

## Síntomas de deficiencias minerales combinadas en plantas de Café (*Coffea arabica* var. *typica*)

por

C. A. López, J. F. Pereira y J. F. Carvajal\*

(Recibido para su publicación el 30 de octubre de 1964)

Los síntomas de deficiencia provocados por la falta de un elemento esencial en la nutrición del cafeto han sido estudiados *in vitro* en varias partes del mundo (1, 2, 3, 4, 5, 6). Sin embargo, en condiciones naturales a menudo aparecen ciertas anomalías que no coinciden con ninguna de las sintomatologías descritas; esto hace sospechar la existencia de interacciones entre dos o más elementos, los que, por diversas causas, no pueden ser absorbidos o asimilados en las cantidades apropiadas.

El presente estudio trata sobre los síntomas visuales que exhibe la planta de café (*Coffea arabica* var. *typica*) cuando se omiten en la nutrición dos elementos esenciales simultáneamente.

### MATERIAL Y METODO

La investigación se realizó en condiciones de invernadero, en plantas de café de un año de edad, que habían crecido en el campo en bolsas de polietileno. Se siguió el método de trabajo (en el invernadero y en el laboratorio) descrito por CHAVERRI y CARVAJAL (3) y por CARVAJAL (1). Se estudió el comportamiento del cafeto cuando simultánea e individualmente se suprimen en la nutrición los nutrimentos calcio-boro, calcio-magnesio, calcio-potasio y potasio-magnesio. En el cuadro 1 aparece la composición química de los medios nutritivos que se emplearon. La rápida aparición de los síntomas típicos de la deficiencia de boro que se presentaron cuando se emitió este nutrimento sugirió la necesidad de mantenerlo en el medio respectivo en concentración baja (0.2 ppm) para evitar la supresión del crecimiento en los meristemas.

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

## CUADRO I

## Composición Química de las Soluciones Nutritivas

TRATAMIENTO (Carente de)	COMPUESTO	PARTES POR MILLON												
		N		P	K	Ca	Mg	S	Fe (como	B	Mn	Zn	Cu	Mo
		N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>						Sequestre ne Na- Fe*)	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>
Testigo (disolución nutritiva completa)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14		31					5	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01
	KNO <sub>3</sub>		84		234									
	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		112			160								
	MgSO <sub>4</sub>						48	64						
— (Ca-B)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14		31					5		0.5	0.05	0.02	0.01
	KNO <sub>3</sub>		84		234									
	HNO <sub>3</sub>		112											
	MgSO <sub>4</sub>						48	64						
— (Ca-Mg)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14		31					5	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01
	KNO <sub>3</sub>		56		156									
	HNO <sub>3</sub>		134											
	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>				78			64						
— (Ca-K)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14		31					5	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01
	HNO <sub>3</sub>		201											
	MgSO <sub>4</sub>						48	64						
— (K-Mg)	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	14		31					5	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01
	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		56			80								
	HNO <sub>3</sub>		112											
	CaSO <sub>4</sub>					80		64						

\* Producido por la casa Alrose Chemical Co.

## RESULTADOS

### SÍNTOMAS INCIPIENTES

Treinta días después de iniciado el experimento se notó que las plantas que se nutrían de las soluciones carentes en boro y calcio presentaban síntomas típicos de deficiencia de boro. Al añadir boro (0.2 ppm) se reanudó el crecimiento rápidamente, aunque sin dejar de aparecer puntos rojizos diseminados en las hojas tiernas y tejido suberoso en el envés de la vena central de las hojas (lo que indica que el nivel añadido resultaba aún insuficiente, condición deseable). En el tratamiento carente de potasio y calcio se observó que las plantas mostraban primero un amarillamiento en las hojas jóvenes al tiempo que adoptaban una forma cóncava. Cuando se suprimieron el potasio y el magnesio simultáneamente se notó que las hojas jóvenes alcanzaban mayor tamaño que las correspondientes a los testigos; en este estado las nervaduras permanecieron verdes, sobresaliendo de un fondo amarillento. Las plantas que se alimentaban de soluciones sin calcio y magnesio presentaban hojas en forma de cuchara. La sintomatología que exhibieron las plantas en esta primera fase experimental no es la misma que se observó cuando las deficiencias se acentuaron.

### DEFICIENCIA DE CALCIO Y BORO

Las hojas viejas de las plantas afectadas por esta deficiencia mostraron con el tiempo una clorosis en la base, adyacente a la vena central; la clorosis ocupaba aproximadamente la mitad de la lámina, y progresaba hacia el ápice, de adentro hacia afuera, dejando una zona verde a los lados (figs. 1, 2 y 3). La vena central y las secundarias cambiaron a un color grisáceo, con una banda adyacente color rosado, irregular pero bien delimitada. Unas hojas se tornaron coriáceas presentando la vena central formación parcial de tejido suberoso en el envés. Otras exhibieron una clorosis generalizada sin presentar una zona delimitante definida entre el color verde y el amarillo. En la clorosis basal la diferenciación entre la zona verde y la amarilla se notó muy drástica, presentando límites a manera de una línea recta. En las hojas jóvenes se observó una cierta flaccidez en los tejidos, los bordes corrugados, un color bronceado entre las venas y pequeños puntos necróticos diseminados en el limbo, cerca del ápice, principalmente en el haz. En algunas hojas jóvenes no hubo crecimiento sino deformación, con áreas necróticas angulares, de color pardo, principalmente en el envés, inducidas probablemente por la deficiencia de boro. Las plantas produjeron pocas yemas florales y el sistema radical fue ligeramente más pequeño que el del testigo (fig. 9).

### DEFICIENCIA DE CALCIO Y MAGNESIO

Las hojas de las plantas en cuya dieta se omitió el calcio y el magnesio mostraron una coloración amarillenta con áreas necróticas color pardo claro diseminadas en el limbo, sin llegar a interesar el borde apical (figs. 5 y 6). En este

estado las hojas mostraron tendencia a la abscisión produciéndose una defoliación casi total en las plantas. Las hojas jóvenes mostraron áreas necróticas de forma lobular en la base o en el centro, a menudo limitadas por un halo de color anaranjado y con las venas de un color blanco sucio (fig. 5). En algunos casos se presentó una necrosis de color café rojizo que avanzaba del ápice hacia la base. Se observó, asimismo, una clorosis lobular en ciertas hojas permaneciendo por lo general las nervaduras de color verde; generalmente estas hojas presentaron bordes muy irregulares y corrugados, con deformación especialmente en la cercanía del pecíolo. Con frecuencia se notó la formación de tejido suberoso en la vena principal. La diferenciación de yemas florales fue muy escasa; las plantas produjeron un sistema radical abundante, de color rojizo (fig. 10).

#### DEFICIENCIA DE CALCIO Y POTASIO

Las plantas que se alimentaron de soluciones carentes en calcio y potasio mostraron necrosis en el extremo apical (fig. 4); se tornaron cloróticas, presentando en las hojas adultas áreas de color rosado pajizo, ligeramente mate, especialmente en el tercio basal. Las nervaduras perdieron su color verde y cambiaron a un color blanco sucio. Las hojas jóvenes posteriormente exhibieron los mismos síntomas de las adultas pero menos acentuados. Estas últimas en algunos casos mostraron áreas necróticas pequeñas de color café rojizo diseminadas por el limbo sin llegar a interesar el envés. El crecimiento de las plantas en general fue anormal, permaneciendo más pequeñas que el testigo. Posteriormente las zonas rosadas cambiaron a anaranjado afectando todo el limbo. En general las hojas perdieron su brillo normal. La producción de yemas florales disminuyó bastante; el sistema radical se notó profuso, de color rojizo (fig. 12).

#### DEFICIENCIA DE POTASIO Y MAGNESIO

Las plantas en cuya dieta se omitió potasio y magnesio mostraron con el tiempo hojas jóvenes de mayor tamaño que las correspondientes al testigo (figs. 7 y 8). Se notó una necrosis en las puntas de las hojas viejas seguida de una clorosis bronceada, ambas separadas por un halo difuso de color anaranjado. La clorosis avanzaba en el limbo, dejando un límite indefinido con la zona normal verde claro cerca de la base. Algunas hojas viejas mostraron un retículo clorótico. Las hojas jóvenes presentaron una consistencia coriácea de bordes corrugados y con clorosis entre las venas, llegando a perder el color verde inclusive las venas más finas. Al contrario de las otras deficiencias descritas, este tratamiento produjo una buena cantidad de yemas florales. En general, las plantas mostraron un desarrollo normal, y las raíces, color pardo, fueron semejantes a las del testigo (fig. 13).

#### ANÁLISIS FOLIAR

El efecto de los tratamientos se estudió también con base en la composición química de las hojas, en las que se determinó cuantitativamente el

contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, manganeso, hierro y boro. Los resultados aparecen en el cuadro 2. En el tratamiento carente en calcio y boro se observa que hubo una redistribución del nitrógeno, de las hojas más afectadas por la deficiencia (viejas) hacia las jóvenes, ya que éstas mostraron un contenido más alto que en el testigo. El contenido de fósforo, magnesio y manganeso, aumentó considerablemente en estas plantas, aunque en especial el de hierro. Lo contrario se observó con el potasio, el calcio y el boro, cuya concentración fue más baja que en los testigos.

La omisión del calcio y del magnesio en la dieta produjo un aumento en la concentración del nitrógeno, fósforo, potasio y hierro en las hojas y una disminución de la del manganeso y del boro. El acumulamiento de nitrógeno en los primeros pares se notó inclusive mayor que en el tratamiento carente de calcio y boro. El potasio apareció en mayor concentración en todos los pares de hojas. Este tratamiento aparentemente provocó asimismo una reducción del acumulamiento de manganeso. En las hojas severamente afectadas por estas deficiencias se encontró un alto contenido de hierro (469 ppm). La deficiencia conjunta de calcio y potasio favoreció el acumulamiento en las hojas de fósforo, magnesio, manganeso y hierro. En el caso del boro resultó lo contrario. El potasio se distribuyó de manera uniforme en toda la planta, indicando una redistribución desde los tejidos viejos hacia los jóvenes. Las hojas que se formaron durante la permanencia de las plantas en el invernadero contenían algo de calcio (0.46 %). La ausencia de potasio y de magnesio en el substrato causó un ligero aumento en las concentraciones de nitrógeno, calcio y manganeso en las hojas. El fósforo, el magnesio y el boro permanecieron más o menos constantes. Sin embargo, a diferencia de los otros tratamientos, la concentración de hierro disminuyó bastante en prácticamente todas las hojas; el contenido permaneció constante desde el primer hasta el cuarto par de hojas.

## DISCUSION

La falta simultánea de dos elementos esenciales en la nutrición provoca en las plantas de café síntomas diferentes en comparación con el modelo que exhiben cuando se omite uno sólo. En el tratamiento — (Ca-B) se observó que los síntomas de la falta de boro aparecen primero, o sea, la detención del crecimiento y la formación de un tejido suberoso en la nervadura central del envés; sin embargo el hecho de haber añadido boro posteriormente, aunque en cantidades insuficientes, hizo que las plantas afectadas por este tratamiento mostraran al final características propias de la deficiencia combinada. En los tratamientos sin potasio y magnesio aparecieron síntomas asociados con la deficiencia de magnesio en las hojas viejas; posiblemente esto se debió a una redistribución del elemento hacia los tejidos jóvenes, aunque posteriormente se notó también en estos últimos. Esta hipótesis se explica con base en los resultados del análisis químico, que reveló una distribución uniforme de magnesio y potasio, tanto en hojas viejas como en jóvenes. La supresión del calcio y del magnesio provocó en un principio la formación de hojas nuevas en forma de cuchara, síntoma que ha sido asociado antes con la deficiencia de calcio (3).

## CUADRO II

*Composición Química de las Muestras Foliaras \**

Tratamiento	Par de hojas	Nitrógeno %	Fósforo %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	Manganeso ppm	Hierro ppm	Boro ppm
Testigo	primeros	3.08	0.10	2.67	1.48	0.21	88	77	50
	segundos	2.89	0.11	2.59	1.59	0.22	88	102	56
	terceros	2.77	0.10	2.27	1.51	0.23	69	56	62
	cuartos	2.75	0.11	2.25	2.00	0.23	88	66	68
	viejas	2.78	0.11	2.19	2.00	0.28	108	109	136
— (Ca-B)	primeros	3.36	0.13	2.18	0.20	0.35	145	138	20
	segundos	2.35	0.14	2.47	0.18	0.34	138	138	26
	terceros	2.40	0.15	2.22	0.44	0.30	194	148	30
	cuartos	2.41	0.20	1.88	0.59	0.29	231	189	44
	viejas	2.34	0.18	1.77	0.98	0.25	171	240	60
	con síntomas severos	1.22	0.19	1.44	1.50	0.29	216	240	53
	con síntomas leves	1.34	0.16	2.04	0.35	0.24	150	159	48
— (Ca-Mg)	primeros	3.43	0.21	3.50	0.05	0.04	8	112	29
	segundos	2.76	0.15	3.10	0.06	0.03	50	107	50
	terceros	2.67	0.13	3.00	0.14	0.02	69	107	100
	cuartos	2.51	0.12	2.90	0.13	0.02	69	168	83
	viejas	2.36	0.10	2.30	1.24	0.08	144	102	92
	con síntomas severos	1.81	0.20	2.70	0.79	0.05	303	469	80
	con síntomas leves	1.39	0.11	2.75	0.32	0.03	33	204	36

— (K-Ca)	primeros	2.05	0.23	0.79	0.46	0.26	213	117	27
	segundos	2.08	0.29	0.73	0.62	0.28	266	122	39
	terceros	1.78	0.32	0.74	0.80	0.28	275	163	51
	cuartos	1.28	0.23	0.77	0.87	0.28	166	204	49
	viejas	1.13	0.33	0.93	1.14	0.27	260	184	60
	con síntomas severos	1.14	0.33	0.73	1.69	0.24	231	224	55
	con síntomas leves	1.14	0.36	0.77	1.40	0.21	213	204	86
— (K-Mg)	primeros	3.56	0.13	0.75	1.31	0.03	90	49	59
	segundos	3.56	0.13	0.54	1.70	0.03	100	47	58
	terceros	3.29	0.13	0.52	1.74	0.02	113	47	66
	cuartos	3.20	0.13	0.48	1.73	0.03	128	47	81
	viejas	3.10	0.12	0.39	2.18	0.06	135	61	108
	con síntomas severos	2.71	0.10	0.32	4.44	0.11	185	117	73
	con síntomas leves	2.58	0.14	0.58	1.77	0.02	100	46	65

\* Los datos se expresan en base seca; indican el promedio de análisis duplicados.

La defoliación que ocurrió posteriormente en estas plantas se asocia quizá con la deficiencia de magnesio (1). Los síntomas que exhibieron las plantas cuando se omitió el potasio además del calcio son diferentes a los previamente descritos individualmente cuando falta cada uno de los elementos por separado. Lo mismo puede decirse con respecto a los síntomas que se observan al final en el resto de los tratamientos. Inicialmente, la deficiencia de alguno de los dos elementos se hizo notar primero. Sin embargo, a medida que el tiempo transcurrió la sintomatología que exhibieron las plantas permitió observar modelos que aún no han sido descritos como correspondientes a la deficiencia de ningún nutrimento por separado. El crecimiento desmesurado de las hojas jóvenes, así como la clorosis que se observó en este tratamiento, ya había sido descrito como síntoma asociado con la deficiencia de potasio (1).

El análisis químico reveló que los tratamientos provocaron un desequilibrio en la concentración relativa de los distintos nutrimentos. En general se puede afirmar que la ausencia de algunos cationes en el substrato favoreció la acumulación de otros. Esto se observó en todos los tratamientos, donde, con ciertas excepciones, existe mayores concentraciones de magnesio, manganeso, potasio y hierro. Entre los distintos tratamientos el único anión limitante fue el  $\text{HBO}_3^-$ , pero las cantidades presentes de éste en la disolución nutritiva completa son ínfimas comparadas con el resto de aniones que forman parte del equilibrio iónico y no fue posible observar ningún efecto de competencia entre ellos.

Algunos tratamientos causaron una traslación de elementos. El nitrógeno en las plantas carentes de calcio y boro, lo mismo que en aquellas sin calcio y magnesio, alcanzó valores más altos que el testigo en los primeros pares, pero menores en las hojas viejas; similarmente, el potasio se distribuyó uniformemente en las plantas carentes de potasio y calcio y también en las plantas de los tratamientos sin potasio y magnesio. El caso más especial fue el del calcio; aunque este elemento se ha reportado como inmóvil, se observó cierta redistribución hacia los tejidos jóvenes en las plantas que crecían en disoluciones nutritivas carentes de calcio-boro y potasio-calcio; en contraposición con lo que se encontró en las plantas sin calcio y magnesio, donde la concentración de calcio en los mismos tejidos apareció baja.

## RESUMEN

Se presenta un estudio de los síntomas de deficiencia que exhibe la planta de café cuando se omiten simultáneamente dos elementos esenciales en la nutrición.

Las plantas experimentales (*Coffea arabica* var. *typica*), crecieron en el campo por un período de un año en bolsas de polietileno y luego se trasplantaron a disoluciones nutritivas en el invernadero con el solo propósito de estudiar los síntomas de deficiencia.

Se describen los síntomas de deficiencia cuando en el medio nutritivo se omiten, simultánea e individualmente, dos nutrimentos esenciales: calcio-boro,



calcio-magnesio, magnesio-potasio, potasio-calcio. Se discute el efecto de los tratamientos respectivos sobre el acumulamiento de elementos en las hojas, la absorción diferencial de cationes y la redistribución de los elementos a partir de los tejidos jóvenes.

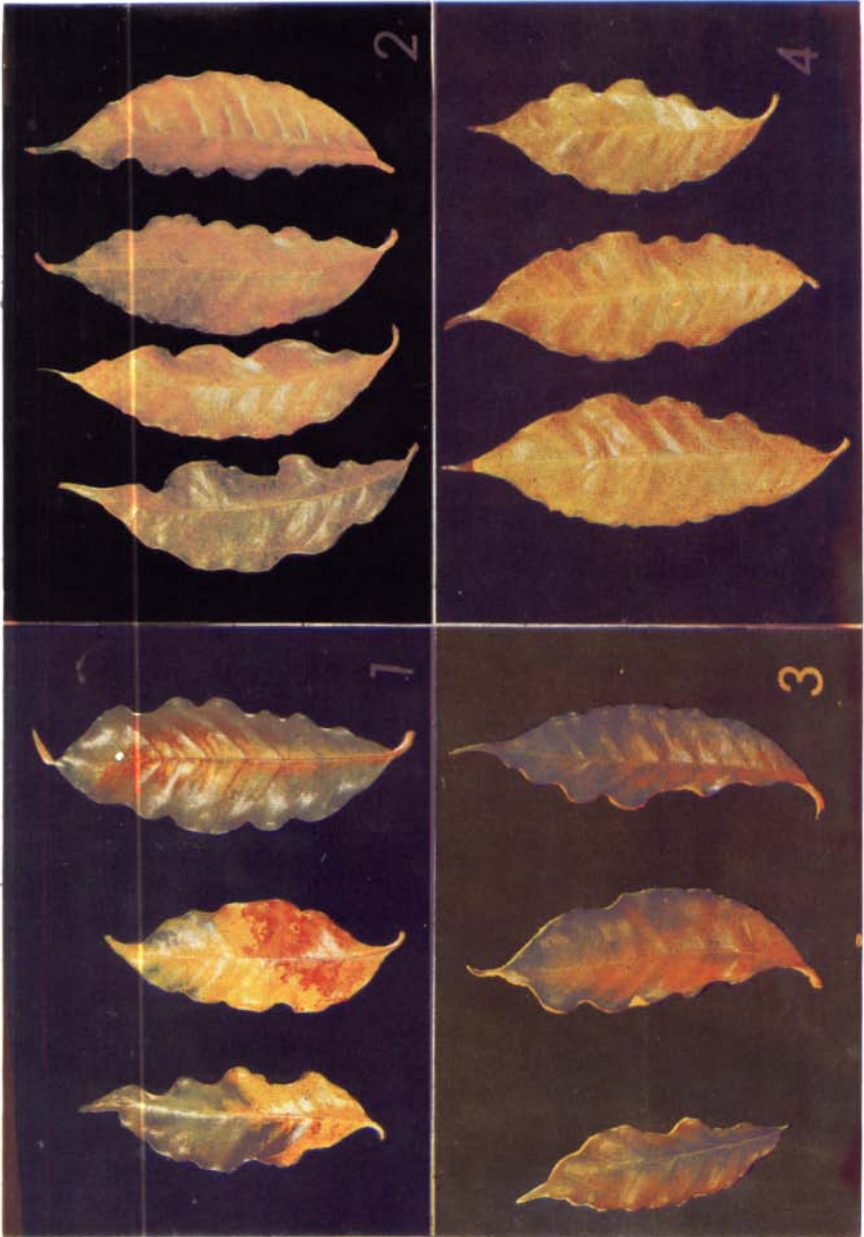
### SUMMARY

Deficiency symptoms shown by coffee plants, when two essential nutrient elements are withheld, are described. Test plants (*Coffea arabica* var. *typica*) were grown in the field in polyethylene bags for a year, then transplanted to nutrient solutions in the greenhouse. Symptoms are described for calcium-boron, calcium-magnesium, magnesium-potassium, and potassium-calcium deficiencies. The effect is discussed of the respective treatments on element accumulation in the leaves, differential cation absorption, and translocation of elements.

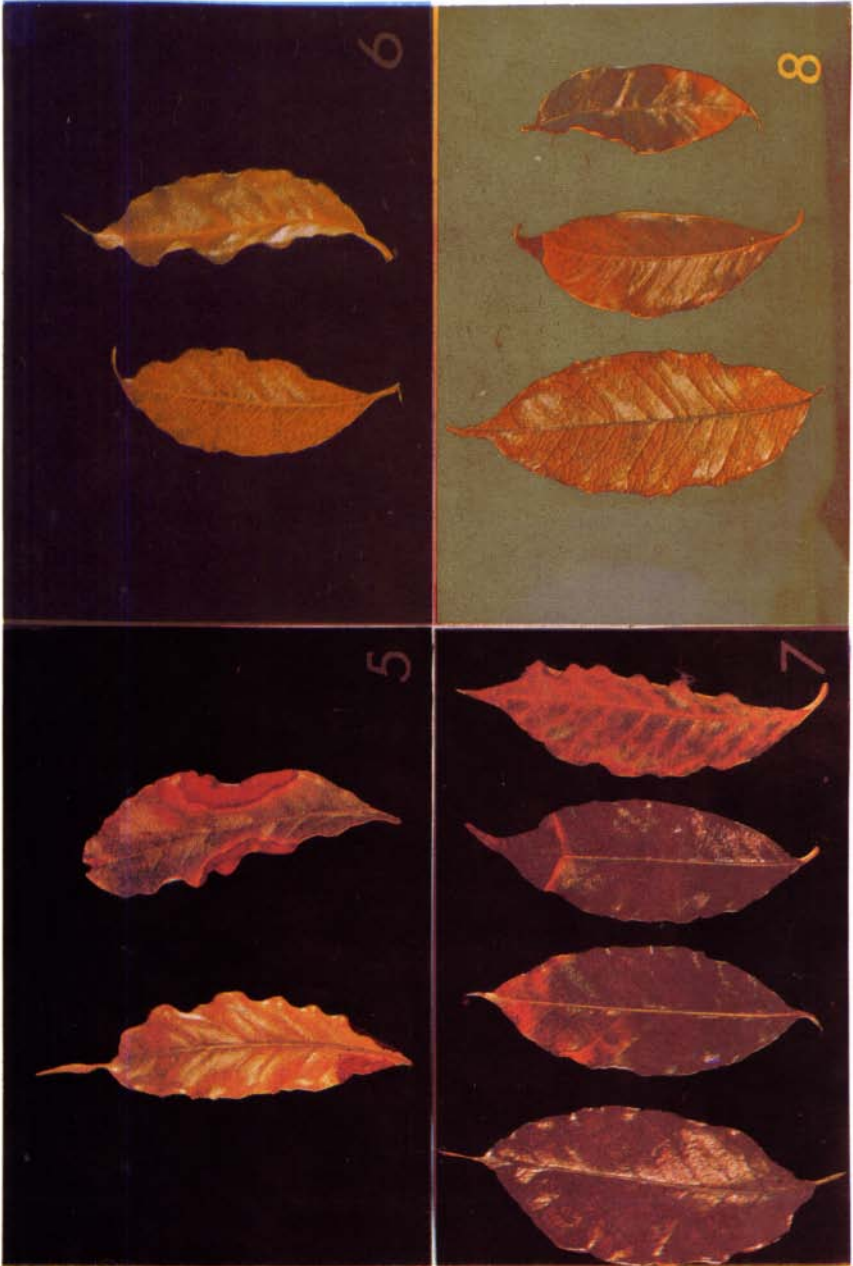
### REFERENCIAS

1. CARVAJAL, J. F.  
1960. Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso en plantas de café. *Rev. Biol. Trop.* 8: 165-179.
2. 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.
3. CHAVERRI, G. & J. F. CARVAJAL  
1959. Síntomas de deficiencia de los elementos fósforo, calcio, azufre y hierro en el café producido en invernadero. Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. 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. LOUE, A.  
1957. Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in the Ivory Coast. International Potash Institute. Berne, 68 pp.
6. OCHAVILLO, E. A.  
1956. Responses of coffee to deficiency of various elements in the culture medium. *Philippine Agriculturist* 40: 315-334.

- Figs. 1-2-3. Diferentes modelos asociados con el síntoma de la deficiencia combinada de calcio y boro en hojas de café.
- Fig. 4. Síntoma de deficiencia conjunta de calcio y potasio en hojas de café.



- Figs. 5-6. Síntomas de la deficiencia combinada de calcio y magnesio en hojas de café. Nótese la forma en que se presenta la necrosis.
- Figs. 7-8. Diversos modelos del síntoma de deficiencia conjunta de potasio y magnesio.



Figs. 9-10-11-12-13. Sistema radical representativo de los tratamientos — (Ca-B), — (Ca-Mg), Testigo, — (Ca-K) y — (K-Mg), respectivamente.

