

# Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en plantas de café

(*Coffea arabica* var. *typica*)

por

J. F. Carvajal C.\*

(Recibido para su publicación el 4 de agosto de 1960)

La sintomatología que muestran las plantas que crecen en un medio deficiente en elementos nutritivos, ha sido objeto de numerosas investigaciones al través de los años, por constituir, un aporte de gran valor para resolver los problemas de abonamiento.

En 1959 CHAVERRI y CARVAJAL (3) publicaron los resultados obtenidos al someter plantas de café, a dietas carentes de fósforo, calcio, hierro y azufre. Luego en el mismo año MÜLLER (7) escribió acerca de la sintomatología de algunas deficiencias minerales en el campo.

El presente trabajo tiene por objeto estudiar los síntomas de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en arbustos de café (*Coffea arabica* var. *typica*) en soluciones nutritivas.

## MATERIAL Y METODOS

Arbustos de café de un año de edad que crecían en el campo, fueron trasplantados a potes metálicos de veinte litros, cuyo interior estaba recubierto de una gruesa capa de pintura inerte; los sistemas radicales de cada una de las plantas antes de ser colocadas en el pote fueron lavados para eliminar la tierra. El experimento consistió en seis tratamientos repetidos tres veces, utilizando una planta por cada repetición. La composición de las soluciones utilizadas aparece en el Cuadro 1. En todos los casos se usó solución de Hoagland (5) ajustada semanalmente a pH 6. Los elementos mayores se añadieron cada mes al

\* Laboratorio de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

renovar las soluciones y los menores a intervalos de diez días; un compresor automático mantuvo el medio continuamente aerado.

Una vez obtenidos los síntomas de deficiencia de cada uno de los elementos en estudio, se procedió a dividir la parte aérea de la planta a partir de la mitad del tallo en dos secciones (superior e inferior), y a separar las hojas para análisis. Al coleccionar las muestras se seleccionaron hojas jóvenes y adultas deficientes y sanas.

Para el análisis químico de las muestras se emplearon los mismos métodos utilizados por CHAVERRI y CARVAJAL (3).

## RESULTADOS

Como era de esperar, las plantas que se mantuvieron en la solución completa mostraron el mejor desarrollo durante el transcurso de la investigación. Las hojas se mostraron de buen tamaño y presentaron en todo momento un color verde oscuro brillante, y el sistema radical fue abundante y vigoroso.

La deficiencia de boro fue la primera en manifestarse; esta apareció mes y medio después de iniciado el experimento. Le siguió la deficiencia de nitrógeno que se notó dos semanas más tarde. Las plantas que crecieron en soluciones sin potasio, magnesio y manganeso mostraron las primeras características anormales cuatro meses después de haber empezado los tratamientos.

A continuación se describen los síntomas de las deficiencias que se observaron para cada uno de los elementos en estudio.

**DEFICIENCIA DE NITRÓGENO.** El primer síntoma que se observó en las plantas deficientes en nitrógeno fue un amarillamiento de la vena central de las hojas viejas, seguido de una clorosis en las áreas adyacentes; esto se notó también en hojas jóvenes de poco desarrollo, que además presentaron los bordes corrugados hacia el haz. Conforme la deficiencia progresaba toda la planta se tornó clorótica; las hojas adultas perdieron su condición de erectas pero sin desprenderse y las venas retuvieron un color amarillo verdoso (fig. 1).

Después de algún tiempo las hojas viejas se tornaron anaranjadas con un tinte rojizo cerca del borde. Esta coloración progresó con el tiempo de adentro hacia afuera. A menudo algunas hojas presentaron áreas color café de tejido necrosado en los bordes y en el ápice que se desprendieron con suma facilidad. El tejido leñoso de las bandolas (ramas laterales) apareció de un color café rojizo; esta condición se extendió desde el eje central hasta el último par de hojas que presentaba color anaranjado. El sistema radical de estas plantas fue pequeño, poco denso, y de un color grisáceo (fig. 10).

**DEFICIENCIA DE POTASIO.** Los síntomas de la deficiencia de potasio se presentaron primero en las hojas adultas, en forma de una banda amarillenta más o menos ancha cerca del borde, seguida de otra verde claro que dejó ver áreas pequeñas más oscuras de bordes indefinidos. Después de algún tiempo estas mostraron las venas amarillas y áreas necróticas café rojizo que se extendie-

CUADRO 1

Composición química de las soluciones nutritivas

Solución	Compuesto	PARTES POR MILLON											
		N	P	K	Ca	Mg	S	"Sequestre- ne. NaFe"	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	MnCl <sub>2</sub>	ZnSO <sub>4</sub>	CuSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>
								Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
Completa	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> KNO <sub>3</sub> Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> MgSO <sub>4</sub>	70 140	30	39 195	200	48	64	5	0,5	0,5	0,05	0,02	0,01
— N	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> MgSO <sub>4</sub> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CaSO <sub>4</sub>	—	30	195	20 80	48	80 64 64	5	0,5	0,5	0,05	0,02	0,01
— K	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> MgSO <sub>4</sub> Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	140	30	—	200 20	48	64	5	0,5	0,5	0,05	0,02	0,01
— Mg	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> KNO <sub>3</sub> KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	112 84	30	234 39 117	160	—	96	5	0,5	0,5	0,05	0,02	0,01
— B	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> KNO <sub>3</sub> Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> MgSO <sub>4</sub>	70 140	30	39 195	200	48	64	5	—	0,5	0,05	0,02	0,01
— Mn	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> KNO <sub>3</sub> Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> MgSO <sub>4</sub>	70 140	30	39 195	200	48	64	5	0,5	—	0,05	0,02	0,01

ron de los bordes hacia el interior de la lámina, principalmente hacia el ápice (fig. 4), sobresaliendo a veces zonas verdes en alto relieve; estas se tornaron más tarde color café brillante, permaneciendo siempre en relieve. En este estado las hojas se desprendían con facilidad. En algunos casos se presentó necrosis en los bordes de las hojas limitada por un halo verde amarillento (fig. 3).

Las hojas jóvenes presentaron clorosis leve con las venas verde oscuro. El sistema radical desarrolló poco, presentándose de color café (fig. 11).

**DEFICIENCIA DE MAGNESIO.** La deficiencia de magnesio se notó primero en las hojas adultas de la parte inferior de la planta, avanzando más tarde hacia las más jóvenes. Las zonas comprendidas entre las venas perdieron el color verde intenso y se tornaron algo cloróticas; asimismo las venas exhibieron un color verde claro.

Con el transcurso del tiempo las áreas comprendidas entre las venas se tornaron amarillo paja y perdieron el brillo; por último estas aparecieron de un color bronceado que se extendió a todo el limbo, la vena central y las secundarias presentaron una zona verde adyacente (fig. 5); las hojas perdieron su condición de erectas y en la mayoría de los casos retuvieron el color verde oscuro en los bordes del ápice. Ocasionalmente se observó que algunas hojas con áreas de color amarillo junto a las venas se desprendían con facilidad; otras presentaron puntos necróticos de color bronceado diseminados en todo el limbo (fig. 6). El sistema radical desarrolló poco y al avanzar la deficiencia las raíces jóvenes mostraron necrosis generalizada (fig. 12).

**DEFICIENCIA DE BORO:** Las plantas deficientes en boro mostraron los primeros síntomas en las hojas jóvenes; estas presentaron áreas necróticas pequeñas de color café rojizo y de forma angular, cuyo estado incipiente se nota mejor en el envés; se tornaron flácidas y perdieron el brillo; cuando la deficiencia avanzó, aparecían corrugadas de consistencia coriácea y cóncavas con los bordes deformados. Poco tiempo después de haberse notado este síntoma, ocurrió la muerte de las yemas terminales. La muerte de estas estimuló el brote de las yemas más cercanas presentándose entonces la condición de "palmilla" que comúnmente se observa en las plantaciones deficientes de este elemento. Una vez que se añadió boro en pequeñas cantidades al medio (0,125 ppm), las hojas jóvenes se tornaron cloróticas, permaneciendo las venas verdes (fig. 2); aquellas que estaban completamente desarrolladas, presentaron una suberización de la vena central y las secundarias; esta condición fue más notoria en el envés. En hojas adultas se observó una coloración verde claro ligeramente mate, que se extendía del ápice hacia la base, abarcando aproximadamente un tercio de la hoja; el borde interno del área afectada era lobulado. El sistema radical se notó poco desarrollado (fig. 13).

**DEFICIENCIA DE MANGANESO.** Las plantas que se desarrollaron en soluciones carentes de manganeso, fueron las más semejantes a las que crecieron en la solución completa; las hojas jóvenes aparecieron de mayor tamaño que las

normales, y mostraron áreas verde claro de forma lobular localizadas especialmente hacia los bordes y el ápice; se notó además una zona verde oscuro paralela a las venas (fig. 7). El color y el desarrollo del sistema radical fue muy semejante al de las plantas que se desarrollaron en la solución completa (fig. 14).

## ANALISIS FOLIAR

Muestras foliares de cada una de las plantas de este experimento fueron analizadas químicamente para determinar su contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro, boro y manganeso. En el Cuadro 2 aparecen los resultados obtenidos mediante el análisis químico.

Las plantas que se mantuvieron en soluciones carentes de nitrógeno, acumularon más azufre y hierro que las mantenidas en la solución completa; es posible que el aumento del primero sea debido al mayor suministro de este elemento (Cuadro 1). En los primeros y segundos pares de hojas se registró 0,56 por ciento de azufre y 141 ppm de hierro. El contenido de manganeso fue relativamente bajo. El nitrógeno fluctuó entre 1,31 y 1,69 por ciento. De acuerdo con investigaciones anteriores (2) estos porcentajes corresponden a un contenido bajo de nitrógeno.

Las muestras provenientes de plantas deficientes en potasio presentaron cantidades altas de magnesio (0,50 por ciento), de fósforo (0,32 por ciento) y manganeso (270 ppm). El contenido de potasio fue bastante bajo tanto en las hojas jóvenes como en las adultas (promedio 0,70 por ciento); las hojas que se desprendieron de la planta mostraron una cantidad aun menor de potasio (0,48 por ciento).

Las plantas que se desarrollaron en las soluciones carentes de magnesio presentaron cantidades de este elemento en el follaje del orden de 0,03 por ciento. Las hojas inferiores mostraron un contenido un poco más alto que las de la parte superior. La carencia de magnesio favoreció la acumulación de potasio y de azufre (en los cuartos pares del medio inferior aparecieron concentraciones hasta de 4,13 y 0,40 por ciento respectivamente); cabe hacer notar que las cantidades de ambos nutrientes que recibieron estas plantas, fueron mayores que las suministradas a las plantas en solución completa (Cuadro 1).

La deficiencia de manganeso que se logró provocar, no fue severa como se observa algunas veces en condiciones de campo. La concentración de este elemento fue tan baja que no pudo medirse por el método de PEECH (8). El contenido de calcio y nitrógeno de estas plantas fue relativamente bajo.

## DISCUSION

Algunos de los síntomas que se describen en el presente trabajo difieren de lo que han encontrado otros investigadores (1, 4, 6, 7):

En la deficiencia de potasio existe alguna discrepancia; la única característica común es la necrosis de los bordes de las hojas adultas. Como se observa en la fig. 4 el síntoma se presentó además en la forma de áreas necróticas.

C U A D R O 2

*Composición química de las muestras obtenidas para análisis. Cada cifra representa el promedio de una determinación hecha en duplicado*

Tratamiento	Parte de la planta*	PROCEDENCIA	PORCENTAJE						ppm		
			N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	B
Nutrición completa	Superior	Primeros pares	3,93	0,18	2,73	0,87	0,23	0,22	71	87	49
		Segundos pares	3,04	0,14	2,46	0,97	0,23	0,21	66	98	53
		Cuartos pares	2,66	0,11	2,16	1,84	0,23	0,16	83	119	66
		6º y 7º pares	2,60	0,10	2,36	2,60	0,23	0,23	89	182	96
		8º, 9º y 10º pares	2,34	0,14	2,64	2,56	0,27	0,24	114	152	117
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	2,75	0,11	1,78	1,02	0,25	0,22	73	110	84
	Inferior	Primeros pares	3,28	0,18	2,50	2,05	0,24	0,21	66	140	58
		Segundos pares	3,11	0,15	2,68	2,46	0,24	0,24	66	127	74
		Cuartos pares	3,13	0,15	2,58	1,55	0,23	0,21	77	223	102
		8º, 9º y 10º pares	2,67	0,17	3,01	2,20	0,30	0,26	153	197	48
Carenate de Nitrógeno	Diversas Partes	Primeros y segundos pares con síntomas severos	1,69	0,05	2,68	0,61	0,33	0,56	141	62	103
		Cuartos pares con síntomas muy acentuados	1,35	0,05	1,55	0,82	0,31	0,53	245	54	63
		Hojas viejas	1,31	0,10	2,70	1,74	0,39	0,50	321	40	96
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	1,61	—	—	—	—	—	—	—	—
		Primeros y segundos pares con síntomas	1,30	0,13	3,23	0,77	0,27	0,32	129	41	117
		Cuartos pares con síntomas severos	1,30	0,12	2,93	1,02	0,24	0,35	156	18	135
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	1,26	—	—	—	—	—	—	—	—
Carente de Potasio	Superior	Primeros pares. Algunos muestran una cierta clorosis	2,60	0,18	1,15	1,23	0,29	0,24	82	125	—
		Segundos pares. Algunos con síntomas característicos	3,14	0,22	0,50	1,74	0,43	0,28	60	140	97
		Cuartos pares, con síntomas	2,81	0,14	1,60	1,38	0,26	0,20	96	122	52
		Sextos pares, con síntomas	2,91	0,30	0,60	1,74	0,49	0,21	72	270	143
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	2,69	0,16	1,50	0,61	0,42	0,12	83	118	—

	Inferior	Primeros pares, bien desarrollados con una cierta clorosis	3,27	0,31	0,70	0,94	0,49	0,28	72	200	82
		Segundos pares, con síntomas	3,13	0,30	0,80	2,04	0,46	0,21	49	210	100
		Cuartos pares, algunos con síntomas	2,98	0,32	0,70	2,04	0,50	0,22	78	250	107
		Pares 8°, 9° y 10°, algunos con síntomas	1,92	0,31	0,80	2,66	0,37	0,16	179	373	149
		Hojas de diversas partes de la planta, desprendidas, con síntomas	2,96	0,20	0,48	2,35	1,16	—	—	—	—
Carente de Magnesio	Superior	Segundos pares, de apariencia normal	2,38	0,15	3,42	1,02	0,04	0,28	69	112	103
		Cuartos pares, con síntomas	3,26	0,15	3,65	1,50	0,02	0,37	97	160	69
Carente de Manganeso	Inferior	Segundos pares, de color normal	3,34	0,16	3,48	1,23	0,04	0,30	84	81	27
		Cuartos pares, con síntomas	3,05	0,16	4,13	2,35	0,02	0,40	107	223	92
		Pares 8°, 9° y 10°, con ligeros síntomas	2,73	0,18	3,33	1,59	0,06	0,30	131	143	87
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	2,73	0,08	2,05	0,51	0,05	0,18	81	140	—
Carente de Manganeso	Superior	Primeros pares	2,77	0,16	2,40	0,82	0,25	0,15	72	**	46
		Segundos pares	2,68	0,13	2,00	0,82	0,25	0,19	128	..	50
		Terceros pares, con síntomas incipientes	2,33	0,11	2,00	0,72	0,21	0,17	75	..	53
		Cuartos pares, con síntomas	2,45	0,11	2,30	1,23	0,21	0,14	109	..	53
		Sextos pares, algunos con síntomas	2,81	0,12	2,40	1,79	0,13	0,16	106	..	64
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	2,13	0,10	1,50	0,82	0,26	0,10	90	..	81
Carente de Boro	Inferior	Primeros pares	2,55	0,11	2,20	1,18	0,26	0,17	71	..	47
		Segundos pares	2,61	0,16	2,30	1,23	0,13	0,18	68	..	47
		Terceros pares	2,63	0,16	2,40	1,33	0,21	0,19	98	..	54
		Cuartos pares, algunos con síntomas	2,59	0,18	2,40	1,43	0,25	0,22	117	..	66
		Sextos pares, normales	2,63	0,18	2,80	2,20	0,25	0,19	183	18	81
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Carente de Boro	Superior	Primeros pares (de palmillas) con síntomas	3,34	0,17	2,68	1,13	0,20	0,25	64	127	24
		Segundos pares (de palmillas) con síntomas	3,32	0,19	2,65	1,23	0,23	0,26	62	152	29
		Los dos últimos pares (de palmillas) de toda la planta	—	0,20	2,87	2,76	0,31	0,26	194	271	67
		Hojas adultas	2,70	0,21	2,57	1,79	0,27	0,23	134	176	78
		Tejido de madera de los últimos entrenudos	—	—	—	—	—	—	—	—	58
Carente de Boro	Inferior	Primeros pares (de palmillas) con síntomas	3,40	0,17	2,80	1,18	0,25	0,26	61	134	20
		Segundos pares (de palmillas) con síntomas	3,09	0,19	2,72	1,13	0,23	0,22	81	123	23

\* En el momento de tomar las muestras cada planta se dividió en dos partes iguales superior e inferior. Las muestras foliares fueron tomadas del 1° al 10° par de hojas.

\*\* El análisis colorimétrico no demostró la presencia del elemento al usar metaperyodato de potasio como oxidante.

cas irregulares sobresaliendo algunas zonas verdes en alto relieve de forma y tamaño variables.

La deficiencia de magnesio la describen FRANCO y MENDES (4) como una clorosis irregular que luego se extiende a toda la hoja. CIBES y SAMUELS (1) la presentan como manchas necróticas localizadas cerca de los bordes y el ápice, que luego coalescen formando áreas grandes color paja, con el espacio entre las venas más o menos verde. La deficiencia de magnesio que se observa en la fig. 6 aparece en forma de áreas necróticas pequeñas diseminadas en todo el limbo. En la comunicación de LOUÉ (6) la deficiencia de magnesio está descrita desde el estado incipiente hasta el severo, y presenta una sintomatología bastante similar a la que se describe en este trabajo. La diferencia puede deberse al material experimental, ya que Loué trabajó con plantas de *Coffea canephora* var. *robusta*.

En las plantas deficientes en boro se notó clorosis en algunas de las hojas adultas; corroborando la descripción hecha por PÉREZ (9). Este síntoma no fue observado por MÜLLER (7). Además de la clorosis en las hojas adultas se notó clorosis en el espacio comprendido entre las venas de algunas hojas jóvenes (fig. 2). Es interesante hacer notar que la composición química de estas hojas fue normal con respecto a los otros elementos (Cuadro 2).

El síntoma de la deficiencia de manganeso que se logró provocar no fue severo, pero sí representativo de la deficiencia en estado incipiente en condiciones de campo (fig. 7). Es muy posible que las sales que se usaron para preparar las soluciones nutritivas estuvieran contaminadas con manganeso.

## AGRADECIMIENTO

El autor expresa su gratitud a la planta mezcladora de fertilizantes "Abonos Superior Ltda.", cuyo aporte económico hizo posible la impresión de las láminas a colores.

## RESUMEN

Arbustos de café de un año de edad (*Coffea arabica* var. *typica*), fueron trasplantados a soluciones nutritivas carentes en nitrógeno, potasio, magnesio, manganeso y boro.

Los síntomas de deficiencia desarrollados se corroboraron por medio de análisis foliar.

Las plantas que crecieron en las soluciones deficientes en nitrógeno mostraron muy poco desarrollo y una fuerte clorosis, que se manifestó con mayor intensidad en las hojas adultas. El contenido de hierro y azufre en el follaje de estas plantas fue alto, mientras que el de manganeso fue relativamente bajo.

La deficiencia de potasio se manifestó en las hojas adultas a manera de áreas necróticas diseminadas en todo el limbo o localizadas en los bordes de las hojas. El contenido de magnesio, fósforo y manganeso fue alto.

La carencia de magnesio provocó los siguientes síntomas en el follaje: zonas cloróticas que luego se tornaron bronceadas en las áreas comprendidas entre las venas. Ocasionalmente se presentaron hojas con áreas necróticas pequeñas distribuidas en todo el limbo. En el follaje de estas plantas se acumularon cantidades altas de potasio y azufre.

En las plantas deficientes en boro se notó la muerte de las yemas terminales seguida de un estímulo de las yemas más cercanas. Las hojas jóvenes que mostraron clorosis conservaron la nervadura verde; se notó suberización en la vena central y las secundarias.

La deficiencia de manganeso se manifestó en las hojas jóvenes en forma de áreas verde claro de forma lobular, localizadas principalmente hacia los bordes y el ápice. En las hojas de estas plantas se acumuló poco calcio y nitrógeno.

### SUMMARY

One-year old coffee trees (*Coffea arabica* var. *typica*) grown in the field were transplanted to the greenhouse to nutrient solutions lacking nitrogen, potassium, magnesium, boron, and manganese.

The deficiency symptoms were corroborated by leaf analysis.

Nitrogen-deficient plants were stunted and showed strong chlorosis in the older leaves. Iron and sulphur content in these leaves was high and manganese relatively low.

Potassium deficiency in the older leaves was characterized either by the development of a necrotic strip at the margin of the leaves or by necrotic areas scattered over the leaf-blade. Potassium deficient plants were high in magnesium, phosphorus, and manganese.

The lack of magnesium caused the following outstanding symptoms in the older leaves: chlorotic areas between the veins which turned brownish after some time. Occasionally some of the leaves showed small necrotic areas all over the leaf-blade. Deficient leaves were high in potassium and sulphur.

Die-back was noticed in boron-deficient plants, followed by a stimulation of the nearest axillary buds. Some of the younger leaves showed a fine network of dark-green veins and a chlorotic background; suberization was observed on the central and secondary veins.

The manganese deficiency appeared as light-green lobed-shaped areas located chiefly at the margins and tips of the younger leaves. Manganese-deficient trees appeared low in calcium and nitrogen.

### BIBLIOGRAFIA

1. CIBES, H. & G. SAMUELS  
1955. Mineral-deficiency symptoms displayed by coffee trees grown under controlled conditions. *Puerto Rico Agr. Exp. Sta.*, Río Piedras. Tech. paper 14, 21 pp.
2. CHAVERRI, G., E. BORNEMISZA & F. CHAVES  
1957. *Resultados del análisis foliar del café en Costa Rica*. Costa Rica. Servi-

cio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola (STICA). Información Técnica N° 3. 39 pp.

3. CHAVERRI, G. & J. F. CARVAJAL  
1959. *Síntomas de deficiencia de los elementos fósforo, calcio, azufre y hierro, en el caféto producidos en invernadero*. Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de cooperación Agrícola (STICA). Información Técnica N° 8, 14 pp.
4. FRANCO, C. M. & H. C. MENDES  
1949. Síntomas de deficiencias minerais no cafeeiro. *Bragantia* 9: 165-173.
5. HOAGLAND, D. R. & D. I. ARNON  
1950. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agr. Exp. Sta., Circ.* 347, 32 pp.
6. LOUÉ, A.  
1957. *Studies on the Inorganic Nutrition of the Coffee Tree in the Ivory Coast*. International Potash Institute. Berne, 68 pp.
7. MÜLLER, L. E.  
1959. *Algunas deficiencias minerales comunes en el caféto (Coffea arabica L.) Turrialba, Costa Rica*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Boletín Técnico N° 4, 40 pp.
8. PEECH, M.  
1945. Determination of exchangeable cations and exchange capacity of soils. Rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. *Soil Sci.* 59: 25-38.
9. PÉREZ, V. M.  
1957. *Algunas deficiencias minerales del caféto en Costa Rica*. Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola (STICA). Información N° 2, 27 pp.

Fig. 1. Hojas de café con deficiencia de nitrógeno.

Fig. 2. "Palmilla" característica de la deficiencia de boro.

Fig. 3. Hojas deficientes en potasio con necrosis en el borde.

Fig. 4. Hojas deficientes en potasio mostrando áreas necróticas diseminadas.

1



2



3



4



Fig. 5. Deficiencia de magnesio; las hojas muestran clorosis en los espacios comprendidos entre las venas.

Fig. 6. Deficiencia de magnesio; hojas con puntos necróticos diseminados.

Figs. 7 y 8. Hojas con deficiencia de manganeso: la hoja inferior de la fig. 7 corresponde al sintoma que se obtuvo en el invernadero. Las restantes fueron tomadas en el campo de plantas deficientes.

5



6



7



8



Fig. 9. Sistema radical proveniente de una planta crecida en solución completa.

Figs. 10-14. Sistemas radicales de plantas deficientes en: nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, respectivamente.

