# RESPUESTA DEL CAFETO A LA MODIFICACION DE LOS COCIENTES CATIONICOS EN EL SUELO EN DOS ZONAS CAFETALERAS DE COSTA RICA<sup>1/\*</sup>

Floria Bertsch \*\*

Carlos Henríquez \*\*

Gilberto Cabalceta \*\*

## **ABSTRACT**

Response of coffee trees to modifications in the basic cation saturation ratios in soils of two coffee-growing regions of Costa Rica. The effect on coffee yields of modifications in the Ca, Mg and K saturation ratios in the soil was tested under field conditions, by means of K and Mg applications. Four experiments were set up in coffee plantations, two in soils of Hojancha (Guanacaste Province) showing Mg/K imbalance due to low K levels, and two in Santo Domingo (Heredia Province) and La Unión (Cartago Province) where the Mg/K imbalance was due to low Mg levels. Treatments consisted of percentual modifications of the initial Mg/K ratio values in each soil, by means of adding either Mg or K. For soils with Mg problems, the Mg doses aimed at 0, 20, 40 and 60% decrease of same ratio. Two coffee harvests were evaluated and soil and foliar analyses were run at the start and one year after the applications. It was not possible to establish a clear and direct effect upon yield of the soil cation balance, as given by the Mg/K ratio; therefore, it is suggested that a more caution use be made of the cation rates or relationships as the sole criteria, for diagnosing nutrition problems and, above all, as tools for calculating dosages of potassic or magnesium fertilizers. Considering the absolute cation contents, as well as their relation to critical levels, could prove better criteria when interpreting the cationic nutritional situation. The results of the soil analyses showed a low residual effect of even heavy K and Mg additions; their effect had virtually disappeared after one year.

## INTRODUCCION

Resultados de análisis de suelos de rutina en diferentes cantones de Costa Rica han indicado cocientes de bases (Mg/K, Ca+Mg/K, Ca/Mg y

Ca/K) bajos y altos, respecto a los óptimos sugeridos por algunos autores para suelos de Costa Rica (Briceño, 1970; Briceño y Carvajal, 1973; Carvajal, 1978; 1985a; 1985b; Bertsch, 1986). Esto refleja una aparente condición de "desequilibrio catiónico", cuya repercusión en la nutrición de cultivos merece ser analizada.

En algunas zonas del Valle Central, este estado aparente de desequilibrio se ocasiona por el bajo tenor de Mg con respecto a K y Ca, debido principalmente a la fuerte fertilización potásica; en otras zonas fuera del Valle, los problemas son de diferente naturaleza y las cantidades de K son muy bajas con respecto al Mg, debido, entre otros factores, a los bajos contenidos de K en el mate-

<sup>1/</sup> Recibido para publicación el 11 de diciembre de 1990.

<sup>\*</sup> Financiado por el Instituto de la Potasa y el Fosfato (PPI).

<sup>\*\*</sup> Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. La primera autora es miembro del Programa de Apoyo Finaciero a Investigadores Científicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) de Costa Rica.

rial parental, a la baja fertilización, a condiciones de clima, etc.

Dada la influencia importante que las interacciones entre Ca, Mg y K tienen sobre el desarrollo vegetal (Loue, 1982; Mortvedt y Khasawneh, 1986; Ologunde y Sorensen, 1982), los cocientes catiónicos han sido utilizados para interpretar los análisis de suelo y como guías para elaborar recomendaciones de fertilización (Rosolem et al., 1984; McLean, 1977; Carvajal 1985a y 1985b). Sin embargo, la mayor parte de la literatura indica que las correlaciones entre estos índices en el suelo y el rendimiento, son bajas, y más bien, pueden provocar pérdidas económicas si los problemas son enfocados prioritariamente de esta forma (Eckert y McLean, 1981; Liebhardt, 1981; McLean y Carbonell, 1972: Olson et al., 1982; McLean et al., 1982; 1983).

Eckert y McLean (1981) y Foy y Barber (1958) encontraron que el balance de cationes en el suelo no fue importante excepto para valores extremos, en donde los excesos de un elemento provocaron efectos antagónicos en la absorción de otro. Olson et al. (1982) no encontraron bases agronómicas ni económicas que respalden la validez del balance entre bases. Por su parte, Hossner y Doil (1970) encontraron respuestas más congruentes, en donde los rendimientos disminuyeron a valores de Mg/K menores de 0,8.

Estudios recientes realizados en invernadero con suelos de Costa Rica, demostraron la escasa consistencia que se presenta entre la corrección directa del cociente Mg/K en el suelo y la respuesta del cultivo, tanto cuando se adicionó K (Henríquez et al., 1989) como cuando se corrigió el cociente aplicando Mg (Arguedas, 1990).

Las calibraciones de invernadero representan una gran ayuda para detectar la existencia y gravedad de ciertos problemas en el suelo, sin embargo, pueden enmascarar algunos resultados. Los datos obtenidos de esta forma no pueden ser concluyentes, ya que el crecimiento en invernadero ocurre en un período muy corto y sin influencia de las condiciones climáticas; además, se utiliza un volumen de suelo muy pequeño que ocasiona una concentración de raíces excesivamente alta en comparación con las condiciones de campo. Es necesario, por lo tanto, mantener cierta reserva al utilizar resultados de invernadero como base para la interpretación de los análisis de suelo. Las pruebas de campo aportan resultados más reales y de más aplicabilidad en la mayoría de condiciones, aunque el manejo de las variables es más difícil y el costo de los experimentos es más alto.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar, en el campo, sobre el rendimiento de café, el efecto de la modificación de los estados de equilibrio entre Ca, Mg y K en el suelo, mediante la aplicación de K y Mg, con el fin de verificar los resultados obtenidos con anterioridad en condiciones de invernadero.

## **MATERIALES Y METODOS**

Se realizó un muestreo en 15 lugares de Costa Rica cuyos análisis de suelo presentaron problemas de Mg o K debido, principalmente, a desequilibrios entre los cationes Mg y K, estimados mediante los cocientes o relaciones Mg/K y Ca+Mg/K.

Dentro de esos sitios se eligieron 2 fincas con problemas de Mg y 2 con problemas de K, para realizar una prueba de campo. Las fincas correspondían a cafetales establecidos, con condiciones de manejo, clima y altitud diferentes. Las ubicación y características de los suelos de las 4 fincas se presentan en el Cuadro 1. Estudios similares para estos mismos suelos fueron hechos en condiciones de invernadero por Henríquez et al. (1989) y Arguedas (1990).

## Diseño experimental

En cada finca se eligió un área de características homogéneas. Se ubicaron parcelas de 50 m² para cada tratamiento, separadas por un borde y repartidas en un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones; los árboles de cada parcela fueron identificados para definir la parcela útil de cosecha. Las prácticas normales de cultivo quedaron en manos del propietario de cada finca.

## **Tratamientos**

Como lo que se pretendía era corregir los desequilibrios catiónicos, los tratamientos fueron deducidos del cociente Mg/K de acuerdo a una modificación porcentual de su valor, por lo que las cantidades de Mg y K agregadas en cada tratamiento fueron diferentes en cada finca.

Para los suelos con problemas de Mg, se aplicaron 4 dosis de Mg que correspondieron a modificaciones de un 0, 50, 100 y 200% del valor del Mg/K. Para los suelos con problemas de K las 4 dosis aplicadas correspondieron a 0, 20, 40 y

Provincia		Cantón		Fin	ca	Altura (msnm)		Precip. (mm)		Clasificación		
Cartago La		Santo Do	Santo Domingo		Tournón		1350		1350		Andisol	
		La Unión Hojancha		Bella Vista El Palmar San Gerardo		1250 600 350		2500 1500 1500		Andisol Inceptisol Inceptisol		
												Guanacaste
	pH <sub>KC</sub> 1	M.O.	Acidez									Ca
		%		ст	cmol(+)/L		mg/L		mg/L			
Toumón	4,6	7,5	1,41	1,8	1,5	0,97	78	14	391	11	6	
Bella Vista	4,5		0,62	8,7	1,0	1,13	116	18	127	4	6	
El Palmar	4,4	6,1	0,10	14,4	7,9	0,29	14	27	262	25	15	

9,6

Cuadro 1. Ubicación y características de los suelos de las fincas estudiadas.

60% de modificación del cociente. El detalle del cálculo de estas dosis se resume en el Cuadro 2.

5.1

0,20

18,0

El producto fertilizante utilizado, MgO y KCl, respectivamente, se distribuyó superficialmente en la zona de fertilización, cubriendo los 50 m<sup>2</sup> de la parcela. Se realizó una única aplicación al inicio de las lluvias.

## Muestreo

San Gerardo

4.6

Los muestreos de suelo y foliares fueron realizados al inicio del experimento y un año después de aplicados los tratamientos, durante el mes de julio. Las muestras de suelo fueron recogidas en la banda de fertilización abarcando un mínimo de 20 submuestras para cada parcela experimental. Las muestras foliares fueron tomadas del tercer par de hojas desarrolladas, de las bandolas del segundo tercio de la planta de café (Carvajal, 1985b).

## Análisis de laboratorio

Las muestras de suelo y de planta, se sometieron a los análisis de rutina en los laboratorios del Centro de Investigaciones Agronómicas (Universidad de Costa Rica), que consisten en la determinación de: pH en agua y KCl (1:2,5); acidez intercambiable (KCl 1N-titulación con NaOH); Ca y Mg (KCl 1N-absorción atómica); K (Olsen modificado-fotómetro de llama); P (Olsen modificado-colorímetro); Mn, Zn, Cu y Fe (Olsen modificado-absorción atómica); materia orgánica (método de Walkley y Black) (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

A las muestras foliares, se les determinó: Ca, Mg, K, Fe, Mn, Zn y Cu (digestión con mezcla nitroperclórica-absorción atómica) y P (digestión nitroperclórica-colorímetro).

19

193

43

9

15

## Cosecha

0,26

Se evaluaron 2 cosechas, durante los períodos 87/88 y 88/89. Cada cosecha de café constó de 3 subcosechas (granea, intermedia y repela); sin embargo, en algunos casos no se pudo evaluar los datos totales de algunas fincas. La cantidad de árboles de café por parcela fue diferente en una y otra zona, por variaciones en clima y por el tipo de manejo llevado a cabo en cada finca; sin embargo, en congruencia con el criterio de estimación de producción utilizado a nivel nacional, se consideró el rendimiento/área como la variable principal.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Para todo el país, el período 88/89 presentó, en general, mejores producciones de café que el período 87/88, de ahí las diferencias entre años, que se presentan en todas las fincas.

Por otro lado, existen diferencias importantes en los patrones de producción entre la zona representada por las fincas con problemas de Mg (Tournón y Bella Vista) y la de fincas con problemas de K (San Gerardo y El Palmar). La primera, ubicada en el Valle Central, se caracteriza por poseer muy buenos rendimientos/ha debido a las condiciones más adecuadas de clima, altitud, densidad de siembra, aspectos socioculturales y asistencia técnica de la zona; la segunda, Hojancha, fuera del Valle Central, es considerada una zona

Cuadro 2. Dosis de Mg y K aplicadas a los 4 suelos cafetaleros con desequilibrios catiónicos y sus cambios respectivos en el cociente Mg/K.

Suelo		Tra	tamientos	
	0	1	2	3
Suelos con problemas en Mg				
Tournon				
Mg/K original	1,55	-	-	<u>-</u>
cmol (+) Mg/L aplicados	•	0,36	0,72	1,44
kg Mg/ha aplicados	-	86,4	172,8	345,6
Mg/K esperado	1,55	1,92	2,28	3,03
Mg/K encontrado	1,80	2,20	2,60	2,50
Bella Vista				
Mg/K original	0,88	-	-	_
cmol (+) Mg/L aplicados	•	0,53	1,05	2,10
kg Mg/ha aplicados	-	127,2	252,0	504,0
Mg/K esperado	0,88	1,35	1,81	2,74
Mg/K encontrado	1,90	3,60	2,90	1,90
Suelos con problemas en K				
El Palmar				
Mg/K original	27,24	-	<u>-</u>	_
cmol(+) K/L aplicados	•	0,06	0,15	0,35
kg K/ha aplicados	-	46,8	117,0	273,0
Mg/K esperado	27,24	22,57	17,95	12,34
Mg/K encontrado	24,00	15,50	16,90	16,50
San Gerardo				
Mg/K original	36,92	_	_	_
cmol(+) K/L aplicados	•	0,12	0,31	0,71
Kg K/ha aplicados	<b>-</b>	93,6	241,8	553,8
Mg/K esperado	36,92	25,26	16,89	9,90
Mg/K encontrado	24,80	22,80	28,50	10,00

cafetalera marginal, de reciente expansión pero con bajos niveles de producción/ha.

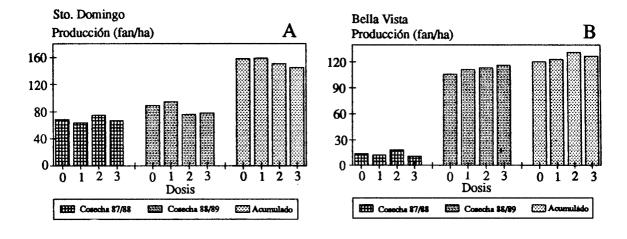
# Rendimiento

La Figura 1 permite comparar los rendimientos de cada uno de los tratamientos de "corrección del desequilibrio" en las 4 fincas, durante las 2 cosechas evaluadas.

En general, como indicaron los análisis estadísticos y se puede observar en la Figura 1, las diferencias entre tratamientos no fueron significativas y principalmente, no mostraron una tendencia definida (ascendente o decreciente) a las aplicaciones de K o Mg, que en este caso concreto correspondieron a la corrección de los desequilibrios de bases, salvo en la Finca San Gerardo (Figura 1D), donde la respuesta a K para el período 87/88 fue clara.

Dadas las características del cafeto como cultivo perenne de producción anual, que distribuye sus esfuerzos metabólicos entre el llenado del 
grano de la cosecha inmediata y el desarrollo del 
material vegetativo que sustentará la floración y 
fructificación del año siguiente, se considera que 
los efectos de una fertilización son más justamente 
evaluados en la segunda cosecha después de la 
aplicación. De ahí que en este experimento se confirió mayor énfasis a los resultados de la cosecha 
88/89.

En esta segunda cosecha (Figura 1) las dosis más bajas de Mg aplicadas a los suelos de las fincas de Tournón y Bella Vista (86,4 y 127,2 kg



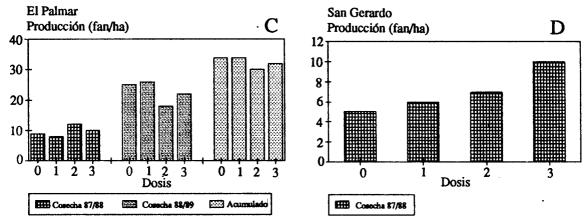


Fig. 1. Rendimientos obtenidos en cuatro fincas a través de dos cosechas y sus acumulados.

Mg/ha, respectivamente), ejercieron un efecto positivo sobre la producción de café. En términos económicos, aumentos de rendimiento de un 4-6%, que corresponden a 5-6 fan/ha, en fincas de alta productividad como las presentes (90-100 fan/ha/año, en promedio) cubren holgadamente los gastos de la aplicación de dosis de Mg menores de 100 kg/ha.

De manera general, los rendimientos en los suelos con problemas de K fueron radicalmente menores a los obtenidos en los suelos con problemas de Mg. De estos suelos, la finca San Gerardo presentaba una tendencia en el primer

año (cosecha 87/88), que señalaba aumentos progresivos de producción según los aumentos de K hasta duplicar la producción con la dosis más alta (554 kg K/ha), sin embargo, estos resultados no se pudieron verificar al año siguiente por problemas en la evaluación de la cosecha.

En la finca El Palmar no se manifestó ninguna tendencia definida. Los coeficientes de variación en esta parcela, por el tipo de manejo poco intensivo practicado en dicha plantación, fueron bastante altos, entre 20 y 55%.

Como se puede constatar comparando los Cuadros 3 y 4, se logró una mejor interpretación

de las tendencias de rendimiento al usar los valores absolutos de K y Mg de las 4 fincas, que con los valores de los cocientes.

Todo lo anterior significa que la influencia de los equilibrios catiónicos del suelo -expresados por medio del cociente Mg/K- sobre el rendimiento, no es directa ni de primer orden, y establecer dosificaciones de fertilización de K o Mg con base en ese cociente como criterio principal, resulta poco acertado porque no considera las necesidades y respuestas reales y, posiblemente, será poco remunerativo. Es probable que otros factores que no fueron considerados en este estudio, como son los valores absolutos de las bases, actúen como responsables de mayor prioridad sobre las respuestas nutricionales.

Lo anterior corrobora también, lo encontrado por la mayoría de los autores (Eckert y McLean, 1981; Libhardt, 1981; Olson *et al.*, 1982; McLean *et al.*, 1982; Hossner y Doil, 1970) sobre lo inexacto e inseguro que es realizar recomendaciones de fertilización con base en los cocientes o relaciones catiónicas.

# Análisis de suelo y planta

Suelo. En el Cuadro 4 se presentan los análisis de suelos para Ca, Mg y K realizados antes de aplicar y al año de aplicados los tratamientos.

Como se puede observar, en los 2 suelos del Valle Central, para estas fechas, los efectos de las fuertes aplicaciones de Mg al suelo, (entre 80 y 500 kg de Mg/ha, aproximadamente), resultaron casi imperceptibles. La alta lixiviación que ocurre en estos suelos, el programa intensivo de fertilización que incluye más K que Mg al que están sometidos, y la alta tasa de absorción de nutrimentos que debe ocurrir en estos cafetales para alcanzar los altos rendimientos que producen, favorecen o propician un reacomodo rápido y global de los cationes en el complejo de cambio de estos suelos, de modo que no es posible detectar en el análisis de suelo las adiciones fuertes de Mg al cabo de un año. Ligado a esto, un año después, el comportamiento del cociente Mg/K resultó aún más errático.

En el caso de las 2 fincas de Hojancha, la situación fue un poco más consistente. Los contenidos de K mostraron un aumento leve pero gradual de acuerdo a las dosis y, a pesar de algunas variaciones poco justificables en el Mg disponible, el cociente Mg/K disminuyó progresivamente a niveles semejantes a los esperados, y permaneció como tal aún un año después.

Estos resultados de análisis de suelos demuestran que, a nivel de campo, el efecto residual de los tratamientos con Mg y K en estos suelos es bajo, por lo que no es posible garantizar la permanencia de los cambios producidos por las adiciones crecientes de Mg y K (para modificar el cociente Mg/K) sobre la cantidad disponible de estos elementos detectada en laboratorio, ni siquiera por un año.

Planta. Como se puede observar en el Cuadro 5, los problemas del desquilibrio Mg/K en el suelo se manifestaron de manera consistente como deficiencias en los contenidos foliares de K, sólo al inició del experimento en los suelos de Hojancha.

Los suelos con aparente problema de Mg por desequilibrio con K (Tournón y Bella Vista), no mostraron dicho efecto en el análisis foliar inicial, sino más bien, presentaron niveles medios de Mg y en el caso de Bella Vista, el Ca y el K aparecieron bajos.

Depués de los tratamientos, los contenidos foliares de Mg en Tournón y Bella Vista se elevaron o al menos se mantuvieron, y los bajos contenidos de K en El Palmar y San Gerardo, pasaron a ser medios (Carvajal, 1985). Sin embargo, en ningún caso se presentó un incremento estrictamente proporcional a las dosis aplicadas. En términos de equilibrios, los suelos fertilizados con Mg no presentaron modificaciones importantes en los valores de la relación K/Mg en la planta, debido a las fuertes aplicaciones rutinarias de K que también reciben estas fincas. En los suelos en que se aplicaron dosis de K (El Palmar y San Gerardo) se alcanzaron, en términos generales, equilibrios foliares K/Mg nutricionalmente más balanceados.

En resumen, los resultados de este experimento así como las evidencias de invernadero obtenidas con anterioridad, permiten sugerir un uso más cuidadoso de los cocientes o relaciones catiónicas como criterio único e independiente de diagnóstico de problemas nutricionales de bases, y sobretodo, como herramienta para la dosificación de fertilizantes potásicos o magnésicos. Atender los contenidos absolutos de los cationes y su relación con los niveles críticos respectivos podrían resultar mejores criterios para efectuar una buena interpretación de la situación nutricional catiónica. También, es evidente que resulta fundamental, para trabajos futuros, enfocar este tipo de estudios por grupos de suelos con características mineralógicas definidas.

Cuadro 3. Rendimiento de café obtenido en 4 fincas con problemas de equilibrios catiónicos.

Finca	Cosecha	Tratamiento		α=0,10	C.V.		
			kg/parcela 50 m²	kg/ha	fan/ha		
Tournón	87/88	Testigo	89,67	17933	69	n.s.	13%
101111011	0,,00	1 Mg	82,80	16560	64		
		2 Mg	97,75	19550	75		
		3 Mg	87,48	17497	67		
	88/89	Testigo	115,87	23174	89	•	13%
	00,07	1 Mg	123,87	24774	95	AB	
		2 Mg	98,37	19674	76	В	
		3 Mg	101,40	20280	78	AB	
Bella Vista	87/88*	Testigo	18,80	3760	14	n.s.	33%
Della Visia	07/00	1 Mg	15,83	3167	12		
		2 Mg	23,73	4747	18		
		3 Mg	13,65	2730	11		
	88/89	Testigo	138,27	27654	106	n.s.	6%
	00,07	1 Mg	144,40	28880	111		
		2 Mg	144,70	28940	113		
		3 Mg	151,17	30234	116		
El Palmar	87/88	Testigo	12,02	2403	9	n.s.	54%
Et I atmar	07700	1 K	10,55	2110	8		2
		2 K	15,03	3007	12		
		3 K	13,33	2667	10		
	88/89	Testigo	32,13	6427	25	n.s.	23%
	00/07	1 K	34,30	6860	26		
		2 K	23,87	4773	18		
		3 K	28,73	5747	22		
San Gerardo	87/88*	Testigo	5,93	1187	5	n.s.	37%
sun Gerarao	01100	1 K	7,33	1467	6		
		2 K	8,48	1697	7		
		3 K	13,02	2603	10		

Se carece de datos parciales para este período.

## RESUMEN

Se evaluó, bajo condiciones de campo, el efecto de la modificación de los estados de equilibrio entre Ca, Mg y K en el suelo, mediante la aplicación de K y Mg, sobre el rendimiento del café.

Se establecieron 4 experimentos en cafetales en producción, 2 cuyos suelos presentaban desequilibrios Mg/K debidos a niveles bajos de K, en Hojancha, Guanacaste, y otros 2 cuyo desequilibrio Mg/K se debía a niveles bajos de Mg, ubicados en Santo Domingo, Heredia y La Unión, Cartago.

Los tratamientos consistieron en modificaciones porcentuales del valor inicial del cociente Mg/K de cada suelo, mediante adiciones de diferente magnitud de Mg o K. Para los suelos con problemas de Mg, se aplicaron 4 dosis de Mg que correspondieron a modificaciones de un 0, 50, 100 y 200% del valor del Mg/K. Para los suelos con problemas de K las 4 dosis aplicadas correspondieron a 0, 20, 40 y 60% de modificación del

cociente. Se evaluaron 2 de cosechas de café, y se realizaron análisis de suelos y foliares al inicio y al año de las aplicaciones.

No fue posible establecer una influencia clara y directa de los equilibrios catiónicos del suelo -expresados por medio del cociente Mg/K-sobre el rendimiento, por lo tanto, resulta pertinente sugerir un uso más cuidadoso de los cocientes o relaciones catiónicas como criterio único e independiente de diagnóstico de problemas nutricionales de bases, y sobretodo, como herramienta para la dosificación de fertilizantes potásicos o magnésicos. Atender los contenidos absolutos de los cationes y su relación con los niveles críticos respectivos podrían resultar mejores criterios para efectuar una buena interpretación de la situación nutricional catiónica.

Los resultados de los análisis de suelos mostraron el bajo efecto residual de las aplicaciones fuertes de K y Mg al suelo. Un año después sus efectos prácticamente habían desaparecido.

<sup>\*\*</sup> Se carece de los datos de la cosecha 1988/89.

Cuadro 4. Contenidos de Ca, Mg y K, en el suelo a través de dos muestreos en las 4 localidades estudiadas.

Finca	Tratamiento (kg/ha)	Ca	Mg cmol(+)/L	K	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
Tournón	Inicial	1,8	1,5	0,97	1,5	3,4	1,9
• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	Testigo	1,7	0,8	0,44	1,8	5,7	3,9
	86 Mg	1,1	0,8	0,37	2,2	5,1	3,0
	173 Mg	1,0	1,0	0,38	2,6	5,3	2,6
	346 Mg	1,3	1,0	0,40	2,5	5,8	3,3
Bella Vista	Inicial	8,7	1,0	1,13	0,9	8,6	7,7
2002 / 2012	Testigo	11,7	1,9	1,02	1,9	13,3	11,5
	127 Mg	10,7	2,7	0,76	3,6	17,6	14,1
	252 Mg	13,0	2,5	0,86	2,9	18,0	15,1
	504 Mg	6,9	1,9	0,98	1,9	9,0	7,0
El Palmar	Inicial	14,4	7,9	0,29	27,2	76,9	49,7
	Testigo	18,0	7,2	0,30	24,0	84,0	60,0
	47 K	15,1	6,8	0,44	15,5	49,8	34,3
	117 K	20,0	7,1	0,42	16,9	64,5	47,6
	273 K	16,9	7,1	0,43	16,5	55,8	39,3
San Gerardo	Inicial	18,0	9,6	0,26	36,9	106,2	69,2
	Testigo	15,6	6,2	0,25	24,8	87,2	62,4
	94 K	21,8	7,3	0,27	27,0	90,9	68,1
	242 K	15,5	7,7	0,32	24,0	85,9	57,4
	554 K	16,3	6,4	0,64	10,0	35,5	25,5

Cuadro 5. Contenidos de Ca, Mg y K, en hojas de café a través de 2 muestreos en las 4 localidades estudiadas.

Finca	Tratamiento	Ca	Mg	K	K/Mg	K/Ca+Mg	K/Ca
	(kg/ha)						
Tournón	Inicial	1,65 M	0,33 M	1,90 M	5,8	1,0	1,2
	Testigo	1,42 M	0,32 M	2,33 M	7,3	1,3	1,6
	86 Mg	1,85 A	0,43 A	2,14 M	5,0	0,9	1,2
	173 Mg	1,46 M	0,33 M	2,16 M	6,5	1,2	1,5
	346 Mg	1,50 M	0,39 A	2,15 M	5,5	1,1	1,4
bella Vista	Inicial	1,01 B	0,23 M	1,60 B	7,0	1,3	1,6
	Testigo	1,65 M	0,29 M	1,93 M	6,7	1,0	1,2
	127 Mg	1,75 A	0,30 M	1,93 M	6,4	0,9	1,1
	252 Mg	1,75 A	0.30 M	1,83 M	6,1	0,9	1,0
•	504 Mg	1,68 M	0,30 M	1,93 M	6,4	1,0	1,0
El Palmar	Inicial	1,44 M	0,67 A	1,25 B	1,9	0,6	0,9
	Testigo	1,10 M	0,42 A	2,37 M	5,6	1,6	2,2
	47 K	1,12 M	0,43 A	2,17 M	5,0	1,4	1,9
	117 K	1,10 M	0,41 A	1,97 M	4,8	1,3	1,8
	273 K	1,04 B	0,40 A	2,00 M	5,0	1,4	1,9
San Gerardo	Inicial	1,98 A	0,47 A	1,35 B	2,9	0,6	0,7
	Testigo	1.03 B	0.48 A	1,75 M	3,6	1,2	1,7
	94 K	1,22 M	0.43 A	1,97 M	4,6	1,2	1,6
	242 K	1,10 M	0,49 A	2,05 M	4,2	1,3	1,9
	554 K	1,09 B	0,38 A	2,47 M	6,5	1,7	2,3
Niveles*	Alto	> 1,7	>0,35	> 2.7	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
	Medio	1,1 - 1,7	0,2 - 0,35	1,7 - 2,7			
	Bajo	<1,1	<0,2	<1,7			

<sup>\*</sup> Composición del cuarto par de hojas de cafeto (Carvajal, 1985).



#### LITERATURA CITADA

- ARGUEDAS, A. 1990. Respuesta al Mg en invernadero en siete suelos cafetaleros de Costa Rica con desequilibrios catiónicos. Tesis Ing.Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 106 p.
- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 76 p.
- BRICEÑO, J.A. 1970. Equilibrio del potasio en algunos suelos cafetaleros de Costa Rica. Tesis Lic.Quim. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias. 71 p.
- BRICEÑO, J.A.; CARVAJAL, J.F. 1973. El equilibrio entre los metales alcalinos y alcalinotérreos en el suelo, asociado con la respuesta del cafeto al potasio. Turrialba 23(1):56-71.
- CARVAJAL, J.F. 1978. El diagnóstico del estado de nutrición de los cultivos. Agronomía Costarricense 2(2):175-183.
- CARVAJAL, J.F. 1985a. Potassium nutrition of coffee. In Potassium in Agriculture. Ed. by R. D. Munson. Mad., Wis., American Society of Agronomy. p. 955-975.
- CARVAJAL, J.F. 1985b. Cafeto; cultivo y fertilización. 2 ed. Berna, Suiza, Instituto Internacional de la Potasa. 141 p.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- ECKERT, D.J.; McLEAN, E.O. 1981. Basic cation saturation ratios as a basis for fentilizing and liming agronomic crops. I. Growth chamber studies. Agronomy Journal 73:795-798.
- FOY, C.P.; BARBER, S.A. 1958. Magnesium deficiency and corn yield on two acid Indiana soils. Soil Science Society of America Proceedings 22:145-148.
- HENRIQUEZ, C.R.; BERTSCH, F.; CABALCETA, G. 1989.
  Respuesta a la variación de los cocientes catiónicos en ocho suelos cafetaleros de Costa Rica con problemas de potasio. Agronomía Costarricence 13(2):211-218.
- HOSSNER, L.R.; DOIL, E.C. 1970. Magnesium fertilization of potatoes as related to liming and potassium. Soil Science Society of America Proceedings 43:772-774.

- LIEBHARDT, W.C. 1981. The basic cation saturation ratio concept and lime and potassium recommendations on Delaware's Coastal plain soil. Soil Science Society of America Journal 45:544-549.
- LOUE, A. 1982. Análise do potássio em plantas e sua interpretacao. In Potassio na Agricultura Brasileira. Ed. por Instituto da Potassa and Fosfato. Instituto Internacional da Potassa. p. 249-288.
- McLEAN, E.O.; CARBONELL, M.D. 1972. Calcium, magnesium and potassium saturation ratios in two soils and their effects upon yields and nutrient contents of German mil let and alfalfa. Soil Science Society of America Proceedings 36:927-930.
- McLEAN, E.O.; ADAMS, J.L.; HARTWIG, R.C. 1982.
  Improved corrective fertilizer recomendations based on a two-step alternative usage of soil test.
  II. Recovery of soil-equilibrated potassium. Soil Science Society of America Journal 6:1198-1201.
- McLEAN, E.O. 1977. Contrasting concepts in soil test interpretation: sufficiency levels of available nutrients versus basic cation saturation ratios. In Soil Testing: correlating and interpreting the analytical results. Ed. by T.R. Peck. Madison, Wis., ASA. p. 39-24. (Special Publication no. 29)
- McLEAN, E.O., HARTWIG, R.C., ECKERT, D.J., TRIPLETT, G.B. 1983. Basic cation saturation ratios as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. II. Field studies. Agronomy Journal 25:635-639.
- MORTVEDT, J.J.; KHASAWNEH, F.E. 1986. Effects of growth responses on cationic relationships in plants. Soil Science 141(3):200-207.
- OLOGUNDE, O.O.; SORENSEN, R.C. 1982. Influence of concentrations of K and Mg in nutrient solutions on sorghum. Agronomy Journal 74:41-46.
- OLSON, R.A.; FRANK, K.D.; GRABOUSKI, P.H.; REHM, G.W. 1982. Economic and agronomic impacts of varied philosophies of soil testing. Agronomy Journal 74:492-499.
- ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R.; BINHOLI, O. 1984. Efeito das relacoes Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na producao de sorgo sacarino. Pesq. Agropec. Brasi. 19(12):1443-1448.