

**VARIACION ESTACIONAL DE NUTRIMENTOS EN ARBOLES DE MANGO
(*Mangifera indica*) EN TRES SUELOS DEL PACIFICO SECO DE COSTA RICA.
II. OLIGOELEMENTOS^{1/*}**

Salo Ponchner **
Rainier Rojas **
Elemer Bornemisza ***

ABSTRACT

Seasonal variation of nutrients in mango (*Mangifera indica*) trees in three soils of the Dry Pacific Region of Costa Rica. II. Micronutrients. The nutritional status and the seasonal variation of Mn, Zn, Fe, Cu and B was evaluated in mango trees of three different soils in the Dry Pacific region of Costa Rica: Ustic Humitropept (Atenas), Typic Dystropept (Orotina), and Typic Ustropept (Liberia). The objective was to determine the nutritional condition of the orchards, according to the concentrations of the nutrients in the soil and throughout the year. Leaf samples of three different ages were included (New Tissue, which corresponded to the last growth flush in the outside of the branch, Intermediate Tissue which corresponded to the second growth flush from the outside of the branch, and Old Tissue, which corresponded to the third growth flush from the outside). The study was done in the most important mango varieties for export from Costa Rica: "Irwin" and "Tommy Atkins". All of the studied nutrients behaved as inmóvil elements within the tree, and were found in higher concentrations in cv. "Tommy Atkins" than cv. "Irwin". B deficiencies were found in Atenas and Orotina, where the soil B contents were low. Zn deficiencies were found in the three studied orchards, which also corresponded to low contents in the soils. Mn and Fe foliar concentrations were high, and much higher than the sufficiency ranges for mango, this was especially evident in Orotina where the pH was the lowest and where the acidity content was the highest. There was a close relationship between the rain pattern and Mn, B and Fe absorption. There was an interaction between the tissue age, the zone and the soil content for all the studied nutrients, but Fe.

INTRODUCCION

Al igual que conocer la variación estacional de los macronutrientes en árboles de mango (Poncher *et al.*, 1993) en 3 suelos de Costa Rica resulta de interés para ampliar la escasa información que sobre los aspectos nutricionales de este cultivo se tienen en el país, resulta de gran relevancia contar con información sobre los oligoelementos. De estudios anteriores se conoce que para el mango, el Mn es un activador enzimático y participa en el transporte de electrones en el proceso de

-
- 1/ Recibido para publicación el 4 de setiembre de 1993.
* Parte de la tesis para optar por el grado académico de Licenciatura en Fitotecnia, de los primeros dos autores ante la Escuela de Fitotecnia de la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
** Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica.
*** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

fotosíntesis. Es esencial para la formación de clorofila y para el desarrollo, multiplicación y funcionamiento de los cloroplastos (Guimaraes, 1982). El B es esencial para la formación de paredes celulares, para el crecimiento celular, en el transporte de carbohidratos, en la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico, en la retención de frutos en el árbol, tamaño y peso de los frutos, etc. (Guimaraes, 1982; Singh y Dhillon, 1987); un exceso de B conlleva menor crecimiento de las panículas (Singh y Dhillon, 1987). El Cu es un activador de enzimas que oxidan fenoles y que participan en el transporte electrónico de la respiración y la fotosíntesis (Guimaraes, 1982). El Fe es un componente estructural de citocromos, activador de enzimas, y forma parte de coenzimas que entran en gran cantidad de reacciones en el árbol como la formación de clorofila, el transporte de electrones en la fotosíntesis y la síntesis de proteínas (Guimaraes, 1982); su deficiencia, junto a la de Mn, han sido relacionadas con el "declinamiento" de árboles creciendo en suelos calcáreos (Schaffer *et al.*, 1988). El Zn, es un activador enzimático de la síntesis del triptófano, precursor del Acido Indol Acético, el cual regula el crecimiento celular; también regula la actividad de las ARNasas que hidrolizan el ARN, causando la disminución en la síntesis proteica. La deficiencia de Zn se reconoce por entrenudos más cortos, células más pequeñas y menor número de células. El Zn ha sido relacionado, en el árbol de mango, con los síntomas de "Hoja-Pequeña" (Guimaraes, 1982). Según Kumar y Kumar (1989), aplicaciones de Zn pre-cosecha aumentan los contenidos de azúcares y de sólidos solubles totales en la fruta.

Cuadro 1. Características de los suelos en las zonas estudiadas, entre abril de 1989 y marzo de 1990.

	Atenas	Orotina	Liberia
pH	4,9-6,0	5,2-6,0	5,3-6,4
Acidez int. (cmol(+)/L)	0,40-1,65	0,20-0,50	0,10-0,80
Materia Orgánica (%)	3,4-7,7	3,3-6,3	0,75-5,5
Zn (mg/L)	0,85-8,00	0,50-5,00	0,70-13,00
Cu (mg/L)	1,90-54	7,9-33,0	2,9-44,0
Fe (mg/L)	63-872	105-1446	53-529
Mn (mg/L)	7-60	14-47	8,5-144,0
B (mg/L)	0,20-1,10	0,20-0,91	0,2-1,3
Textura	Franco-Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa

El objetivo de este trabajo fue el de completar la evaluación nutricional preliminar de fincas situadas en 3 de las regiones más importantes para la producción de mango en Costa Rica: Atenas, Orotina y Liberia, para las 2 variedades de mango para exportación más importantes: "Irwin" y "Tommy Atkins". Finalmente, se trató de encontrar el momento más adecuado, durante el ciclo, para la toma de muestras foliares. Este es el segundo de 2 trabajos; el primero se refiere a macronutrientes (Ponchner *et al.*, 1993) y, el presente, a oligoelementos en árboles de mango.

MATERIALES Y METODOS

Características climáticas y de suelo de las zonas de estudio

Las características climáticas y las generalidades de los suelos de las zonas de estudio se detallan en una publicación paralela, presentada en este mismo volumen (Ponchner *et al.*, 1993).

En el Cuadro 1 se presenta un detalle de las concentraciones de los nutrientes evaluación en este artículo para cada suelo y las características físicas de los mismos. En Atenas se encontraron deficiencias de Zn, contenidos bajos a medios de B, y contenidos medios a altos de Cu, Mn y Fe. El pH en esta zona es bajo y la acidez se encuentra en concentraciones medias a altas. Los suelos de la zona de Orotina presentan pH bajo y niveles medios de acidez, niveles deficientes a bajos de Zn, concentraciones medias de Mn y B, niveles medios a altos de Cu, y altos de Fe. Los suelos de Liberia tiene un pH medio, contenidos de acidez intercambiable bajos, niveles deficientes a medios de Zn, niveles medios de Cu y B, y niveles medios a altos de Mn y Fe.

El muestreo en el campo, los análisis de laboratorio y el diseño estadístico fueron los mismos aplicados y descritos en el artículo anterior (Ponchner *et al.*, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la edad del tejido en la muestra foliar

Todos los oligoelementos estudiados se comportaron como elementos inmóviles dentro del árbol de mango (Cuadro 2). En el caso del Cu y del Mn, los tejidos viejos presentaron cantidades que superan en más de 50% a las de los tejidos jóvenes. Para los 2 micronutrientes antes citados existe concentraciones mucho mayores en el tejido

Cuadro 2. Concentración promedio de oligoelementos y las relaciones porcentuales entre los tejidos viejos, tejidos intermedios y tejidos nuevos; para las zonas de estudio Atenas, Orotina y Liberia, y las variedades "Tommy Atkins" e "Irwin", a través del año.

Nutrimiento	Mn	B	Cu (mg/kg)	Fe	Zn
Promedio TV (I)	1000	35	26	168	35
Promedio TI (II)	916	32	23	153	31
Promedio TN (III)	644	27	17	146	27
((I)-(III)/(III))*100	55%	30%	53%	15%	30%
((II)-(III)/(III))*100	42%	18%	35%	5%	15%
((I)-(II)/(II))*100	9%	9%	13%	10%	13%

TV = tejidos viejos (tercera ola de crecimiento de afuera hacia adentro); TI = tejidos intermedios (segunda ola de crecimiento de afuera hacia adentro); TN = tejidos nuevos (ola de crecimiento más reciente, primera de afuera hacia adentro).

* Para calcular los porcentajes entre paréntesis se procedió a invertir el denominador, al ser las concentraciones de tejidos más viejos más elevadas, que en los tejidos más jóvenes.

intermedio, en comparación con el tejido nuevo (42% y 35% más de Mn y Cu, respectivamente).

Las concentraciones en el tejido viejo no son mucho mayores, porcentualmente, que en el tejido intermedio (Cuadro 3), lo que indica que durante el muestreo, el error de confundir ambos tejidos no sería tan problemático. Lo anterior reafirma la necesidad de muestrear el tejido intermedio para homogenizar la muestra tomada en el campo, para evitar las variaciones que podrían inducir el tomar tejidos muy viejos, pero sobretodo, el hecho de tomar tejidos demasiado jóvenes, que mostraron gran diferencia de sus concentraciones en comparación con tejidos intermedios y viejos. Esto iría en contra de la práctica comercial más generalizada que es la toma de tejido joven, siendo éste de más fácil acceso y comodidad cuando se toma la muestra foliar.

Evaluación nutricional de las plantaciones

Con base en los resultados anteriores al igual que en el caso de los macronutrientes, para la evaluación nutricional se utilizó el denominado tejido intermedio.

No existen deficiencias de Mn en ninguna de las 3 zonas y las 2 variedades, a través del año

(Cuadro 3). Los niveles de Mn encontrados en las hojas llegaron a ser sumamente altos y bastante mayores al límite superior de suficiencia (250 ppm; Jones *et al.*, 1991). Esa disponibilidad tan alta de Mn podría estar interfiriendo con la absorción de otros cationes como Mg, Ca, K y Zn, cuya absorción y/o contenidos se ven limitados en suelos ácidos. La competencia en la absorción de Mn y Mg está bien documentada en varias especies anuales; también se ha probado un efecto reemplazador del Al por Ca y Mg en el apoplasto de la corteza radical. Sin embargo, la competencia de K con Mn o Al no ha podido ser demostrada. (Marschner, 1991). Sería de gran importancia determinar si el árbol de mango es capaz de concentrar tan altas cantidades de Al como las de Mn encontradas en esta investigación, lo que indicaría algún grado de tolerancia por inmovilización, compartimentación o detoxificación en condiciones de suelos ácidos, o la presencia de algún mecanismo de evitación o exclusión como podría ser la inmovilización en las paredes celulares, selectividad específica en la plasmalema, inducción de cambios de pH en la rizosfera, producción de moléculas quelatizantes de Al y/o aumento de la superficie radical por medio de micorrizas (Marschner, 1991; Taylor, 1991), al no presentarse síntomas de intoxicación en las hojas.

En el caso del B (Cuadro 3), existen deficiencias en Atenas y Orotina, lo que no ocurre en Liberia; esto coincide con bajos niveles de B en los suelos de Atenas y Orotina, en comparación a niveles medios de B en Liberia. Deficiencias de B en el suelo son comunes en suelos cuyos materiales parentales tienen bajos contenidos de este elemento, suelos ácidos arenosos, excesivas cantidades de encalado, suelos con pH alto, suelos altos en arcillas que adsorban el elemento, períodos secos prolongados en el suelo, etc. (Mengel y Kirkby, 1987). En la finca utilizada en Liberia, se aplican 50 g/planta de Razorita al suelo, además de varias aplicaciones foliares de B durante el año, lo que puede explicar los resultados encontrados (aunque se ha encontrado poca absorción foliar de B en otros frutales como el aguacate (Robberts *et al.*, 1992). En las otras 2 zonas no se utilizó ningún fertilizante a base de B en el período de estudio.

El Cu no presenta niveles deficientes (menores a 10 mg/kg; Jones *et al.*, 1991) en ninguna zona ni variedad, a través del año (Cuadro 3). Sin embargo, se detectaron niveles bajos en ciertos

Cuadro 3. Concentración de oligoelementos de abril 1989-marzo 1990 en hojas del tejido intermedio (la segunda ola de crecimiento desde el ápice) en 3 zonas del Pacífico Seco de Costa Rica.

Mes	OLIGOELEMENTOS (mg/kg de materia seca)											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
	1989						1990					
Manganeso												
Atenas												
T.A.	1330	1230	1290	1295	1200	1040	1190	1400	1160	773	88	876
Irw.	985	985	1055	1080	1090	1115	1085	1041	976	702	798	802
Orotina												
T.A.	1615	1615	1655	1665	1675	1550	1590	1505	1705	1145	1152	1152
Irw.	965	940	1095	1125	1355	1100	1360	1490	1410	979	855	909
Liberia												
T.A.	445	415	430	400	440	390	360	380	490	335	354	296
Irw.	365	375	310	305	360	430	405	410	465	322	351	170
Boro												
Atenas												
T.A.	26	25	42	44	40	23	15	14	9	8	5	8
Irw.	21	22	60	37	25	24	9	17	15	6	13	10
Orotina												
T.A.	10	21	48	2	23	32	7	12	11	7	9	5
Irw.	11	29	53	43	39	22	8	11	9	7	8	6
Liberia												
T.A.	43	95	106	65	80	95	45	40	44	45	45	41
Irw.	26	48	81	61	54	6	37	39	44	42	41	25
Cobre												
Atenas												
T.A.	32	30	31	27	31	8	23	2	18	30	22	18
Irw.	43	41	57	53	6	9	42	48	20	6	33	29
Orotina												
T.A.	13	13	11	18	12	16	12	11	12	16	13	13
Irw.	15	11	11	15	10	12	10	12	10	17	12	12
Liberia												
T.A.	18	22	29	28	29	20	30	27	24	25	26	19
Irw.	14	16	14	15	17	21	25	20	16	21	16	14
Hierro												
Atenas												
T.A.	84	118	101	85	381	76	120	175	90	160	100	75
Irw.	68	138	92	103	389	105	145	125	160	235	115	100
Orotina												
T.A.	123	121	124	368	380	112	145	135	80	105	160	125
Irw.	111	107	103	383	369	68	160	215	105	95	205	90
Liberia												
T.A.	109	107	116	366	430	90	130	155	115	240	165	105
Irw.	71	69	66	338	325	66	135	100	70	130	110	85
Zinc												
Atenas												
T.A.	19	19	23	24	29	24	32	20	22	41	21	22
Irw.	3	32	29	31	33	29	32	26	44	34	28	33
Orotina												
T.A.	15	17	23	18	21	22	23	22	18	29	20	28
Irw.	19	20	19	23	25	27	23	28	31	45	34	32
Liberia												
T.A.	52	47	48	42	42	48	44	37	70	40	48	47
Irw.	19	19	23	22	25	37	46	44	38	46	44	31

T.A. = "Tommy Atkins"; Irw. = "Irwin".

momentos del año en Liberia y Orotina. Esto pareciera estar ligado a niveles medios o medios altos en los 3 suelos y a aplicaciones foliares en Atenas y Liberia.

Si se observan los resultados obtenidos para el caso del Zn (Cuadro 3), se notará que se dan niveles foliares deficientes o muy bajos (menores de 20 mg/kg; Jones *et al.*, 1991) en las 3 zonas y en las 2 variedades, sobre todo en los meses de abril a julio. Los niveles más altos encontrados son los de Liberia, adonde el programa de fertilización foliar con Zn a través del año, es bastante agresivo. Las concentraciones mayores en Liberia parecieran responder también a concentraciones altas en el suelo en ciertas épocas del año, en comparación a las otras 2 zonas en donde los contenidos del suelo siempre fueron deficientes o muy bajos. Contenidos menores de 10 ppm de Zn en el suelo, comunes en Atenas, Orotina y en algunos momentos en Liberia (Cuadro 1), se consideran deficientes (Mengel y Kirkby, 1987).

Los niveles foliares de Fe encontrados (Cuadro 3), no llegaron a ser deficientes (menores a 50 mg/kg; Jones *et al.*, 1991) durante la época de muestreo en ninguna zona o variedad y más bien tienden a sobrepasar el límite superior adecuado (200 mg/kg). El Fe al igual que el Mn tiende a solubilizarse más en suelos de pH bajo. Esos niveles altos encontrados podrían interferir como en el caso del Mn, con la absorción de cationes durante el período de mayor crecimiento y absorción de las raíces.

Variación estacional de nutrimentos en las tres zonas

Si se considera la tendencia de las concentraciones nutricionales a lo largo del año en las 3 zonas, al observar los datos presentados en el Cuadro 3, se nota que los contenidos de Mn en la zona de Liberia fueron los menores a través del año y que los de Orotina fueron los mayores. Esto es de esperar en suelos de pH tan bajo, como los que se presentan en algunas épocas en los suelos de Orotina y Atenas, adonde el Mn se vuelve muy soluble y por lo tanto, asequible para ser absorbido por las raíces. Esto corresponde también a los contenidos de acidez en el suelo los cuales son bajos en Liberia, en comparación con las otras 2 zonas (Cuadro 2).

Existe una clara tendencia a la acumulación de Mn en las hojas durante la época lluviosa hasta llegar a un máximo, y a disminuir en la época seca

(enero, febrero y marzo), cuando no hay precipitación. Esto se cumplió para las 3 zonas y las 2 variedades muestreadas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Concentración promedio de oligoelementos en las variedades, en el tejido intermedio (segunda ola de crecimiento de afuera hacia adentro). Los resultados se presentan con el error estándar de cada media y representan la variación en las zonas de Atenas, Orotina y Liberia, a través del año.

Nutrimento	Mn	B	Cu	Fe	Zn
	(mg/kg)				
Variedad					
Tommy Atkins	1010 ±83	34 ±4	30 ±3	158 ±16	31 ±2
Irwin	821 ±62	30 ±3	22 ±1	149 ±16	30 ±1

En lo que concierne a B, las concentraciones foliares disminuyen entre octubre y marzo en las 3 zonas y las 2 variedades de interés. Esto coincide, con el período de sequía en el suelo, durante el cual existe menor absorción del elemento por las raíces y, coincide también, con los períodos de floración, fructificación y desarrollo del fruto, procesos durante los cuales se ha comprobado que el B juega un papel primordial. Todo esto ligado con la inmovilidad del B (Cuadro 2), explican la necesidad de aportar este nutrimento como fertilizante a través del año. Los niveles foliares máximos de B se presentan en junio y julio, coincidiendo con los mayores niveles en el suelo y con la época lluviosa.

El Cu se presentó como un elemento errático en cuanto a sus concentraciones foliares a través del año (Cuadro 3). Es posible que los resultados obtenidos sean producto de aplicaciones foliares de Cu como nutrimento o como fungicida, formas en que fue usado tanto en Liberia como en Atenas. En esta última zona es donde los niveles foliares fueron mayores. Todo esto pareciera contribuir a que no existan contenidos foliares deficientes.

En relación con el Zn se observó una concentración máxima entre diciembre y febrero (Cuadro 4), lo que corresponde a aplicaciones foliares del elemento, desde la floración, sobre todo en Liberia.

Las concentraciones foliares de Fe siguieron un patrón muy parecido al régimen de precipitación, llegando a un máximo entre agosto y setiembre

para todas las zonas de estudio y en las 2 variedades (Cuadro 3), lo que indica la necesidad de la solubilización en el suelo para ser absorbido, además de ser el período de mayor crecimiento radical y de absorción de nutrimentos.

Diferencias varietales en las concentraciones foliares

Si se comparan las concentraciones de oligoelementos entre las 2 variedades (Cuadro 4), se nota que la variedad "Tommy Atkins" presenta mayores contenidos en todos los casos en comparación con la variedad "Irwin", lo que es más notorio para el caso de Mn y Cu, lo que pareciera indicar que la primera variedad presenta una mayor absorción de estos nutrimentos del suelo, sin importar la zona ni época del año muestreada.

Interacciones de los diferentes factores evaluados sobre los contenidos nutricionales

Se encontró una interacción entre la zona y los contenidos de Mn, B, Cu y Zn, lo mismo que una interacción entre la edad del tejido, suelo (cada factor por separado), con las concentraciones de Mn, B, Cu y Zn. En lo que se refiere a variedad, ésta fue determinante, sobre todo, sobre los contenidos de Mn a través del año, lo que podría indicar una diferencia en la acumulación de este elemento (Rojas, 1993). Se dio una interacción entre la zona y la edad del tejido para definir los contenidos de Mn, B, Cu y Zn; una interacción entre zona y variedad para definir los contenidos de Cu y Zn; una interacción entre la zona, la edad del tejido y la variedad para definir los contenidos de Cu; una interacción entre el contenido en el suelo y la variedad para definir la concentración de Cu foliar, y una interacción entre el contenido del suelo y la edad del tejido para definir la concentración de Cu foliar. Todas las interacciones anteriormente presentadas fueron significativas con $p=0,05$ (Rojas, 1993).

RESUMEN

Se evaluó el estado nutricional y la variación estacional de Mn, Zn, Fe, Cu y B de árboles de mango en 3 suelos del Pacífico Seco de Costa Rica: Ustic Humitropept (Atenas), Typic Dystropept (Orotina) y Typic Ustropept (Liberia), con el fin de determinar el estado nutricional de las plantaciones en relación con las concentraciones

en el suelo, a través del año. En las muestras foliares se incluyeron tejidos de 3 edades diferentes (tejido nuevo, tejido intermedio y tejido viejo representando la primera, segunda y tercera ola de crecimiento de afuera hacia adentro, respectivamente), en las 2 variedades más importantes para exportación ("Irwin" y "Tommy Atkins"). Todos los nutrimentos estudiados se comportaron como elementos inmóviles dentro de los árboles y estuvieron en concentraciones más elevadas en la variedad "Tommy Atkins" que en la variedad "Irwin". Se encontraron deficiencias de B en las zonas de Atenas y Orotina, coincidentes con contenidos deficientes de B en esos suelos, y deficiencias de Zn en las 3 zonas de estudio, los que también coincidieron con niveles deficitarios en los suelos. Los contenidos de Mn y Fe foliares fueron bastante altos y muy superiores a los recomendados como niveles de suficiencia, sobre todo en Orotina que es el suelo que presenta suelos con pH menor y mayores contenidos de acidez. Se encontró una marcada asociación entre la absorción de Mn, B, y Fe, y los patrones de precipitación. Existió una interacción entre la edad del tejido, la zona y los contenidos del suelo con todos los nutrimentos menos el Fe.

LITERATURA CITADA

- AVILAN, L. 1971. Variaciones de los niveles de N, P, K y Ca en las hojas de mango (*Mangifera indica*) a través de un ciclo de producción. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 21:3-10.
- AVILAN, L.; CHAURAN, O.; FIGUEROA, M. 1978. Evaluación del estado nutricional del mango (*Mangifera indica*) y del aguacate (*Persea americana* Mill.) y distribución radicular del mango cultivado en los suelos de las Mesas Orientales de Venezuela. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 28:3-18.
- AVILAN, L.; MENESES, L. 1979. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces de mango (*Mangifera indica*). *Turrialba* 29:117-122.
- AVILAN, L.; MENESES, L.; GURADARRAMA, A. 1979. Estudio de los sistemas radiculares del mango (*Mangifera indica*) y el grapefruit (*Citrus paradisi* Mc Fadyen) cultivados en suelos de los Llanos Centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 29:173-183.
- BRICEÑO, J.A.; PACHECO, R.A. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Universidad de Costa Rica, San José. 152 p.
- CINDE, 1991. Determinación del área sembrada de mango según variedad, edad y distancia de siembra en las principales zonas productoras de Costa Rica. 55 p.

- DIAZ-ROMEOU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación de invernadero. Proyecto Centroamericano de fertilidad de suelos. Catie, Turrialba.
- ELIZONDO, R.; HERNANDEZ, R.L. 1983. El mango. UNED, San José. 117 p.
- EMBLETON, T.; JONES, W. 1966. Avocado and mango nutrition. *In* Temperate to tropical fruit nutrition. N. Childers (ed.). Horticultural Publications, Londres. pp: 51-76.
- GUIMARAES, P.T.G. 1982. Nutricao e adubacao da mangueira. Informe Agropecuario (Brasil) 8:28-35.
- JACOB, A.; UEXKULL, H. 1973. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4 ed. Edit. Euroamericanas, México. 626 p.
- JONES, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. Micro-Macro Publishing, Georgia. 213 p.
- KUMAR, O.V.; KUMAR, G. 1989. Effect of pre-harvest foliar sprays of zinc on post-harvest changes in the quality of mango cv Dashehari. Acta Hort. 231:763-770.
- LABOREM, G.; AVILAN, L.; FIGUEROA, M. 1979. Extracción de nutrientes por una cosecha de mango (*Mangifera indica*). Agronomía Tropical (Venezuela) 29:3-15.
- MALIK, P.C.; RAZA, M. 1985. Effect of different doses of N,P,K and NAA, and time of deblossoming on the intensity of malformation of mango inflorescence. Journal of Agricultural Research (Pakistan) 23(2):97-104.
- MALLIK, P.C.; DE, B.N. 1952. Manures and manuring of the mango and the economics of mango culture. The Indian Journal of Agricultural Science (India) 22:151-166.
- MARSCHNER, H. 1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. *In* International symposium on plant-soil interactions at low pH. 1990. R.J. Wright, V.C. Baligar y R.P. Murmann (eds.). Kluger Academic Publishers, Dordrecht. pp: 683-702.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. 1987. Principles of plant nutrition. 4 ed. International Potash Institute, Berna. 687 p.
- PONCHNER, S. 1990. Variación estacional de nutrimentos en cultivares de mango "Irwin" y "Tommy Atkins" en 3 zonas de Costa Rica entre los meses de abril a setiembre. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica. 137 p.
- PONCHNER, S.; ROJAS, R.; BORNEMISZA, E. 1993. Variación estacional de nutrimentos en árboles de mango (*Mangifera indica*) en 3 suelos del Pacífico Seco de Costa Rica. I. Macronutrimentos. Agronomía Costarricense. 17(2): 21-30.
- RAY, D.P.; MUKHERJEE, S.K. 1987. Nutrient status in leaf and soil of some cultivars of mango in relation to yield. Indian Journal of Horticulture (India) 44(1/2):1-8.
- ROBBERTSE, P.J.; COETZER, L.A.; BESSINGER, F. 1992. Boron: uptake by avocado leaves and influence on fruit production. *In* Proceedings of the Second World Avocado Congress. 1991. Lovatt, C.J. (ed.). University of California, Riverside. pp:173-178.
- ROJAS, R.F. 1993. Variación estacional de nutrimentos en cultivares de mango "Irwin" y "Tommy Atkins" en 3 zonas de Costa Rica entre los meses de octubre a marzo. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Costa Rica.
- SCHAFFER, B.; LARSON, K.D.; SNYDER, G.H.; SANCHEZ, C.A. 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. HortScience 23(3):617-619.
- SINGH, Z.; DHILLON, B.S. 1987. Effect of foliar application of boron on vegetative and panicle growth, sex expression, fruit retention and physicochemical characters of fruit of mango (*Mangifera indica*) cv Dashehari. Tropical Agriculture (Trinidad) 64(4): 305-307.
- SMITH, P.F.; SCUDDER, J.K. 1952. Some studies of mineral deficiency symptoms in mango. Proc. Fla. State Hort. Soc. 64:243-248.
- TAYLOR, G.L. 1991. Current views of the aluminum stress response; the physiological basis of tolerance. Current Topics in Plant Biochemistry and Physiology 10:57-93.
- YOUNG, T.W.; SAULS, J. 1979. The mango industry in Florida. Florida Coop. Ext. Service, University of Florida, Gainesville. 70 p.

