 1976). Esto quiere decir que el análisis foliar debe reflejar la magnitud de los cambios en la actividad fisiológica de la planta, como los que ocurren con la fertilización, y que dicha magnitud debe ser constante entre plantas.

La utilidad del análisis foliar, consiste en la comparación entre los resultados del laboratorio y los niveles propuestos como óptimos, que maximizan el rendimiento en determinado cultivo. De esta manera, los niveles deben ser fundamentados por amplia investigación entre el rendimiento del cultivo y la concentración del nutrimento, de tal forma que se contemplen las fases de correlación y calibración (Bertsch 1995).

Es necesario estandarizar el muestreo para el análisis foliar, en vista de que los contenidos nutricionales varían en función de: A) el tipo de órgano y su estado de crecimiento o desarrollo; B) la edad o el momento fenológico de la planta (Bertsch 1995); y C) la estación del año u hora del día con condiciones diferentes de luz, radiación, viento, temperatura, y humedad (Mills y Jones 1996). Además, la concentración de nutrimentos varía en virtud de la interacción entre los elementos y su movimiento dentro de la planta, especialmente en cultivos perennes (Van den Driessche 1984).

Cabe resaltar que las hojas no son necesariamente el mejor órgano indicador del estado nutricional de la planta, ni que el análisis foliar es el método que correlaciona mejor con la productividad del cultivo. Ejemplo de ello, son las determinaciones de P en las raíces de palma de aceite (Hartley 1977), la correlación positiva entre la

actividad de la enzima ácida fosfatasa con los síntomas de deficiencia de P en cultivos anuales (Ascencio 1997); y la correlación inversa entre la actividad de la misma enzima con las adiciones de N en el cultivo de pejibaye para palmito (Bovi *et al.* 1998). No obstante, el método del análisis foliar es muy conocido, barato y de fácil manejo e interpretación.

En la planta de pejibaye para palmito, el contenido de N y P es mayor en el follaje, luego en el tallo y posteriormente en las raíces. En el follaje, el contenido de N y P es mayor en los foliolos y disminuye con la edad de las hojas, luego en el raquis y por último en los pecíolos. En el tallo, los contenidos de N y P son mayores en los residuos de cosecha, posteriormente en el palmito neto y por último en el desecho industrial (segunda cáscara del palmito bruto). En el sistema radical, el contenido de N es mayor en la "araña" o sección basal que en las raíces gruesas; mientras que el de P es mayor en las raíces gruesas que en la sección basal (Jongschaap 1993, Ares *et al.* 2002, Molina *et al.* 2002).

Para el diagnóstico nutricional en plantaciones establecidas de palmito, algunos autores (Mora-Urpí *et al.* 1997) consideran tomar la hoja 4, en donde proponen niveles foliares óptimos de 3,5-4,5% para N y de 0,17-0,2% para P; mientras que otros (Vargas 1994, Ferrufino 2000 y Molina 2000) recomiendan muestrear los foliolos centrales de la hoja 3, donde proponen niveles óptimos de 2,5-4,0% para N y de 0,1-0,3% para P. Molina (2000), sugiere muestrear de 15 a 20 hojas (una por planta) en un área uniforme de 2-5 ha y preferiblemente en horas de la mañana. Ferrufino (2000), sugiere muestrear plantas próximas a la cosecha y tomar 10, 20 y 30 submuestras por cada muestra compuesta si la superficie homogénea de la plantación es <1, de 1-4,9 y > 5 ha, respectivamente.

En Costa Rica, se ha reportado la variación estacional de nutrimentos en las hojas de cultivos perennes como la naranja (Bornemisza *et al.* 1984), el limón persa (Bornemisza *et al.* 1985), el mango (Ponchner *et al.* 1993), la macadamia (Bertsch *et al.* 1998), y la palma de aceite (Foster

1976), entre otros. En el cultivo de pejobaye para palmito, el conocimiento de la variación estacional ha sido desestimado, por lo que resulta de vital importancia ajustar los niveles considerados como óptimos a través del año. En la presente investigación se pretende determinar la variación en la concentración foliar de N, P y otros nutrimentos a través del año, muestreando para ello la 3^a, 4^a y 5^a hoja en una plantación bajo manejo comercial y sujeta a una fertilización completa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una plantación de palmito ubicada en la Estación Experimental los Diamantes de Guápiles, Pococí, Limón. Dicho sitio está a 210 msnm y se presenta en la hoja cartográfica Guápiles (escala 1:50000) entre las coordenadas planas 245000-246000 N y 561000-562000 E.

La estación recibe en promedio 4561 mm de lluvia anual, distribuyéndose el 70% durante los meses de junio a diciembre. La temperatura ambiental media anual es de 24,5°C, cuya oscilación < de 5,0°C durante el año determina un régimen de temperatura en el suelo iso-hipertérmico. La humedad relativa media durante los meses menos lluviosos (febrero y marzo) es de 84%, e incrementa hasta un 90% durante los meses

más lluviosos (junio a diciembre). El promedio anual de brillo solar es de 4,0 h.día⁻¹, oscilando de 3,0-4,6 h.día⁻¹ entre los meses más nublados (junio-julio), y menos nublados (enero-abril). La evaporación diaria anual (tanque tipo A) varía de 3,1 mm (noviembre) a 4,0 mm (marzo y abril) con 3,6 mm como media diaria anual. El viento predominante es de Este a Oeste, con una velocidad media anual de 4,1 km.h⁻¹ y oscila de 3 km.h⁻¹ en octubre a 5 km.h⁻¹ en marzo (Instituto Meteorológico Nacional 1992).

La zona de vida del área es la de bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y el régimen de humedad es perúdicico (Bolaños y Watson 1993). Para el período y área de estudio, en las figuras 1 y 2 se presenta los registros climáticos.

El suelo de la plantación se clasificó como Typic Hapludands y la capacidad de uso de la tierra como IV e₂ s₁₄ d₁₂ c₁, cuyas limitantes son la erosión ligera, profundidad efectiva moderada, fertilidad química baja, drenaje moderadamente lento, riesgo de anegamiento ligero y zona de vida de bmh-T. Al inicio, en el suelo se presentaron niveles altos de acidez, bajos de Ca, Mg, P, Zn y materia orgánica (MO) y óptimos de K, Cu, Fe y Mn.

Se escogió una plantación de 8 años de edad y de una variedad prácticamente sin espinas denominada como Utilis-Guatuso. Al inicio del

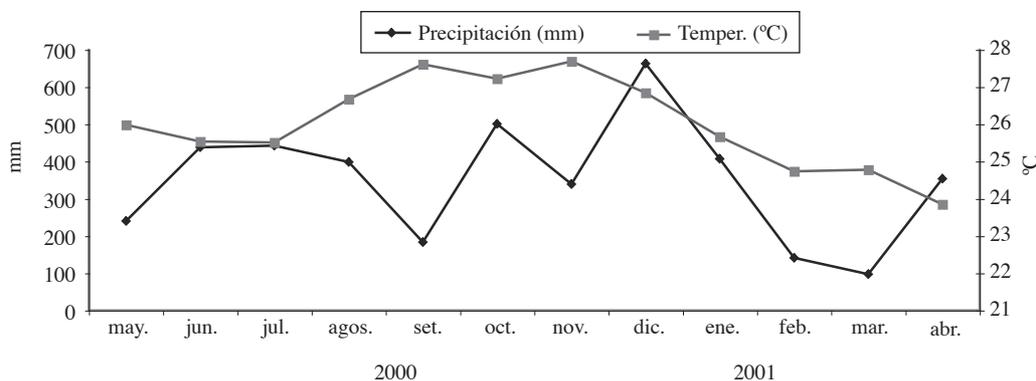


Fig. 1. Precipitación mensual y temperatura media mensual en la Rita de Guápiles. Estación Meteorológica de Corbana, período 2000-2001.

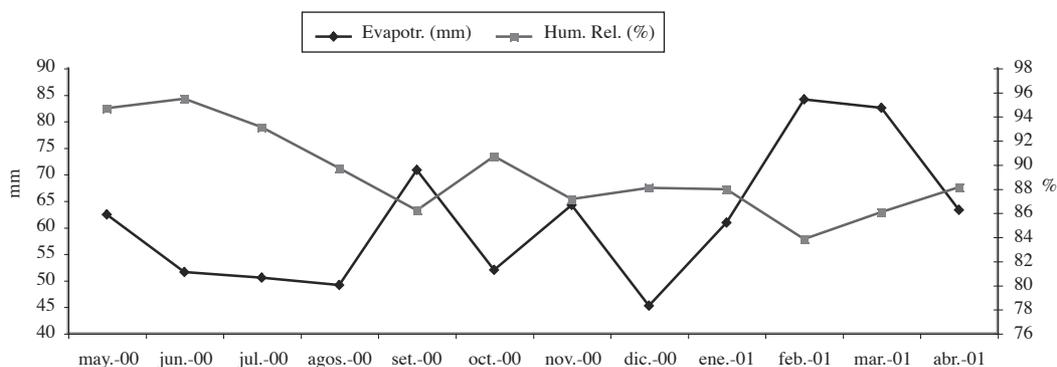


Fig. 2. Evapotranspiración mensual y humedad relativa media mensual en la Rita de Guápiles. Estación Meteorológica de Corbana, período 2000-2001.

experimento (abril de 2000) se realizó un muestreo foliar para monitorear el estado nutricional de la plantación y ajustar así el plan de fertilización base. Según Molina (2000), inicialmente la plantación contenía niveles suficientes de N, P, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Mn y B, ligeramente bajos de Mg y ligeramente altos de S. El experimento tuvo una duración de 12 meses comprendidos de mayo de 2000 a abril de 2001. Las cosechas fueron realizadas cada mes bajo los criterios comerciales estándar y a "2 cáscaras". Las labores de deshija (cada 4 meses) y deshoja o poda foliar (1 al año y al inicio de la época seca) fueron también realizadas según la tecnología habitual del cultivo en la zona.

La plantación estuvo sujeta a un plan de fertilización anual en donde se aplicó 155 kg.ha^{-1} de N como urea y fosfato diamónico, 19 kg.ha^{-1} de P como fosfato diamónico, 130 kg.ha^{-1} de K_2O como cloruro de potasio y sulfato de potasio y magnesio, 52 kg.ha^{-1} de MgO como sulfato de potasio y magnesio, 5 kg.ha^{-1} de B como bórax y 63 kg.ha^{-1} de S como sulfato de potasio y magnesio. Este fertilizante fue aplicado al voleo, fraccionado en 6 aplicaciones bimensuales al año, en la banda de fertilización y en mezcla física cuya proporción fue 18% N, 5% P_2O_5 , 15% K_2O , 6% MgO, 0,6% B y 7% S.

En los meses 6 y 12, se determinó la fertilidad química del suelo, mediante muestreos

en la banda de fertilización, en donde se tomó 8 submuestras para cada muestra o repetición. Los muestreos foliares fueron efectuados en forma mensual. Además, cada muestra foliar estuvo compuesta por 6 submuestras en cada repetición y consistió en la toma de los folíolos centrales de las hojas de plantas desarrolladas o cercanas al punto óptimo de cosecha. La identificación de las hojas fue basípeta considerando como hoja 1 la más joven ($\geq 50\%$ de apertura en sus folíolos).

Para el análisis de suelos se determinó el pH, Ca, Mg, K, acidez y P; la MO, textura, Fe, Cu, Zn y Mn solo se determinaron en el primer muestreo. En el análisis foliar se determinó el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B y S. Las muestras de suelos y foliares fueron trasladadas al laboratorio donde se secaron en una estufa a 40 y 70°C, respectivamente, posteriormente fueron molidas y tamizadas. Los análisis se realizaron siguiendo las metodologías descritas por Briceño y Pacheco (1984) y Henríquez *et al.* (1995). Todos los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Se empleó un diseño experimental irrestricto al azar con 4 repeticiones, en donde las variables correspondieron a los nutrientes determinados en las hojas 3, 4 y 5, las que

correspondieron a los tratamientos. La unidad experimental consistió de parcelas compuestas por 4 hileras de 10 m de longitud, sembradas con plantas de palmito cada metro y separadas de las demás hileras cada 2 m (80 m² o 40 plantas por parcela). Entre parcelas, se estableció una hilera de borde así como en los extremos. El área útil consistió de las 2 hileras centrales de cada parcela (40 m²). De esta manera, el área experimental total fue de 504 m² (252 plantas) y el área útil de 160 m² (80 plantas).

Los análisis estadísticos para las variables (nutrimentos) consistieron del análisis de varianza en el tiempo y pruebas de comparación de medias (Duncan) realizadas entre los tratamientos para cada fecha de muestreo. Se emplearon los programas estadísticos SAS (1997), Sigma-Plot 5,0 (1999) e InfoStat 1,0 (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variación en la concentración de N en plantaciones de palmito

En el cuadro 1 y la figura 3 se presenta la variación a través del año en la concentración de N según la hoja. Se encontró que el elemento varió en el tiempo en todas las hojas estudiadas, en donde destacan 2 períodos. El primero de octubre a marzo, donde la concentración del elemento osciló de 3-3,5%, 2,5-3,5% y de 2-2,5% en la hoja 3, 4, y 5, respectivamente; mientras que el segundo fue de abril a setiembre y la concentración estuvo en el rango de 2-3%, 2-2,5% y de 1,75-2,25% en la hoja 3, 4 y 5, respectivamente.

La concentración de N en las hojas 3 y 4, se encontró en el rango sugerido como adecuado

Cuadro 1. Variación estacional de la concentración de N en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	N (%)						
	H3 *		H4 ***		H5 ***		D. H. S. C.
may.-00	2,65	ab	2,22	ab	1,89	ab	
jun.-00	2,27	a	2,15	ab	2,25	bcde	
jul.-00	3,10	abc	2,37	abc	2,04	abcd	***
agos.-00	2,57	ab	2,08	ab	1,59	a	
set.-00	2,69	ab	1,90	a	1,97	abc	*
oct.-00	3,57	c	2,75	bcd	2,02	abcd	***
nov.-00	3,29	bc	2,03	ab	2,22	bcde	*
dic.-00	3,64	c	3,51	c	2,46	cde	***
ene.-01	3,29	bc	2,54	abcd	2,24	bcde	
feb.-01	3,39	bc	3,18	de	2,71	e	*
marz.-01	2,92	abc	3,05	cde	2,51	de	
abr.-01	2,81	abc	2,47	abc	2,18	bcd	***
Prom.	3,02		2,52		2,17		
C.V. (%)	18		17		15		

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo.

Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***: < 0,1%.

Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan p=0,05.

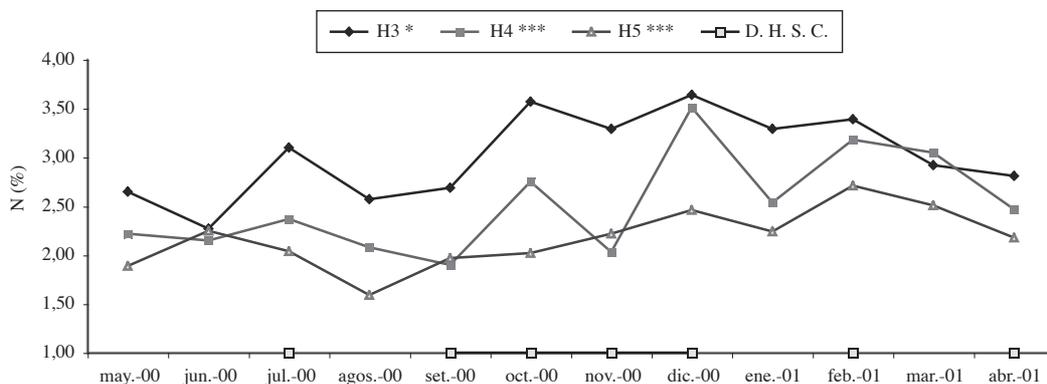


Fig. 3. Variación estacional de la concentración de N en las hoja 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

por Vargas (1994), Ferrufino (2000) y Molina (2000). Entre hojas, la concentración de N fue diferente en 7 de los 12 meses estudiados y por lo general fue mayor, en orden descendente, en las hojas 3, 4 y 5, respectivamente.

En todas las hojas evaluadas, la concentración de N de octubre a marzo fue mayor que de abril a setiembre, especialmente para la hoja 3, lo cual podría relacionarse con el aumento observado de la precipitación, en especial en octubre y diciembre, la que produjo: A) una mejor distribución e incorporación del fertilizante en la rizósfera, disminuyendo las pérdidas por volatilización del amonio (aplicado vía fertilizante); B) una mayor actividad metabólica de la planta, lo que redundaba en mayores requerimientos de N, los cuales son adecuadamente suplidos por el fertilizante; C) una mayor acumulación de biomasa fresca en esta época del año, que al ser cosechada pone a disposición cantidades importantes de N, especialmente a partir de los residuos de hojas (Soto *et al.* 2002); y D) una mayor actividad de los microorganismos que mineralizan el N orgánico de los residuos de cosecha (Soto 2003).

Además, la temperatura media mensual disminuyó de noviembre a abril en cerca de 4°C, lo que disminuyó las pérdidas por volatilización del amonio (Fassbender y Bornemisza 1994,

Bertsch 1995). Esta variación anual con condiciones diferentes de pluviosidad se observó también en mango (Ponchner *et al.* 1993) y macadamia (Bertsch *et al.* 1998). Por último, en enero se realizó la deshoja y el raleo, lo cual concentró el elemento en la planta y puso a disposición cantidades importantes de este a partir de la descomposición de los residuos.

Variación en la concentración de P en plantaciones de palmito

En el cuadro 2 y figura 4 se presenta la variación a través del año en la concentración de P según la hoja. Se encontró que el elemento varió en el tiempo en todas las hojas, en donde destacan 2 períodos. El primero de enero a agosto, en cuyo caso la concentración del elemento osciló de 0,22-0,32% en todas las hojas; mientras que el segundo de setiembre a diciembre donde la concentración varió de 0,19-0,23% en todas las hojas.

La concentración de P no fue diferente entre hojas. La concentración de P en las hojas estudiadas se encontró en el rango sugerido como adecuado (Vargas 1994, Ferrufino 2000, Molina 2000).

El resultado de que en todas las hojas evaluadas la concentración de P fue menor de

Cuadro 2. Variación estacional de la concentración de P en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	P (%)						
	H3 ***		H4 ***		H5 ***		D. H. S. C.
may.-00	0,24	bcd	0,22	a	0,22	ab	
jun.-00	0,25	cde	0,25	ab	0,25	b	
jul.-00	0,3	fg	0,29	cd	0,29	cd	
agos.-00	0,31	g	0,31	d	0,31	d	
set.-00	0,2	ab	0,22	a	0,21	a	
oct.-00	0,22	abc	0,22	a	0,23	ab	
nov.-00	0,19	a	0,22	a	0,2	a	
dic.-00	0,2	ab	0,22	a	0,22	ab	
ene.-01	0,27	def	0,27	bc	0,26	bc	
feb.-01	0,32	g	0,31	d	0,31	d	
marz.-01	0,25	cde	0,23	a	0,23	ab	
abr.-01	0,28	efg	0,25	ab	0,25	b	
Prom.	0,25		0,25		0,25		
C.V. (%)	9		9		11		

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo. Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***: <0,1%. Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan $p=0,05$.

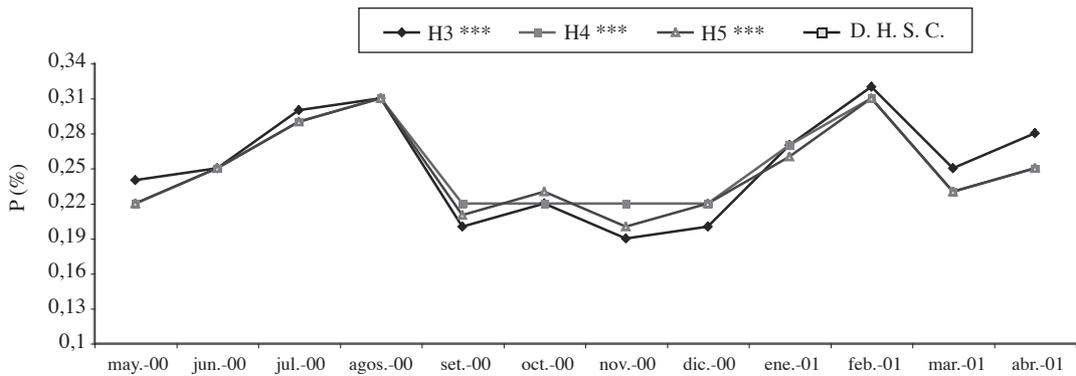


Fig. 4. Variación estacional de la concentración de P en las hojas 3,4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

setiembre a diciembre, se puede asociar con el aumento observado de la pluviosidad. Esta mayor pluviosidad pudo producir una mayor actividad metabólica y el crecimiento de la planta, que redundan en mayores requerimientos de P, el cual al no ser suplido con la rapidez y cantidad necesaria, dado el carácter alofánico del suelo (Bertsch 1995, Alvarado *et al.* 2001), se diluye en la biomasa aérea. Resultados similares fueron observados por Bornemisza *et al.* (1985) en cítricos. Se debe considerar que una plantación de 4-8 años y de 5000 plantas.ha⁻¹, extrae anualmente cerca de 82 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ (Molina *et al.* 2002).

Además, el mayor crecimiento de las plantas asociado a un aumento de las lluvias, pudo demandar cantidades importantes de P hacia el sistema radical y por tanto aumentar la dilución del elemento en las hojas. Dado que la concentración promedio del elemento en el sistema radical, semejante a las hojas, es de 0,2-0,3% (Ares *et al.*

2002) y que existe rejuvenecimiento de las raíces (López y Sancho 1990), se sugiere que el sistema radical necesita cantidades importantes de P. Los trabajos de Bornemisza *et al.* (1984) en naranja, Bornemisza *et al.* (1985) en cítricos, Ponchner *et al.* (1993) en mango, y Bertsch *et al.* (1998) en macadamia, demuestran el efecto de dilución que sufre el P en las hojas al ser requerido en forma importante por otros órganos.

Variación en la concentración de otros nutrientes

En los cuadros 3 a 7 y figuras 5 a 13 se presenta la variación a través del año en la concentración de K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B según la hoja.

La concentración de los elementos fue óptima según Vargas (1994), Ferrufino (2000) y Molina (2000), salvo para K, la cual fue ligeramente baja y S ligeramente alta en cierta época

Cuadro 3. Variación estacional de la concentración de K y Ca en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	K (%)				Ca (%)			
	H3 ***	H4 ***	H5	D. H. S. C.	H3	H4	H5	D. H. S. C.
may.-00	0,94 abc	0,81 ab	0,79 abc		0,58 a	0,66 abc	0,74 a	
jun.-00	1,12 cd	1,12 d	0,97 bc		0,52 a	0,60 abc	0,75 a	
jul.-00	0,91 ab	0,89 abc	0,83 abc		0,60 a	0,70 c	0,84 a	
agos.-00	1,04 abcd	0,91 abcd	0,89 abc		0,56 a	0,69 bc	0,76 a	
set.-00	0,84 a	0,84 ab	0,83 abc		0,54 a	0,63 abc	0,66 a	
oct.-00	1,04 abcd	0,93 abcd	1,07 c		0,52 a	0,59 abc	0,77 a	*
nov.-00	0,89 ab	0,78 a	0,88 abc		0,56 a	0,61 abc	0,74 a	
dic.-00	0,86 ab	0,77 a	0,65 a	*	0,45 a	0,60 abc	0,83 a	***
ene.-01	0,89 ab	0,82 ab	0,78 ab		0,56 a	0,69 bc	0,75 a	*
feb.-01	1,05 bcd	1,02 bcd	0,88 abc		0,50 a	0,61 abc	0,76 a	***
marz.-01	0,89 ab	0,92 abcd	0,81 abc		0,44 a	0,51 a	0,69 a	***
abr.-01	1,21 d	1,09 cd	1,07 bc		0,51 a	0,54 ab	0,62 a	
Prom.	0,97	0,91	0,87		0,53	0,62	0,74	
C.V. (%)	13	15	20		18	15	20	

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo.

Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***: <0,1%.

Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan p=0,05.

Cuadro 4. Variación estacional de la concentración de Mg y S en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	Mg (%)						S (%)						
	H3	H4	H5	D. H. S. C.			H3 ***	H4	H5	D. H. S. C.			
may.-00	0,30	a	0,33	a	0,36	a		0,42	bc	0,40	ab	0,38	abcd
jun.-00	0,31	a	0,33	a	0,38	a		0,44	bc	0,45	b	0,47	cd
jul.-00	0,31	a	0,33	a	0,38	a		0,46	c	0,46	b	0,49	d
agos.-00	0,30	a	0,35	a	0,36	a	*	0,35	abc	0,38	ab	0,39	abcd
set.-00	0,31	a	0,35	a	0,36	a		0,33	abc	0,37	ab	0,35	abcd
oct.-00	0,28	a	0,31	a	0,38	a		0,45	c	0,39	ab	0,45	bcd
nov.-00	0,32	a	0,34	a	0,38	a		0,37	abc	0,36	ab	0,35	abcd
dic.-00	0,27	a	0,32	a	0,41	a	***	0,25	a	0,31	ab	0,34	abcd
ene.-01	0,29	a	0,33	a	0,36	a		0,25	a	0,25	a	0,24	a
feb.-01	0,31	a	0,35	a	0,41	a	*	0,30	ab	0,29	ab	0,27	ab
marz.-01	0,30	a	0,33	a	0,39	a	*	0,34	abc	0,29	ab	0,28	abc
abr.-01	0,29	a	0,30	a	0,32	a		0,37	abc	0,33	ab	0,29	abc
Prom.	0,30		0,33		0,37			0,36		0,36		0,36	
C.V. (%)	15		17		19			24		30		32	

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo. Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***: <0,1%. Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan p=0,05.

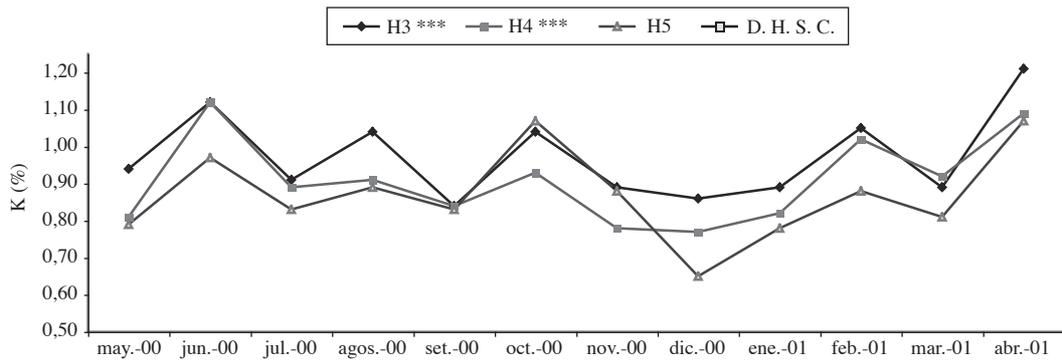


Fig. 5. Variación estacional de la concentración de K en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

Cuadro 5. Variación estacional de la concentración de Fe y Cu en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	Fe (mg.kg ⁻¹)						Cu (mg.kg ⁻¹)									
	H3 *		H4 ***		H5		D. H. S. C.		H3 ***		H4 ***		H5 **		D. H. S. C.	
may.-00	122	abc	124	abc	151	ab			5	a	5	ab	4	a		
jun.-00	102	ab	108	a	123	a			6	ab	5	ab	6	ab		
jul.-00	159	c	161	bc	196	b			4	a	4	a	4	a		
agos.-00	115	ab	143	abc	172	ab			6	ab	6	ab	5	ab		
set.-00	127	abc	132	abc	154	ab			7	abc	5	ab	4	a		*
oct.-00	110	ab	104	a	145	ab			6	ab	6	ab	7	ab		
nov.-00	132	abc	107	a	144	ab			6	ab	5	ab	4	a		
dic.-00	93	a	101	a	128	a	*		11	d	11	b	11	bc		
ene.-01	137	bc	166	c	187	ab			10	cd	10	cb	13	c		
feb.-01	118	abc	142	abc	159	ab			9	bcd	7	ab	5	ab		*
marz.-01	140	bc	154	bc	177	ab			9	bcd	8	bc	8	abc		
abr.-01	110	ab	118	ab	124	a			7	abc	6	ab	5	ab		
Prom.	122		130		155				7		7		6			
C.V. (%)	21		20		25				31		30		60			

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo.

Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***: <0,1%.

Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan $p=0,05$.

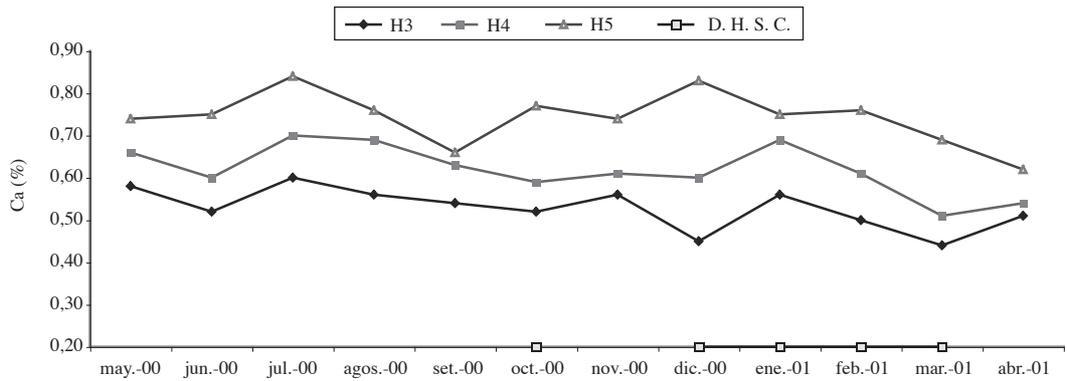


Fig. 6. Variación estacional de la concentración de Ca en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C); ver asteriscos en cuadro 1.

Cuadro 6. Variación estacional de la concentración de Zn y B en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	Zn (mg kg ⁻¹)				B (mg kg ⁻¹)								
	H3 ***	H4	H5 *	D. H. S. C.	H3 ***	H4 ***	H5 ***	D. H. S. C.					
may.-00	19	a	18	a	20	ab	15	ab	12	a	12	a	
jun.-00	23	ab	21	a	20	ab	15	ab	13	ab	16	abc	
jul.-00	28	abcde	25	a	26	ab	14	a	15	abcd	14	ab	
agos.-00	31	bcde	30	a	26	ab	17	ab	21	cd	21	bc	*
set.-00	23	ab	24	a	16	a	*	12	a	14	abcd	18	abc
oct.-00	29	abcde	25	a	30	bc		16	ab	19	abcd	17	abc
nov.-00	24	abc	21	a	19	ab		25	cd	21	cd	21	bc
dic.-00	35	de	35	b	39	ab		13	a	16	abcd	16	abc
ene.-01	34	cde	38	ab	38	c		13	a	14	abc	16	abc
feb.-01	24	abc	22	a	21	ab		21	bc	20	bcd	23	c
marz.-01	38	e	30	a	29	abc		29	b	33	e	32	b
abr.-01	26	abcd	25	a	21	ab		19	abc	22	d	20	bc
Prom.	28		26		25			17		18		19	
C.V. (%)	23		23		29			26		26		25	

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo. Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***: <de 0,1%. Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan p=0,05.

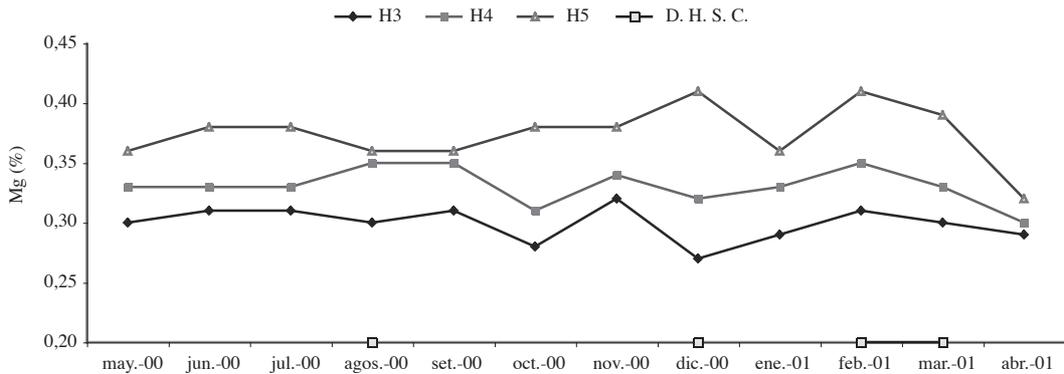


Fig. 7. Variación estacional de la concentración de Mg en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

Cuadro 7. Variación estacional de la concentración de Mn en las hojas 3, 4 y 5.

Ciclo	Mn (mg.kg ⁻¹)						
	H3		H4 *		H5 ***		D. H. S. C.
may.-00	94	a	97	a	104	a	
jun.-00	97	ab	101	ab	114	ab	
jul.-00	100	ab	106	ab	115	ab	
agos.-00	96	ab	107	ab	103	a	
set.-00	96	ab	97	a	99	a	
oct.-00	104	ab	104	ab	113	ab	
nov.-00	94	a	91	a	91	a	
dic.-00	113	ab	132	abc	146	bc	
ene.-01	136	b	162	c	151	bc	
feb.-01	117	ab	134	abc	158	c	
marz.-01	120	ab	149	bc	171	c	
abr.-01	103	ab	105	ab	115	ab	
Prom.	106		115		123		
C.V. (%)	23		26		21		

C.V. (%): Coeficiente de variación. D.H.S.C.: Diferencias significativas entre hojas según el ciclo. Probabilidad de equivocarse al declarar diferencias significativas; *: 1-5 %; **: 0,1-1% y ***:< 0,1%. Valores con letras iguales para cada columna no difieren entre sí, según prueba de Duncan p=0,05.

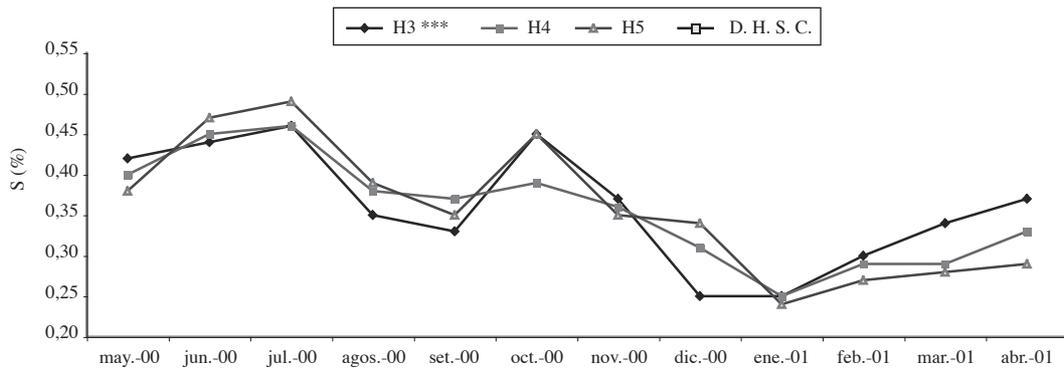


Fig. 8. Variación estacional de la concentración de S en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C); ver asteriscos en cuadro 1.

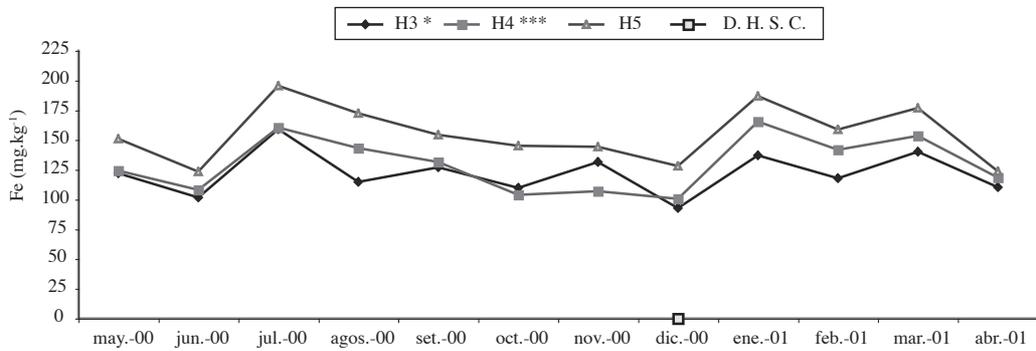


Fig. 9. Variación estacional de la concentración de Fe en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

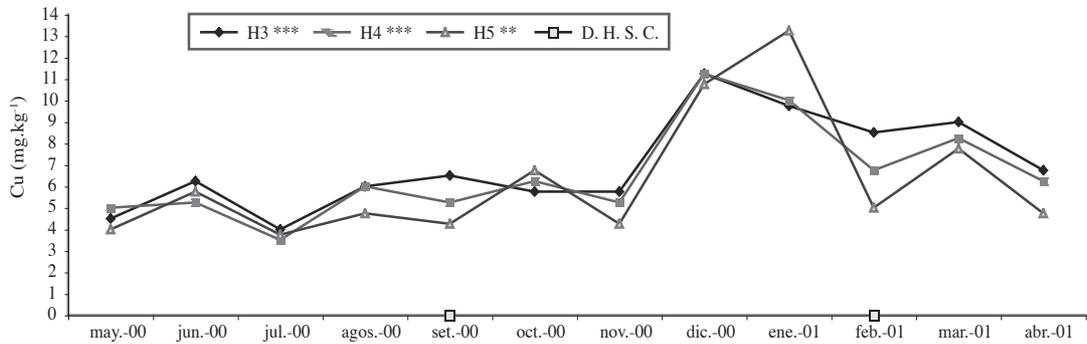


Fig. 10. Variación estacional de la concentración de Cu en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

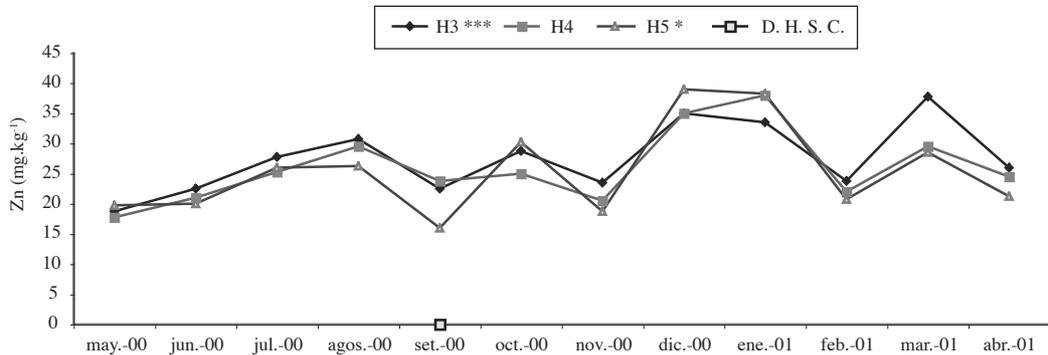


Fig. 11. Variación estacional de la concentración de Zn en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

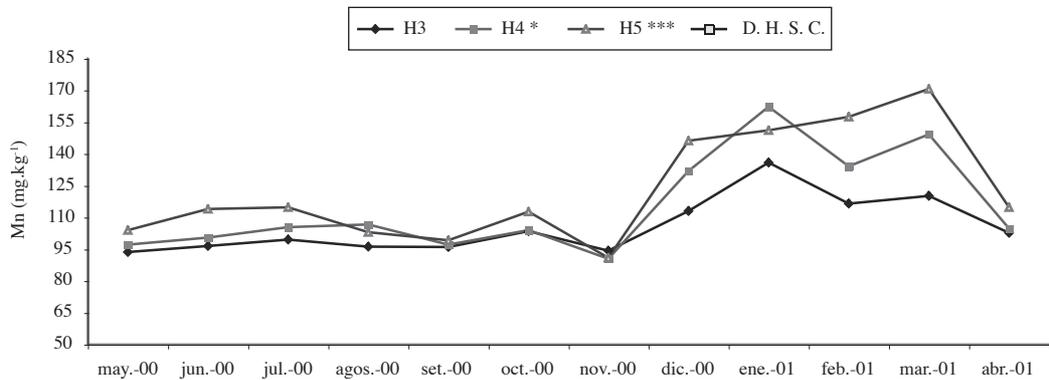


Fig. 12. Variación estacional de la concentración de Mn en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

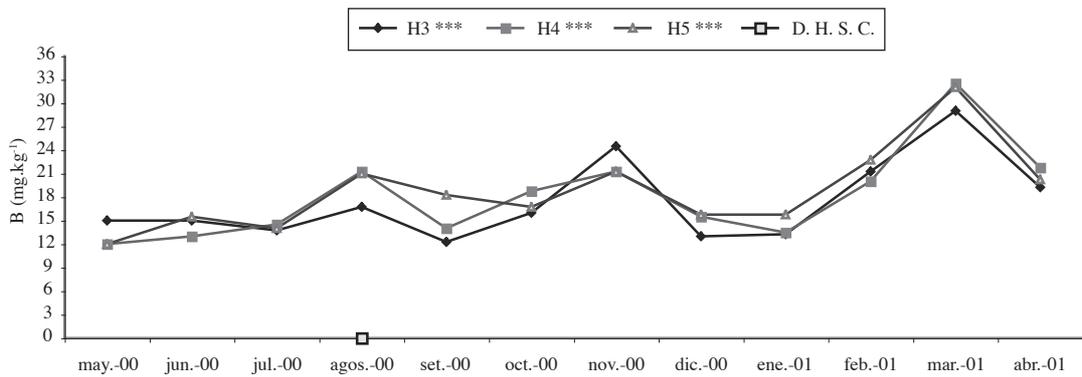


Fig. 13. Variación estacional de la concentración de B en las hojas 3, 4 y 5. Diferencias significativas entre hojas según ciclo (D.H.S.C.); ver asteriscos en cuadro 1.

del año. Se encontró que la concentración de K, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B varió en el tiempo; mientras que la de Ca y Mg no varió a través del año, producto de su baja movilidad (especialmente el Ca) dentro de la planta (Bertsch 1995). Entre hojas, la concentración de K, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B fue prácticamente semejante; mientras que la de Ca y Mg fue diferente en algunas épocas del año. En este sentido, las concentraciones de Ca y Mg tendieron a ser mayores en las hojas bajas

que en las nuevas, es decir, mayor en la hoja 5. Aunque se encontró variaciones a través del año para el Fe, estas fueron poco importantes, lo que aunado a la tendencia de mayor concentración en las hojas viejas demuestra también su baja movilidad (Bertsch 1995).

En los meses de diciembre a enero se observó una disminución en la concentración de K debido al aumento de la pluviosidad y al efecto de dilución producto de un crecimiento más activo de las plantas. Esto demuestra la alta lixivia-

ción que presenta el K en suelos bien drenados, estructurados y de textura media (Fassbender y Bornemisza 1994, Bertsch 1995).

La concentración de S tendió a bajar con el incremento de la pluviosidad debido: A) lixiviación en el suelo; B) dilución en el follaje en vista del crecimiento más activo en esta época del año; y C) retención de sulfatos en suelos alofánicos como lo apuntan Fassbender y Bornemisza (1994) y Alvarado *et al.* (2001). Es posible que la disponibilidad de S en el suelo, hacia esta época del año, no fue suficiente para suplir las cantidades necesarias en los momentos de mayor requerimiento, dado el crecimiento más activo de las plantas. Con la disminución de la pluviosidad; los aportes de residuos producto de las cosechas, abundantes hacia finales y principios de año y el raleo, la concentración de S tendió a subir.

El B, que también es fijado por la alofana (Fassbender y Bornemisza 1994, Bertsch 1995,

Alvarado *et al.* 2001), se incrementó en la época de menor pluviosidad (febrero a abril), debido a la menor tasa de crecimiento de las plantas, que provocó un menor efecto de dilución, y a la mayor acumulación en el suelo, producto de la descomposición de los residuos, tanto de las cosechas como de la deshoja, realizada al inicio de la época seca. Es importante recordar que al estar la alofana fuertemente hidratada como ocurre con el aumento de la época lluviosa (de octubre a enero), aumenta su capacidad de fijar aniones como el fosfato, sulfato y borato (Fassbender y Bornemisza 1994).

La concentración de Cu, Zn y Mn aumentó en diciembre y enero producto del aumento de la pluviosidad y de la descomposición de los residuos de cosecha, y deshoja y raleo. Aumentos en la concentración de Mn pueden asociarse al incremento de sus formas reducidas y solubles en el suelo, en vista de la mayor humedad, ya que el

Cuadro 8. Resumen de resultados para la interpretación del análisis foliar.

Elemento	Variac. entre hojas	Hoja a muestrear	Variac. en el año	Época de concentración homogénea en el año	Rango de concen. (% o mg.kg ⁻¹)
N	sí	3 (preferible) o 4	sí	octubre a marzo abril a setiembre	3 a 3,5 2 a 3
P	no	3 (por conveniencia)	sí	enero a agosto setiembre a diciembre	0,23 a 0,32 0,19 a 0,22
K	no	3	sí	todas	0,85 a 1,1
Ca	sí	3	no	todas	0,45 a 0,6
Mg	sí	3	no	todas	0,26 a 0,32
S	no	3	sí	marzo a noviembre diciembre a febrero	0,33 a 0,45 0,25 a 0,33
Fe	no	3	sí	todas	90 a 160
Cu	no	3	sí	diciembre a marzo abril a noviembre	7 a 12 4 a 7
Zn	no	3	sí	diciembre a marzo abril a noviembre	30 a 40 20 a 30
Mn	no	3	sí	diciembre a marzo abril a noviembre	110 a 140 90 a 110
B	no	3	sí	febrero a abril mayo a enero	18 a 30 12 a 17

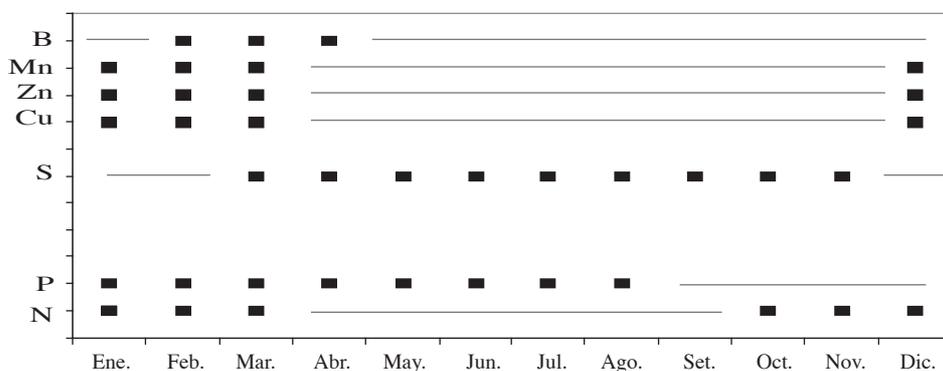


Fig. 14. Períodos a través del año considerados como homogéneos en la concentración de nutrimentos. Los cuadros representan los meses de concentración media más alta; mientras que las líneas los de más baja, según los rangos del cuadro 8.

Mn no necesita condiciones extremas anaeróbicas en el suelo para ser reducido (Fassbender y Bornemisza 1994).

Consideraciones de interpretación y manejo comercial

Según el cuadro 8 y la figura 14, en cuanto a la concentración de K, Ca, Mg y Fe no importa el momento del año a muestrear, pues los valores se encuentran en un solo rango de concentración. En los demás elementos, se presentan 2 rangos de concentración según la época del año a muestrear (Figura 14). Los rangos de concentración presentados no significan niveles críticos u óptimos, sino rangos esperables o de concentración media, los cuales al asociarlos con los presentados por Molina (2000), se encuentran en niveles óptimos o suficientes, excepto para K y S.

En este estudio no existe la información científica para aseverar que los rangos presentados corresponden a niveles bajos, óptimos o altos, en función de la productividad esperada. El alcance de este radició en demostrar que se presentaron variaciones importantes durante el año en la concentración de N, P, S, Cu, Zn, Mn y B, por lo que la interpretación de los análisis foliares debe estar sujeta a tales consideraciones, y así evitar valoraciones que impliquen bajos rendimientos o altos gastos de insumos e impacto ambiental.

CONCLUSIONES

- 1) Las concentraciones de N, P, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn y B presentan variaciones a través del año; mientras que la de Ca y Mg se mantienen en forma homogénea.
- 2) En general, la concentración foliar de los elementos durante el año estuvo en el rango considerado como óptimo en la literatura, salvo para los casos de K y S, que se consideraron como ligeramente bajos.
- 3) Entre hojas hubo variaciones importantes en la concentración de N, Ca y Mg.
- 4) La concentración de N, P, S, Cu, Zn, Mn y B se agrupó para cada elemento en 2 períodos de meses a través del año, uno con la concentración media del elemento más alta que el otro.
- 5) Factores como la pluviosidad, los ritmos de crecimiento de los tallos, la deposición de residuos de cosecha, el carácter alofánico del suelo y algunas prácticas de manejo como el raleo, condicionaron que la variación de la concentración de algunos elementos fuera importante a través del año.
- 6) Se recomienda realizar el muestreo foliar, como herramienta del diagnóstico nutricional en el mes de marzo, cuando la concentración de los nutrimentos se encuentra en los rangos más altos y la plantación se aproxima a la época de mayor crecimiento y producción (junio a enero).

AGRADECIMIENTOS

Este experimento se enmarcó en el Proyecto Palmito el cual fue realizado por el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, la Universidad de Carolina del Norte y la Universidad de Hawai. Los fondos financieros fueron provistos por el AID. En la realización de este ensayo destacó la colaboración de los ingenieros Danilo Alpizar y José Pablo Quesada. Se agradece además al personal de la Estación Experimental Los Diamantes, MAG/Guápiles y del Laboratorio de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO A., BERTSCH F., BORNEMISZA E., CABALCETA G., FORSYTHE W., HENRÍQUEZ C., MATA R., MOLINA E., SALAS R. 2001. Suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) de Costa Rica. ACCS. San José, Costa Rica. 111p.
- ARES A., BONICHE J., MOLINA E., YOST R. 2002. *Bactris gasipaes* agroecosystems for heart-of-palm production in Costa Rica: changes in biomass, nutrient and carbon pools with stand age and plant density. *Field Crops Research* 74:13-22.
- ASCENCIO J. 1997. Root secreted acid phosphatase kinetics as a physiological marker for phosphorus deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 20:9-26.
- BERTSCH F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 164p.
- BERTSCH F., JIMÉNEZ A., GABRIEL J., HIDALGO E. 1998. Aspectos fenológicos y variación estacional de N, P y K foliar para *Macadamia integrifolia*, clon 508, en Atirro, Jiménez, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 22 (1):27-41.
- BOLAÑOS M., WATSON V. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica 1:200.000, según el sistema de clasificación de zonas de vida de L.R. Holdridge. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- BORNEMISZA E., HERNÁNDEZ R., CASCANTE X., DONATTI L. 1984. Variación anual de los contenidos minerales foliares en tres cultivares de naranja en Orotina y Alajuela. *Agronomía Costarricense* 8 (2):105-110.
- BORNEMISZA E., HERNÁNDEZ R., CHAVES W., VERACOCHEA M. 1985. Variación anual de los niveles foliares de siete nutrimentos, en los limoneros persa, san fernando y frost Lisboa en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 9 (2):135-141.
- BOVI M. L. A., BASSO L. C., TUCCI M. L. S. 1998. Avaliação da atividade *in vivo* da fosfatase ácida e do crescimento de progênies de pupunheira cultivadas em duas doses de nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira da Ciência do Solo*. 22:427-434.
- BRICEÑO J., PACHECO R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 137 p.
- FASSBENDER H., BORNEMISZA E. 1994. Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica.
- FERRUFINO A. 2000. Guía para la toma de muestras para análisis de tejidos en banano, piña, palmito, pimienta y maracuyá. DAI-Proyecto Concade-NC State Un. Cochabamba, Bolivia. p. 8-11.
- FOSTER H. 1976. Factors affecting fertilizer recovery, and some aspects of tissue analysis. *In: Corley RHV, Hardon JJ y Wood BJ (eds) Oil Palm Research*, Chap.: 15. Elsevier Scientific Publishing. Amsterdam, The Netherlands. p. 225-230.
- HARTLEY C. 1977. The oil palm. Longmans, New York, USA. 806 p.
- HENRÍQUEZ C., BERTSCH F., SALAS R. 1995. Fertilidad de suelos, manual de laboratorio. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 64 p.
- INFOSTAT. 2001. InfoStat. Estadística y biometría. Versión 1.0. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL. 1992. Descripción preliminar del clima de Los Diamantes. Departamento de Agrometeorología. San José, Costa Rica. 23 p.
- JONGSCHAAP R. 1993. Palmito (*Bactris gasipaes*, H.B.K) growth and management in the humid lowlands of the Atlantic Zone of Costa Rica. Phase 2, report N° 60 (field report N° 107). CATIE/AUW/MAG. San José, Costa Rica. 52 p.
- LÓPEZ A., SANCHO H. 1990. Observaciones sobre la distribución radical del pejíbaye (*Bactris gasipaes*, HBK) para palmito en un Andisol. *ASBANA* 14(34):9-15.

- MILLS H., JONES B. 1996. Plant analysis handbook II. MicroMacro Publishing. Athens, USA.
- MOLINA E. 2000. Manual de suelos y nutrición de peji-baye para palmito. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 42 p.
- MOLINA E., ALVARADO A., BONICHE J., SMYTH J. 2002. Acumulación de biomasa y nutrimentos en plantaciones de palmito en Guápiles, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(2):53-62.
- MORA-URPÍ J., WEBER J., CLEMENT C. 1997. Peach palm, *Bactris gasipaes*, Kunth. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 20. IPGRI. Rome, Italy. 84 p.
- PONCHNER S., ROJAS R., BORNEMISZA E. 1993. Variación estacional de nutrimentos en árboles de mango (*Mangifera indica*) en tres suelos del Pacífico Seco de Costa Rica: Macronutrimentos. *Agronomía Costarricense* 17(2):21-30.
- SAS. 1997. Versión 6.11. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.
- SIGMA-PLOT. 1999. Sigma Plot for Windows. Versión 5.0. SPSS Inc. USA.
- SOTO G. 2003. Liberación de nutrimentos de los abonos orgánicos: en busca de la sincronía. *In: Abonos Orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura*. CIA-UCR, CATIE, ACCS. San José, Costa Rica. p. 151-161.
- SOTO G., LUNA P., WAGGER M., SMYTH J., ALVARADO A. 2002. Descomposición de residuos de cosecha y liberación de nutrimentos en plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(2):43-51.
- VAN DEN DRIESSCHE R. 1984. Nutrient storage, retranslocation and relationship of stress to nutrition. *In: Nutrition of plantation forest*. Academic. London, United Kingdom. p.181-209.
- VARGAS A. 1994. Evaluación de dos tipos de brotes de peji-baye (*Bactris gasipaes*, H. B. H) en relación con su posición en la cepa y bajo dos formas de colocación del fertilizante. *CORBABA* 19(41):15-17.