

## VARIACION ESTACIONAL DE NUTRIMENTOS EN ARBOLES DE MANGO (*Mangifera indica*) EN TRES SUELOS DEL PACIFICO SECO DE COSTA RICA. I. MACRONUTRIMENTOS<sup>1/\*</sup>

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. I. Macronutrients. The nutritional status and the seasonal variation of N, P, Ca, Mg, K and S 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 purpose of the research was to determine the nutritional condition of the orchards in relation to the soil concentrations in each region, and throughout the year. Three different tissue ages were sampled (the New Tissue was the last growth flush and thus the first one from the outside of the branch, the Intermediate Tissue which was the second one in the branch from the outside and the Old Tissue which was the one in the third growth flush from the outside), and two varieties: "Tommy Atkins" and "Irwin", N, P, K and Mg behaved as mobile elements within the tree, while Ca and S were immobile within the tree. Higher concentrations of N, P, K, and Mg and lower concentrations of Ca were found in cv. "Irwin" when compared with cv. "Tommy Atkins". N, P, Mg and S deficiencies were found in the three orchards. These low foliar concentrations of P, Mg and S corresponded to low ones in the soils. There were lower N, P, K, Mg and S concentrations during the periods of flowering, fruiting and fruit growth, while the Ca concentrations were associated to the rain pattern. Based on the results obtained in this study, sampling of the Intermediate Tissue in the time after harvest is recommended to obtain a homogeneous sample.

### INTRODUCCION

Los conocimientos relacionados con la nutrición y la fertilización en el cultivo de mango

son bastante escasos. Recientemente, se ha puesto mucho más interés en estos aspectos, dada la gran importancia que ha adquirido el mango como fruta de exportación en Costa Rica (CINDE, 1991) y en el mundo. Históricamente, las explotaciones de mango han sido a nivel de "jardín" y es hasta en los años 80 en que toma importancia como una de las frutas comercializadas en mayor volumen en el mundo. Otro aspecto que ha incidido sobre la poca investigación en aspectos nutricionales del árbol de mango, es su posibilidad de subsistencia en gran cantidad de tipos de suelo, lo que se ha relacionado con una alta capacidad de absorción del sistema radical, gran superficie de raíces, bajos requerimientos nutricionales y/o una eficiente reutilización de los elementos dentro del árbol (Jacob

- 
- 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 de la 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.

y Uexkull, 1973; Embleton y Jones, 1966). Sin embargo, problemas de floración, productividad, alternancia en la producción, problemas fisiológicos y patológicos del árbol y las frutas, han sido atribuidos a aspectos nutricionales (Avilán, 1971; Ray y Mukherjee, 1987).

En 1951, Smith y Scudder desarrollaron y describieron los síntomas de deficiencia de árboles jóvenes de mango cultivados en arena. El N es determinante para el crecimiento vegetativo y la determinación del número de yemas florales (Guimaraes, 1982). Su balance con otros elementos como el K es de gran importancia (Embleton y Jones, 1966; Jacob y Uexkull, 1973); un exceso de N ha sido relacionado con aumento en el crecimiento vegetativo en detrimento del reproductivo (Embleton y Jones, 1966), y se le atribuyen desórdenes fisiológicos de las frutas como "Nariz-blanda" (Guimaraes, 1982; Young y Sauls, 1979) y "semilla-gelatinosa" (Clarke y Clarke, 1987). El P es necesario para la etapa de vivero y de trasplante, promoviendo el desarrollo radical (Guimaraes, 1982); su relación con la concentración de N, define la producción de yemas florales y el rendimiento (Jacob y Uexkull, 1973). El K, ha sido asociado con la producción dada su función en la síntesis de aminoácidos (Guimaraes, 1982), mejorando el color, sabor y tamaño de la fruta (Mallick *et al.*, 1986; Clarke y Clarke, 1987); su deficiencia ha sido relacionado con los síntomas del "declinamiento", que se presenta en las hojas como clorosis intervenal y marginal, necrosis de los ápices, muerte de raíces absorbentes y muerte descendente, lo que eventualmente predispone al árbol al ataque de enfermedades (Schaffer *et al.*, 1988), y con malformaciones en las inflorescencias (Malik y Raza, 1985). El Ca, es importante como activador de enzimas, en el desarrollo y funcionamiento de las raíces, en la germinación del grano de polen y en el desarrollo del tubo polínico; también es importante su balance con el N para evitar problemas de "nariz-blanda" (Guimaraes, 1982). El Mg es importante como activador de enzimas y como parte de la molécula de clorofila (Guimaraes, 1982). Kumar *et al.*, 1985, encontraron una interacción entre los niveles foliares de K, Ca y Mg en el árbol de mango. El S forma parte de aminoácidos y proteínas, es un activador enzimático que participa en la síntesis de la clorofila, y en la asimilación de CO<sub>2</sub> al activar la RuBP carboxilasa (Guimaraes, 1982).

Los elementos minerales que se han encontrado en mayores cantidades en la fruta son el N y el K (Guimaraes, 1982), y la relación entre nutrimentos que son extraídos por la cosecha varían en el siguiente orden: N:P:K:Ca:Mg de 1:0,13:1:0,86:0,47 (Laborem *et al.*, 1979) o en una relación de N:P:K de 1,1:0,27:1 (Mallik y De, 1952).

Según Avilán (1971) existen 2 fases críticas en la nutrición del árbol de mango: a) una fase de acúmulo de nutrimentos que comienza con la finalización de la cosecha y que se extiende hasta la floración y b) una fase en que disminuyen las concentraciones foliares, que coincide con la formación de los frutos y que es la más crítica.

Se han descrito grandes diferencias del sistema radical y en la nutrición de los árboles, según el tipo de suelo en que crece el árbol, el nivel de la capa freática y la presencia de capas duras y piedras en el perfil del suelo (Avilán *et al.*, 1979; Avilán y Meneses, 1979). También se han encontrado diferencias nutricionales significativas entre variedades: al ser "Irwin" la de mayor producción (mayor peso y número de frutas por árbol), se considera que podría tener mayores requerimientos de nutrimentos (Avilán *et al.*, 1978).

En Costa Rica, poco trabajo se ha realizado en aspectos nutricionales del árbol de mango (Elizondo y Hernández, 1983). Sin embargo, en las fincas se observan síntomas de deficiencias en las hojas, problemas de crecimiento vegetativo excesivo con poca o nula producción de frutos en ciertos casos, deformaciones en hojas y frutos, crecimiento exuberante que complica el manejo agronómico del árbol y otras señales que indican la necesidad de generar información en el campo nutricional.

El objetivo de este trabajo fue el de hacer una evaluación nutricional preliminar de fincas situadas en 3 de las regiones más importantes en la producción de mango en Costa Rica: Atenas, Orotina y Liberia y en las 2 variedades de mango para exportación más relevantes: "Irwin" y "Tommy Atkins".

## MATERIALES Y METODOS

Se realizaron evaluaciones de concentración foliar a través del año, y en varias edades de tejido para encontrar la época y tejido más adecuados para estandarizar el muestreo en mango.

### Características climáticas de las zonas de estudio

Se estudiaron fincas en las 3 zonas productoras más importantes de Costa Rica: Atenas, Orotina y Liberia. La zona de Atenas se caracteriza por ser la más lluviosa, de mayor altura sobre el nivel del mar (644 msnm), por tener una menor temperatura promedio durante el año, y la mayor evapotranspiración potencial media (ETP) anual (Cuadro 1). Esta zona y Orotina, presentan un menor promedio anual de horas luz que Liberia (Cuadro 1). Los árboles en Atenas florecieron al final de febrero en Atenas, en diciembre en Orotina y en enero en Liberia. La precipitación en la época de muestreo (de abril 1989 a marzo de 1990), para la zona de Atenas fue de 2073 mm, con un máximo en agosto, y se extendió hasta febrero y marzo; para Orotina fue de 1730 mm, con un máximo en setiembre, extendiéndose hasta enero; en Liberia, hubo 1400 mm, con un máximo en setiembre, extendiéndose hasta diciembre.

Cuadro 1. Características climáticas de las tres zonas de estudio.

	Atenas	Orotina	Liberia
Precipit. (mm)	1517-2052	2052-4000	1141-2000
Temp. máxima (°C)	29,3	3,1	33,1
Temp. mínima (°C)	18,7	22,2	22,2
Temp. promedio (°C)	24,0	27,6	27,6
ETP anual (mm)	1710	2000	2000
ETP/precipit.	0,83-1	0,5-0,83	1-1,5
Horas luz	5-6	5-6	7

### Características de los suelos

Los suelos de la zona de Atenas se clasifican como Ustic Humitropept, y se caracterizan por ser suelos oscuros y profundos, ricos en materia orgánica, que permanecen secos por más de 90 días al año. El análisis químico de los suelos de Atenas, a través del año, indica un pH bajo; niveles deficientes a bajos de Ca, Mg y K; un leve desbalance entre bases adonde el K se encuentra en contenidos bajos en comparación al Ca y Mg; niveles medios a altos de acidez intercambiable y de P; niveles medios de S (Cuadro 2). Los suelos de la zona de Orotina se clasifican como Typic Dystropept, y se caracterizan por ser suelos rojos, profundos y bajos en bases. El análisis químico mostró pH bajo, niveles deficientes a bajos de Ca, K y P, niveles medios de Mg, de acidez intercambiable y de S

(Cuadro 2). Por último, los suelos de Liberia se clasifican como Typic Ustropept, son suelos moderados y poco profundos, con y sin arcillas plásticas (2:1), y secos por más de 90 días consecutivos presentaron el siguiente análisis químico: pH medio, contenidos medios de Ca, K y S, niveles deficientes a bajos de Mg y de P, y relaciones entre bases indican que el Mg está en bajas cantidades en comparación al Ca y el K (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de los suelos en las tres zonas de estudio, entre abril de 1989 y marzo de 1990.

	Atenas	Orotina	Liberia
pH	4,9-6,0	5,2-6,0	5,3-6,4
Ca (cmol(+)/L)	3,30-5,80	2,28-10,10	3,83-11,30
Mg (cmol (+)/L)	0,58-1,75	1,20-3,05	0,70-3,30
K (cmol (+)/L)	0,11-0,26	0,10-0,49	0,26-0,69
Acidez interc.	0,40-1,65	0,20-0,50	0,10-0,80
P(mg/L)	4,60-42,3	50-28,60	3,50-42,50
S(mg/L)	15-71	25-54	25-56
Materia Orgánica(%)	3,4-7,7	3,3-6,3	0,75-5,5
Textura	Franco-Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa

### Muestreo en el campo

Se tomaron muestras para análisis foliar una vez al mes y análisis de suelo una vez cada 2 meses. Se evaluó el estado nutricional de 2 variedades: "Irwin" X "Tommy Atkins". Cada muestra consistió de 30 hojas, utilizando 3 árboles de cada variedad por muestra para garantizar representatividad. Se utilizaron 3 tipos de muestra según la posición de la hoja en la rama: hojas terminales (tejido nuevo), intermedias (tejido medio) o viejas (tejido viejo). Las hojas se tomaron a una altura de 1,2-2,4 m y alrededor de toda la periferia de los árboles (Young y Sauls, 1979).

Las muestras de suelo se tomaron por duplicado a una profundidad de 0-20 cm en la zona de proyección de la copa, y cada muestra estuvo compuesta de 6 submuestras.

En cada zona, se hicieron observaciones de crecimiento en longitud y ramificación de los árboles utilizados.

### Análisis de laboratorio

Las muestras foliares y de suelos fueron analizadas por duplicado en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, (Ponchner, 1990),

según las metodologías de rutina (Briceño y Pacheco, 1984; Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

### Diseño estadístico

El diseño estadístico utilizado fue un muestreo jerárquico factorial de 4 etapas (variedad, edad del tejido, zona y repeticiones en el laboratorio) y 12 repeticiones en el tiempo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Efecto de la edad del tejido en la muestra foliar

En el Cuadro 3 se resumen las concentraciones de macronutrientes promedio de las 3 zonas y las 2 variedades, presentadas por los diferentes tipos de tejidos. Como se puede observar (Cuadro 3), en el caso del N, P, K, y Mg, los contenidos foliares en los tejidos viejos son menores que en los tejidos intermedios, que a su vez son menores que en los tejidos nuevos. Esto coincide claramente con las características de movilidad de estos nutrientes dentro del árbol de mango que han sido encontradas por otros autores (Guimaraes, 1982). Las concentraciones pueden ser hasta un 46% mayores si se muestrea un tejido muy joven en comparación con un tejido viejo, para el caso del Mg. Las diferencias más notables se dan cuando se relacionan tanto tejidos viejos como intermedios con tejidos nuevos. Esto implica que es muy poco recomendable tomar tejidos muy jóvenes los cuales pueden dar una idea completamente errónea del status nutricional de las parcelas.

Por otro lado, los nutrientes Ca y S (Cuadro 3) se presentan como elementos poco móviles dentro del árbol, lo que coincide con los resultados de Guimaraes (1982). En el caso del S, las diferencias entre los 3 tipos de tejidos no demuestran ser tan importantes, lo que contrasta claramente con el Ca, el cual se presenta en niveles mucho mayores en tejidos viejos e intermedios en comparación con tejidos jóvenes (46% y 27% más, respectivamente).

Los resultados anteriores indican que en este cultivo es muy importante la elección del tejido, por lo tanto, una forma de subsanar el problema es garantizar que durante el muestreo se tome exclusivamente tejido intermedio, o sea, tejido de la segunda ola de crecimiento de afuera hacia dentro, con el fin de homogenizar la muestra.

### Evaluación nutricional de las plantaciones

Con base en los resultados anteriores, para la evaluación nutricional de las plantaciones se utilizó el denominado tejido intermedio.

Si los valores de concentración en las 3 zonas y para las 2 variedades obtenidos a lo largo del año (Cuadro 4) se comparan con la tabla de niveles foliares óptimos sugerida por Young y Koo (1969), presentados en el Cuadro 5, sólo en pocas ocasiones durante el año se presentaron deficiencias de N (Cuadro 4). Se presentaron niveles bajos en abril en Orotina, para la variedad "Tommy Atkins", y de abril a julio, en Liberia, en la misma variedad (Cuadro 4). Esta época coincidió con las épocas de floración y fructificación en

Cuadro 3. Concentración promedio de macronutrientes y las relaciones porcentuales entre los tejidos viejos, tejidos intermedios y tejidos nuevos, para las zonas de Atenas, Orotina y Liberia y las variedades "Tommy Atkins" e "Irwin", a través del año.

Nutriente	N	P	K (% de materia seca)	Mg	Ca	S
Promedio TV (I)	0,95	0,069	0,53	0,24	3,81	0,19
Promedio TI (II)	1,07	0,078	0,60	0,28	3,30	0,18
Promedio TN (III)	1,33	0,100	0,77	0,35	2,60	0,16
((III)-(I)/(I)*100	40%	45%	45%	46%	(46%)*	(19%)
((III)-(II)/(II)*100	24%	28%	28%	25%	(27%)	(12%)
((II)-(I)/(I)*100	13%	13%	13%	17%	(15%)	(6%)

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.

Cuadro 4. Concentración de macronutrientos de abril de 1989 a marzo de 1990 en hojas del tejido intermedio (la segunda ola de crecimiento desde el ápice), en 3 zonas del Pacífico Seco de Costa Rica.

Mes	Macronutrientos (% de materia seca)											
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Enc	Feb	Mar
	1989						1990					
<b>Nitrógeno</b>												
<b>Atenas</b>												
T.A.	1,12	1,06	1,07	1,03	1,09	1,21	1,24	1,30	1,13	1,15	1,12	1,19
Irw.	0,95	1,02	1,08	1,00	1,06	1,27	1,19	1,12	1,21	1,26	1,05	1,19
<b>Orotina</b>												
T.A.	0,80	0,90	0,98	0,97	1,03	1,09	1,09	1,11	1,21	1,01	0,98	1,04
Irw.	0,92	0,94	1,01	0,96	0,98	1,14	1,08	1,19	1,00	1,10	0,91	1,10
<b>Liberia</b>												
T.A.	0,86	0,85	0,90	0,82	0,98	1,16	1,06	1,14	0,99	1,02	1,05	0,94
Irw.	0,97	1,11	1,09	1,05	1,01	1,54	1,37	1,18	1,17	1,08	1,05	1,28
<b>Fósforo</b>												
<b>Atenas</b>												
T.A.	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06	0,06	0,10	0,12	0,11	0,09	0,11	0,06
Irw.	0,06	0,06	0,07	0,07	0,09	0,08	0,12	0,12	0,12	0,10	0,09	0,07
<b>Orotina</b>												
T.A.	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,10	0,10	0,09	0,09	0,10	0,06
Irw.	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,07
<b>Liberia</b>												
T.A.	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05	0,10	0,10	0,12	0,10	0,06	0,06
Irw.	0,05	0,06	0,06	0,06	0,08	0,07	0,11	0,11	0,10	0,10	0,09	0,09
<b>Potasio</b>												
<b>Atenas</b>												
T.A.	0,37	0,30	0,32	0,41	0,36	0,42	0,42	0,37	0,36	0,40	0,42	0,39
Irw.	0,39	0,35	0,36	0,34	0,37	0,41	0,47	0,37	0,42	0,42	0,41	0,39
<b>Orotina</b>												
T.A.	0,41	0,39	0,56	0,59	0,59	0,60	0,57	0,57	0,51	0,55	0,52	0,54
Irw.	0,60	0,60	0,75	0,74	0,73	0,69	0,69	0,64	0,61	0,66	0,86	0,76
<b>Liberia</b>												
T.A.	0,62	0,61	0,69	0,73	0,68	0,65	0,79	0,71	0,69	0,74	0,66	0,70
Irw.	0,89	0,84	1,05	0,96	0,96	0,81	0,86	0,82	0,80	0,85	0,85	0,96
<b>Calcio</b>												
<b>Atenas</b>												
T.A.	3,35	3,75	3,43	3,49	3,49	3,26	2,76	2,79	2,85	2,78	2,99	3,11
Irw.	2,65	3,37	3,36	3,60	3,43	3,54	2,60	2,53	2,65	2,71	3,13	3,11
<b>Orotina</b>												
T.A.	3,53	3,68	3,48	3,71	3,86	4,00	3,11	2,92	3,12	3,32	2,23	3,41
Irw.	2,76	2,82	2,84	3,19	3,64	3,32	2,73	2,69	2,64	2,99	2,61	2,96
<b>Liberia</b>												
T.A.	4,02	3,88	3,98	3,96	5,11	4,01	3,22	3,37	3,35	3,22	3,53	3,42
Irw.	3,21	3,42	3,48	3,39	3,87	4,04	3,44	3,41	3,26	3,57	3,59	2,55

Magnesio												
<b>Atenas</b>												
T.A.	0,35	0,33	0,31	0,35	0,30	0,32	0,29	0,29	0,25	0,25	0,26	0,27
Irw.	0,44	0,40	0,38	0,38	0,31	0,36	0,29	0,26	0,29	0,31	0,32	0,31
<b>Orotina</b>												
T.A.	0,29	0,28	0,29	0,26	0,29	0,44	0,24	0,22	0,29	0,24	0,29	0,26
Irw.	0,37	0,39	0,39	0,39	0,31	0,41	0,29	0,31	0,26	0,33	0,37	0,36
<b>Liberia</b>												
T.A.	0,14	0,17	0,17	0,14	0,13	0,21	0,16	0,17	0,15	0,29	0,15	0,19
Irw.	0,28	0,29	0,33	0,25	0,27	0,28	0,21	0,21	0,20	0,20	0,24	0,27

  

Azufre												
<b>Atenas</b>												
T.A.	0,24	0,21	0,26	0,18	0,26	0,24	0,16	0,13	0,14	0,14	0,11	0,11
Irw.	0,24	0,23	0,21	0,24	0,27	0,28	0,19	0,19	0,20	0,16	0,14	0,15
<b>Orotina</b>												
T.A.	0,26	0,22	0,16	0,21	0,24	0,28	0,19	0,12	0,13	0,16	0,11	0,18
Irw.	0,21	0,19	0,17	0,24	0,21	0,22	0,15	0,15	0,16	0,12	0,16	0,16
<b>Liberia</b>												
T.A.	0,20	0,20	0,17	0,24	0,19	0,26	0,11	0,10	0,10	0,15	0,14	0,14
Irw.	0,21	0,19	0,17	0,21	0,20	0,27	0,09	0,13	0,12	0,12	0,14	0,12

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

Cuadro 5. Niveles foliares adecuados para el cultivo de mango en suelos ácidos.

Autor*	N	P	K	Ca	Mg	S
(% de materia seca)						
1	1,0-1,5	0,08-0,18	0,3-0,8	2,0-3,5	0,15-0,40	---
2	---	---	---	---	---	0,15-0,35
3	1,2-1,4	0,10-0,20	1,0-1,2	---	0,30-0,60	---
4	1,0-1,5	0,08-0,18	0,3-1,2	2,0-3,5	0,20-0,40	---

\* 1= Young y Koo (1969); 2= A&L Agricultural Laboratories, Agronomy Handbook: Plant and Soil Analysis; 3= Guimaraes (1982); 4= Reuter *et al.* (1986).

el año de estudio, adonde los requerimientos de N son muy altos, pero para ser retranslocados hacia flores y frutos en formación (Avilán, 1971). Es importante anotar que en Orotina casi no se encontraron deficiencias de N a pesar de que no hubo fertilización de ese elemento en la época de estudio, lo que pareciera indicar que los árboles de mango en ese lugar pueden suplir sus requerimientos con los contenidos de N del suelo.

Por otro lado, se encuentran concentraciones altas de N, en Liberia, en el mes de setiembre, en la variedad "Irwin" (Cuadro 4). En esa finca, el programa de fertilización fue mucho más agresivo que en las otras pues durante el año de estudio se aplicaron cerca de 350 g/árbol de N al suelo.

Concentraciones elevadas de N han sido relacionadas con crecimiento vegetativo exuberante y con menores producciones (Clarke y Clarke, 1987), con desórdenes fisiológicos del fruto (Guimaraes, 1982), y con deficiencias de otros nutrientes (por ejemplo Ram *et al.*, 1989), lo que hace esta situación poco deseable.

Si se observan las tendencias de las concentraciones foliares para el P (Cuadro 4), existen deficiencias de este elemento en las 3 zonas muestreadas y en las 2 variedades, en la época de abril y mayo. En general, existe bastante coincidencia en el comportamiento del elemento en las 3 zonas y de igual manera, en los suelos de las 3 zonas existieron deficiencias de P en alguna época del

año. Como se mencionó para el caso del N, la época de abril y mayo, coincide con condiciones de sequía que reducen la solubilización y posible absorción del nutriente del suelo, además de ser éste el momento de floración y fructificación en las 3 zonas y las 2 variedades. Una de los problemas más serios para el crecimiento de plantas es la poca disponibilidad de P en los suelos por problemas en la solubilidad (Marschner, 1991). Es importante recalcar la importancia del P para la exportación de carbohidratos desde las hojas hacia los órganos en formación, además de las reacciones de transferencia de energía (Mengel y Kirkby, 1987).

Si se examinan los contenidos de K (Cuadro 4), se pueden observar, que las concentraciones son mayores en Liberia, seguidas por Orotina y finalmente, Atenas. Esa tendencia coincide con los contenidos de K en el suelo; además sólo hubo aplicación de fertilizantes potásicos en la primera zona. Si se considera 0,3% como el límite menor de suficiencia de K (Young y Koo, 1969) (Cuadro 5), no existirían deficiencias de K en ninguna de las zonas de estudio. Sin embargo, según otros autores, el contenido límite debería ser 0,78% (Mallick *et al.*, 1986) y hasta 1% (Guimaraes, 1982) (Cuadro 5).

Las concentraciones de Ca (Cuadro 4) denotan mayores niveles en Liberia, en donde las concentraciones de Ca en el suelo son mucho mayores. Además, en la finca utilizada se efectuaron aplicaciones foliares de este elemento, lo que no se hizo en las otras 2 fincas. Ninguna de las zonas presenta deficiencias o niveles muy altos de Ca si se toma 2% como el nivel mínimo y 3,5% como el límite alto de suficiencia (Young y Koo, 1969) (Cuadro 5).

En el caso del Mg, existen marcadas deficiencias del elemento (menores al 0,2% de materia seca) principalmente en la zona de Liberia (Cuadro 4). Como se citó anteriormente, los contenidos de Ca en el suelo y foliares en ese lugar son bastante altos y se ha encontrado una correlación negativa entre la absorción de Ca y la de Mg en el cultivo de mango (Chaudhary y Nauriyal, 1989; Kumar *et al.*, 1985); por otro lado, los contenidos de Mg en el suelo de Liberia son bajos durante todo el año. Esta situación es contrastante con los suelos de Atenas y Orotina que presentan contenidos menores de Ca y mucho mayores de Mg que los de Liberia.

Las concentraciones foliares de S (Cuadro 4) tienden a ser muy parecidas en las 3 zonas y

durante todo el año. Existen marcadas deficiencias (contenidos menores a 0,15% (Cuadro 5), lo que podría interferir en diversos procesos metabólicos en el árbol, incluyendo los relacionados con aminoácidos, proteínas, enzimas y fotosíntesis (Guimaraes, 1982). Es importante notar que las concentraciones de S son superiores a las de P, lo que pareciera indicar que existen mayores requerimientos del primer elemento, para el cultivo de mango.

#### Variación estacional de nutrientes en las tres zonas

Al analizar la tendencia de las concentraciones nutricionales a lo largo del año en las 3 zonas, se observa (Cuadro 4) que las concentraciones de N aumentaron considerablemente durante la época lluviosa, llegando a un máximo en noviembre-diciembre para las 2 variedades, en Atenas y Orotina, y en setiembre en Liberia (Cuadro 4). En esta última zona, la precipitación disminuyó más temprano, llegando a niveles muy bajos en noviembre y diciembre. La presencia de humedad en el suelo es necesaria para que se disuelva el fertilizante y ocurra su difusión en el suelo; para que se produzca la transpiración que controla la absorción por flujo de masas, y para que se dé el crecimiento radical y la absorción de nutrientes propiamente dicha (Mengel y Kirkby, 1987).

Las concentraciones más bajas de N se presentaron en abril y mayo (Cuadro 4), lo que coincidió con el final de la época seca cuando hay poca humedad disponible para los procesos antes mencionados, y con los procesos de floración y fructificación, también referidos con anterioridad. La disminución en la concentración de N se da primero en la variedad "Irwin", la cual comenzó su proceso de floración antes que la "Tommy Atkins".

En el caso del P, existe bastante coincidencia en el comportamiento del elemento en las 3 zonas (Cuadro 4). Sin embargo, las concentraciones foliares en octubre y noviembre en Atenas se mantienen todavía elevadas, dado que en esta zona la precipitación se mantuvo alta en esa época del año, lo que influyó en una floración, fructificación y cosecha más tardía, con un mes de retraso en comparación con lo normal. Al igual que en el caso del N, las concentraciones tienden a bajar drásticamente hacia marzo y abril. Como ya se explicó, la falta de humedad en el suelo influye sobre la absorción de nutrientes, y como los frutos son sumideros muy fuertes de nutrientes y

carbohidratos, puede ocurrir que ciertos árboles lleguen a deficiencias tan pronunciadas en la raíz que vayan en detrimento de su crecimiento y absorción de nutrimentos, hasta culminar con la muerte del árbol posteriormente a la cosecha (Cannell, 1985).

Si se consideran las concentraciones foliares de K (Cuadro 4), se encuentra una disminución de las concentraciones en abril y mayo para Orotina y Liberia, y en mayo y junio para Atenas. El hecho de que en esta última zona el término de la época lluviosa se dio posterior a las otras 2 zonas, ocasionó que la floración se retrasara, acentuando la influencia de la humedad en el suelo discutida en el caso del N y el P. Dado que estos 3 macronutrimentos tienen un comportamiento parecido, se podría sugerir que el momento de la toma de una muestra foliar para evaluar nutricionalmente la plantación en relación a ellos, debería ser posterior a la cosecha, cuando las concentraciones de estos elementos llegaron a las menores niveles y antes de la entrada de las lluvias, momento de mayor absorción de nutrimentos, que se reflejó en este estudio como mayores concentraciones foliares.

El Ca (Cuadro 4), se presentó en menores concentraciones en Orotina y Atenas que en Liberia, a lo largo del año. En estas 2 zonas, las concentraciones de Ca disminuyeron posteriormente al término de la época lluviosa, lo que indica la necesidad de humedad en el suelo para la absorción de Ca. También, debe considerarse que durante la floración, que ocurre en este momento, el Ca absorbido está dirigido a estos puntos de mayor actividad (transpiración) y no a las hojas.

Las concentraciones de Mg y de S (Cuadro 4), siguen la mismas tendencias que el N, K y P, en el sentido de que bajan los contenidos foliares

posterior a la salida de las lluvias (octubre-enero), coincidiendo con la época de diferenciación floral. Los contenidos de S se mantienen bajos hasta marzo, coincidiendo con el período de fructificación y llenado de frutos.

#### Diferencias varietales en las concentraciones foliares

Si se comparan los contenidos nutricionales de las 2 variedades, para el período de estudio y las 3 zonas (Cuadro 6), se puede encontrar una tendencia de la variedad "Irwin" a presentar mayores concentraciones de N, P, K y Mg, y menores concentraciones de Ca, en comparación con la "Tommy Atkins". Esto podría indicar mayores requerimientos del primer grupo de nutrimentos, como lo sugiere Avilán *et al.* (1978), o un crecimiento total menor como el que se presentó durante el año de estudio. Ese menor desarrollo vegetativo, podría ser la causa de una menor concentración de Ca, al disminuir, teóricamente, la tasa de transpiración con menor crecimiento vegetativo. En el caso del S, no se encontraron diferencias entre las 2 variedades.

#### Interacciones de los diferentes factores evaluados sobre los contenidos nutricionales

Se encontró una interacción entre la zona y los contenidos de N, P, K, Ca, Mg y S, y entre la edad del tejido y todos esos elementos. El contenido en el suelo fue determinante en el caso de N, K, Ca, Mg y S. En lo que se refiere a variedad, ésta fue determinante, sobretudo en los contenidos de K, Mg y S, a través del año (Rojas, 1993). Todas las interacciones anteriormente presentadas fueron significativas a  $p=0,05$  (Rojas, 1993).

Cuadro 6. Concentración promedio de macronutrimentos en las variedades "Tommy Atkins" e "Irwin" en el tejido intermedio (segunda ola de crecimiento de afuera hacia adentro). Los resultados representan la variación en las zonas de Atenas, Orotina y Liberia, a través del año.

Nutrimento		N	P	K			Mg	Ca	S
				(% de materia seca)					
Variedad									
	"Tommy Atkins"	$\bar{X}$	1,04	0,074	0,54	0,24	3,43	0,18	
	d.e.	$\pm 0,02$	$\pm 0,004$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,08$	$\pm 0,01$		
"Irwin"	$\bar{X}$	1,10	0,081	0,66	0,31	3,16	0,18		
	d.e.	$\pm 0,02$	$\pm 0,004$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$	$\pm 0,07$	$\pm 0,01$		

$\bar{X}$  = media; d.e. = desviación estándar.

## RESUMEN

Se evaluó el estado nutricional y la variación estacional de N, P, Ca, Mg, K, y S de árboles de mango en 3 suelos del Pacífico Seco de Costa Rica, a saber: 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 del suelo, a través del año. En las muestras foliares se incluyeron tejidos de 3 edades diferentes (tejido nuevo, tejido intermedio y tejido viejo que representaron la primera, segunda y tercera ola de crecimiento de afuera hacia adentro en la rama, respectivamente), y 2 variedades, "Irwin" y "Tommy Atkins". Los nutrientes N, P, K y Mg se comportaron como elementos móviles en el árbol, mientras que Ca y S, lo hicieron como inmóviles. La variedad "Irwin" presentó mayores concentraciones de N, P, K y Mg que la "Tommy Atkins" y la segunda presentó mayores concentraciones de Ca que la primera. Se encontraron deficiencias de N, P, Mg y S en las 3 zonas; las bajas concentraciones P, Mg y S coincidieron con bajos niveles de los mismos en el suelo. La zona de Atenas presentó los menores niveles foliares de K, coincidiendo con bajos contenidos de ese elemento en el suelo, que además estaba en desbalance con el Ca y el Mg. Contenidos foliares bajos de N, P, K, Mg y S fueron determinados en las épocas correspondientes a la floración, fructificación y formación de frutos, mientras que las concentraciones foliares de Ca parecieron estar más asociadas al régimen de precipitación en cada zona. Con base en los resultados obtenidos se recomienda, con el fin de homogenizar las muestras foliares, realizar el muestreo sobre tejido intermedio y posteriormente a la cosecha.

## LITERATURA CITADA

- AVILAN, L. 1971. Variaciones de los niveles de N, P, K y Ca en las hojas de mango (*Mangifera indica* L.) 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* L.) 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* L.). *Turrialba* 29:117-122.
- AVILAN, L.; MENESES, L.; GURADARRAMA, A. 1979. Estudio de los sistemas radicales del mango (*Mangifera indica* L.) 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.
- CANNELL, M.G.R. 1985. Dry matter partitioning in tree crops. *In* Attributes of trees as crop plants. Ed. by M.G.R. Cannell y J.E. Jackson. Institute of Terrestrial Ecology. Inglaterra. p. 160-193.
- CHAUDHARY, S.K.; NAURIYAL, J.P. 1989. Effect of deficiency of Ca, Mn and K on the uptake of other nutrients in mango. *Acta Hort.* 231:296-300.
- 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.
- CLARKE, A.P.; CLARKE, B.A. 1987. A description of pre-harvest factors affecting yield in mango (*Mangifera indica*). *In* Mangoes. a review. Ed. by E.T. Prinsley y G. Tucker, Commonwealth Science Council. Londres. 9-18 p.
- DÍAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación de invernadero. Turrialba. CATIE. Proyecto Centroamericano de fertilidad de suelos.
- ELIZONDO, R.; HERNANDEZ, R.L. 1983. El mango. UNED. San José, Costa Rica. 117 p.
- EMBLETON, T.; JONES, W. 1966. Avocado and mango nutrition. *In* Temperate to tropical fruit nutrition. N. Childers (ed.). Horticultural Publications. Londres. 51-76 p.
- GUIMARAES, P.T.G. 1982. Nutricao e adubacao da mangueira. Informe Agropecuario (Brasil) 8:28-35.
- JACOB, A.; UEXKULL, H. van. 1973. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. 4 ed. Euroamericanas. México. 626 p.
- KUMAR, R.; AHLAWAT, V.P.; YAMDAGNI, R. 1985. Assesment of mango cultivars for their mineral composition. *Progressive Horticulture* (India) 17(2):87-90.
- 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.
- MALLICK, S.K.; MITRA, S.K.; BANIK, B.C.; MAITY, S.C.; BOSE, T.K. 1986. Studies on the nutritional requirement of mango cultivar Fazli. *Fruits (Francia)* 41(4):269-274.
- 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. Murrmann (eds.). Kluger Academic Publishers. Dordrecht. 683-702 p.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. 1987. *Principles of plant nutrition*. 4 ed. International Potash Institute. Berna. 687 p.
- PONCHNER, S. 1990. Variación estacional de nutrientes 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.
- RAM, S.; BIST, L.D.; SIROHI, S.C. 1989. Internal fruit necrosis of mango and its control. *Acta Hort.* 231:805-813.
- 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.
- REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. 1986. *Plant analysis: an interpretation manual*. Fruits, vines and nuts, Intaka. Melbourne. Australia. 246 p.
- ROJAS, R.F. 1993. Variación estacional de nutrientes 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.
- SMITH, P.F.; SCUDDER, J.K. 1952. Some studies of mineral deficiency symptoms in mango. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 64:243-248.
- YOUNG, T.W.; KOO, R.C.J. 1969. Mineral composition of Florida mango leaves. *Proc. Fla. State. Hort. Soc.* 82:324-328.
- YOUNG, T.W.; SAULS, J. 1979. *The mango industry in Florida*. Florida Coop. Ext. Service. University of Florida. Gainesville. 70 p.