

^ RELACIONES ENTRE LOS CONTENIDOS DE CATIONES EN EL SUELO Y EN  
LAS HOJAS DE PLANTAS DE CAFE DEFICIENTES EN MAGNESIO

por

JOSE LAINEZ CASTRO

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.  
Centro Tropical de Investigación y Enseñanza para Graduados  
Turrialba, Costa Rica  
Diciembre de 1962

RELACIONES ENTRE LOS CONTENIDOS DE CATIONES EN EL SUELO Y EN  
LAS HOJAS DE PLANTAS DE CAFE DEFICIENTES EN MAGNESIO

Tesis

Presentada al Comité Consejero de la Escuela de Graduados  
como requisito parcial para optar al grado

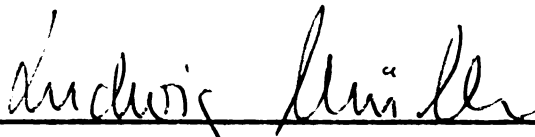
de

Magister Agriculturae

en el

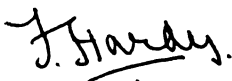
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A.

APROBADA:



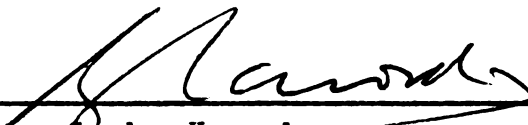
Ludwig Müller

Consejero



Frederick Hardy

Comité



Gordon Havord

Comité

Diciembre de 1962

A mis padres

A mis hermanos

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi sincero y cordial agradecimiento:

Al Dr. Ludwig Müller, patrocinador de la presente tesis y cuya ayuda en la ejecución de la misma hizo posible llegar al feliz término.

Al Profesor Frederick Hardy y al Dr. Gordon Havord por sus consejos y ayuda.

Al Dr. E. T. Bullard, ex-miembro de la Misión del Punto Cuarto en el Ecuador, a cuya iniciativa se debió mi beca de estudios.

A la O.E.A. por otorgarme una beca para seguir estudios postgraduados.

A los Jefes del Servicio Cooperativo Interamericano de Agricultura en el Ecuador, que tuvieron a bien concederme una subvención durante el tiempo de mis estudios postgraduados.

Y a todas las otras personas que en una u otra forma contribuyeron a la ejecución de esta tesis.

## BIOGRAFIA

El autor nació en Sta. Elena, provincia del Guayas, Ecuador en el año de 1932. Realizó sus estudios primarios en el lugar natal y los secundarios en el Colegio Nacional Aguirre Abad de la ciudad de Guayaquil. Hizo estudios superiores en la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad de Guayaquil, graduándose de Ingeniero Agrónomo en 1959.

Trabajó en la Estación Agrícola Tropical de Pichilingue desde su egreso de la Facultad en 1957 hasta julio de 1962. En esta fecha ingresó al Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. como estudiante graduado. Terminó sus estudios postgraduados en diciembre de 1962.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION .....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
Relaciones entre los contenidos de cationes intercambiables principales del suelo y sus concentraciones en las hojas .....	3
Factores que afectan la disponibilidad de nutrientes en el suelo .....	5
Otros factores que influyen sobre el estado nutricional de las plantas .....	10
MATERIALES Y METODOS .....	13
Lugares donde fueron tomadas las muestras y algunas características de sus suelos .....	13
Procedimiento de muestreo .....	15
Características de las plantas deficientes en magnesio.	16
Preparación de las muestras para el análisis químico ..	17
Métodos de análisis químico .....	17
Métodos de análisis estadístico .....	19
RESULTADOS .....	21
I Promedios y razones aritméticas de los análisis químicos de suelos y foliares .....	21
A - Aquiares .....	21
B - Moravia .....	25
C - Campo Gamma .....	29
II Relaciones entre los análisis químicos foliares y los análisis químicos de suelos .....	31
A - Coeficientes de correlación obtenidos tomando separadamente los datos de los tres lugares .....	33
1. Aquiares .....	33
2. Moravia .....	35
3. Campo Gamma .....	40
B - Coeficientes de correlación obtenidos tomando en conjunto los datos de los tres lugares .....	43

	Página
DISCUSION Y CONCLUSIONES .....	51
Promedios y razones aritméticas de los análisis químicos .....	51
Relaciones entre los resultados del análisis químico de las hojas y de los suelos .....	55
I. Resultados considerando los lugares individualmente	55
II. Resultados para los tres lugares en conjunto .....	57
RESUMEN .....	62
SUMMARY .....	66
LITERATURA CITADA .....	69
APENDICE .....	73
Cuadros de los análisis químicos de suelos .....	74.
Cuadros de los análisis químicos foliares .....	80.
Cuadros de las razones de cationes intercambiables y de los porcentajes de saturación con los cationes individuales .....	83.

## INTRODUCCION

El estudio de las relaciones entre los contenidos de cationes intercambiables del suelo y los de estos mismos cationes en las hojas de las plantas que crecen sobre él, es de suma importancia si se considera que el conocimiento de estas relaciones puede constituir un buen punto de referencia en la aplicación racional de fertilizantes.

Es bien conocido que las variaciones de los cationes intercambiables en un suelo no siempre tienen relación estrecha con sus variaciones en los tejidos de las plantas que crecen en ese suelo. Numerosas investigaciones hechas en algunos cultivos han demostrado que la principal causa de esta discrepancia es el antagonismo entre los cationes intercambiables del suelo. Puesto que este antagonismo afecta la absorción de dichos cationes por las plantas, la concentración absoluta disponible para las plantas de un catión puede permanecer elevada en el suelo y, sin embargo, ser baja la concentración de dicho catión en la planta.

Además el estado nutricional de las plantas está influenciado por otros factores que no tienen relación directa con la disponibilidad de nutrientes del suelo, tales como la intensidad y duración de la iluminación, el período de crecimiento, la incidencia de enfermedades o el ataque de insectos, etc.

Estos hechos determinan que las relaciones entre la naturaleza química del suelo y el estado nutricional de las plantas sean más complejas de lo que generalmente suponemos. Hasta que no se tenga un conocimiento preciso de estas relaciones, tan importantes como guías en las técnicas de fertilización, su estudio seguirá siendo imperante.



El trabajo que en esta tesis se presenta fue hecho para obtener más conocimientos acerca de estas relaciones en el cultivo del café. Con tal fin se estudiaron en tres tipos diferentes de suelos las relaciones entre los contenidos de magnesio, calcio y potasio en las hojas de plantas de café, aparentemente normales o deficientes en magnesio, y estos mismos cationes en forma intercambiable en el suelo. Los resultados del estudio de estas relaciones podrán servir para indicar si en condiciones similares a las de este trabajo, es posible o no reconocer una insuficiencia de magnesio en los cafetos a partir de los datos del análisis químico del suelo.

## REVISION DE LITERATURA

### Relaciones entre contenido de cationes intercambiables principales del suelo y su concentración en las hojas

En un estudio sobre las relaciones del potasio y magnesio de las hojas de manzano con el potasio y magnesio intercambiables a varias profundidades del suelo, Titus y Boynton (37) encontraron que el contenido de potasio de las hojas estuvo correlacionado significativamente con el potasio intercambiable de los horizontes A, B y C; pero la más alta correlación ocurrió en el horizonte B. Estos investigadores obtuvieron también una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de magnesio de las hojas y el magnesio intercambiable del suelo, observándose la más alta correlación en este caso al expresar el magnesio del suelo como porcentaje de saturación del complejo intercambiable.

Los mismos autores notaron amplias diferencias en los análisis químicos de muestras de suelos y foliares provenientes de suelos de diferentes tipos. En algunos suelos no se obtuvieron relaciones estadísticamente significativas, mientras que en otros suelos las relaciones fueron muy estrechas.

Pratt (29) ha presentado datos de las relaciones entre los contenidos de K y Mg de hojas de naranjo y el K así como la razón K/Mg a varias profundidades del suelo. El contenido de K de las hojas estuvo correlacionado significativamente con el K intercambiable del suelo a las profundidades de 0-6, 6-12, 12-24, y 24-36 pulgadas. El coeficiente de correlación para la profundidad del suelo de 24-36 pulgadas fue más bajo que aquellos para las otras profundidades indicadas. El contenido de Mg de las hojas estuvo correlacionado

significativamente con la razón K/Mg en las profundidades del suelo de 6-18, 12-24, 18-30, y 24-36 pulgadas. Pratt encontró también que la relación K/Mg, indicadora de hojas deficientes en Mg, disminuía con la profundidad del suelo.

Trabajando en huertos de naranjos, Harding (14) obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre el contenido de potasio de las hojas y el porcentaje de potasio intercambiable del suelo a las profundidades de 0-6 y 0-18 pulgadas. No encontró un coeficiente de correlación significativa cuando en dicha relación el potasio del suelo fue expresado en meq./100 g. El mismo autor notó también una correlación significativa entre el magnesio de las hojas y el magnesio intercambiable del suelo, expresado como meq./100 g.; pero la correlación fue más estrecha cuando el magnesio intercambiable fue expresado como porcentaje de magnesio intercambiable. El magnesio de las hojas estuvo correlacionado inversamente con el porcentaje de potasio intercambiable.

Nearpass (22) relacionó los contenidos de K, Ca, y Mg de hojas de árboles de tung con los mismos elementos encontrados en el suelo bajo las plantas de las cuales fueron tomadas las muestras de hojas. El calculó coeficientes de correlación para 51 pares de muestra provenientes de un amplio rango de diferentes tipos de suelos. Se vio que la concentración de K en las hojas no estuvo correlacionado significativamente con los miliequivalentes de K en el suelo, pero la correlación fue altamente significativa al compararla con el porcentaje de saturación de K en el suelo. El coeficiente de correlación para la profundidad del suelo de 0-6 pulgadas fue aproximadamente igual que para la profundidad de 0-18 pulgadas. El Ca de las hojas estuvo correlacionado

a un nivel altamente significativo con los miliequivalentes de este elemento en el suelo, así como con el porcentaje de saturación de Ca en el mismo. El coeficiente para la relación Ca de las hojas vs. la razón Ca/K+Mg en el suelo tuvo una alta significación estadística.

Sands (33) estudiando los distintos tipos de suelos de las zonas cafetaleras de Costa Rica encontró relaciones significativas entre los niveles de Ca, Mg y K de los suelos y los de las hojas de las plantas.

Factores que afectan la disponibilidad de  
nutrientes del suelo

a) Acciones antagónicas o sinérgicas entre cationes

La deficiencia de magnesio ha sido encontrada en los árboles frutales principalmente bajo dos distintas condiciones del suelo. En la primera el pH del suelo fue bajo, el calcio disponible también bajo y el potasio disponible alto en relación al magnesio. Tal observación ha sido hecha por Boynton y Erickson (2), Wallace (38), Southwick (35), Drosdoff y Kenworthy (9) y además Boynton y colaboradores (3). La segunda condición informada por Wallace (38), fue una en la cual el calcio disponible fue alto y la concentración de potasio disponible más alta que la de magnesio.

Zimmerman (41) estudió el efecto de las variaciones de las concentraciones absolutas y relativas de Ca, Mg y K de un suelo sobre las concentraciones de estos elementos en las plantas creciendo sobre este suelo. Observó que aunque la absorción de Ca y K estaba estrechamente relacionada con sus concentraciones absolutas como bases de intercambio, la absorción del Mg generalmente estuvo regida más bien

por la razón Mg/K de intercambio. A niveles bajos de fertilidad, la absorción de Mg estuvo estrechamente relacionada con la cantidad disponible de este elemento; a niveles de fertilidad más altos, las razones de los cationes jugaron un rol más importante.

En un estudio de las actividades catiónicas en suspensiones de arcilla, McLean (19) encontró efectos recíprocos entre Mg y K. Excepto en el sistema Halloicita, la fracción activa de Mg disminuyó rápidamente con el aumento de saturación por K, particularmente en el sistema Montmorillonita.

Ha sido informado por Cañ (5) que la excesiva cantidad de Ca disminuye la absorción de Mg y K en manzanos que crecen en soluciones nutritivas. Se observó que la absorción de K fue reducida a un grado mucho mayor que la del Mg y que el efecto neto de la aplicación de Ca fue un aumento en la cantidad de Mg de las hojas y una disminución de la cantidad de K foliar.

Pierre y Bower (28) encontraron que el Ca tiene menos efecto que el Mg en la disminución de la absorción de K.

Southwick (35) trabajando con árboles de manzano y Fiester (11) trabajando con café, encontraron que una fuerte fertilización con potasio elevó el nivel de potasio disponible en el suelo, resultando en la aparición de síntomas de deficiencia de magnesio en las plantas. El mismo efecto fue observado por Cibes y Samuels (7) en plantas de café que crecían en soluciones nutritivas. La omisión del potasio en dichas soluciones causaba un gran aumento en el contenido de magnesio de las hojas. Los últimos autores encontraron además, que las hojas con más altos niveles de potasio fueron las que mostraban deficiencias en calcio.

Fiester (11) ha mencionado que los síntomas de deficiencia de magnesio aparecen en las hojas de café cuando el nivel de potasio en ellas es alto, y el nivel de Ca bajo, tanto en las hojas como en el suelo.

En un estudio sobre el efecto del "mulch" sobre la disponibilidad de magnesio, Robinson (31) concluyó que la deficiencia de Mg en las plantaciones de café tratadas con "mulch" es debida probablemente al aumento de iones de potasio provenientes de la transformación del "mulch".

Prince, Zimmerman y Bear (30) estudiaron la disponibilidad de Mg en 20 suelos de New Jersey y observaron que a medida que el aprovisionamiento de potasio disminuía en el suelo por repetidas cosechas de alfalfa, el contenido de magnesio de las plantas aumentaba, aún cuando el suelo fuera deficiente en magnesio. Ellos notaron también que cuando el magnesio constituía menos del 6% de la capacidad total de cationes del suelo, el cultivo que crece en dicho suelo fácilmente respondía a la aplicación de magnesio en forma soluble.

Relativamente pocos informes han sido publicados sobre las acciones sinérgicas entre cationes y sus efectos sobre la absorción del Mg por las plantas. Walsh y Clarke, citados por Zimmerman (41), indicaron que el bajo nivel de nutrición de azufre retardó el desarrollo de la clorosis debida a la deficiencia de Mg.

Obenshain, también citado por Zimmerman (41), reportó que a medida de que se aumentaba la cantidad de N aplicado a plantas de maíz, los tejidos contenían más Mg.

Boynton y Compton (4) encontraron una correlación positiva entre el N y el Mg de las hojas en árboles tratados con diferentes

niveles de N.

Cain (6), trabajando con manzanos, concluyó que el efecto del N sobre el Mg de las hojas era principalmente a través de su efecto sobre el K. El aumento de crecimiento que resultó de la aplicación de N, se tradujo en una "dilución" del contenido de K de las hojas, lo cual redujo el antagonismo entre el Mg y el K, la reducción de dicho antagonismo aumentó el contenido de Mg foliar.

Sitton y colaboradores (34) trabajando con tung, y Cain (6) con manzanos, encontraron que aumentando el N aplicado al suelo, aumentaba el nivel de Mg de las hojas. Los aumentos causados por la aplicación del N, sin embargo, fueron de mucho menor magnitud que las disminuciones causadas por la aplicación de K.

Fiester (11) informó que la aplicación de N, P, K y Mg aparentemente afectó el contenido de Mg de las hojas del cuarto par, en plantas de café. Los efectos de la aplicación de N y Mg fueron positivos, produciendo un aumento de la cantidad de Mg; mientras el K disminuyó la cantidad de Mg.

#### b) Otros factores del suelo

Ha sido demostrado que la disponibilidad de nutrientes para las plantas está relacionada con el porcentaje de saturación de bases de los suelos (17) y también con el tipo de arcilla a la cual los iones están asociados (18).

Craig y Halais (8), así como Ayers (1) han mostrado que el grado de saturación de bases es una función de la precipitación. Manteniendo las otras condiciones constantes, el porcentaje de saturación de bases disminuye cuando la lluvia aumenta dentro del rango de

precipitación de 50 a 150 pulgadas o más.

Sands (33) observó una gran variación en los niveles de Ca y Mg de los suelos donde se cultiva café en Costa Rica. La mayoría de estas variaciones estuvo asociada con el grado de edafización del suelo; sin embargo, la edad del suelo no pareció influir sobre los niveles de K del suelo. Los suelos más edafizados como Latosoles y suelos volcánicos viejos tuvieron una reacción más baja y menor porcentaje de saturación de bases que los suelos edafizados provenientes de aluvión o de reciente acción volcánica. Según el autor no es raro encontrar suelos de café con valores de pH 5 que son muy bajos en saturación de bases.

Nutman (25) ha demostrado que para el café el drenaje y la aereación deficientes del suelo tienen una influencia significativa en la absorción de los nutrientes.

En un estudio sobre las deficiencias minerales de café, Pérez (27) hizo análisis químicos de muestras de suelos de 39 lugares de Costa Rica. Los resultados indicaron que la principal causa de las deficiencias minerales en las plantas, especialmente en suelos arenosos de zonas lluviosas, fue el bajo contenido de cationes disponibles en el suelo.

Shive, citado por Zimmerman (41), estudió en soluciones nutritivas el crecimiento de plantas de trigo en 36 razones, que implicaron los elementos Ca, Mg y K. Cada una de las razones fue estudiada a concentraciones osmóticas de 0.1, 1.75 y 4.0 atmósferas. El concluyó: Para una serie dada de proporciones de sales, la concentración total del medio determina el crecimiento de las plantas. Los valores de las razones de cationes Mg/Ca, Mg/K y Ca/K parece en muchos casos determinar



el crecimiento de las plantas, pero esta conexión no es siempre clara para una razón simple; se requieren dos de los valores de estas razones para determinar las propiedades fisiológicas de una solución nutritiva a una concentración total dada.

Otros factores que influyen sobre el estado  
nutricional de las plantas

Además de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, existen otros factores que también influyen sobre los niveles de nutrientes en las plantas. En el caso del café, algunos investigadores (13, 23, 24, 36) han demostrado la influencia del factor lumínico en los contenidos de nutrientes de las hojas. Ha sido reconocida también la influencia de insectos y de enfermedades (39).

Es bien conocida la existencia de variaciones en los contenidos de los nutrientes minerales entre especies vegetales e inclusive entre variedades de una misma especie. Con respecto a esto, Sands (33) comparó las concentraciones de muestras de hojas similares tomadas de 5 clones de cacao y de algunas variedades de 2 especies de café. En la comparación de los clones de cacao solo encontró pequeñas diferencias entre los elementos estudiados. No encontró diferencias consistentes en los niveles de K foliar de las variedades de café arábica estudiadas. En la variedad de café arábica "San Ramón" las concentraciones de N, Ca, Mg y Mn en las hojas fueron las más altas, mientras en la variedad "Typica" las más bajas.

Fiester (11) también hizo una comparación de la composición mineral de diferentes especies y variedades de café. El encontró que

la aparición de la clorosis intervenal, característica de la deficiencia de Mg, en general ocurrió cuando la concentración de Mg en las hojas estuvo alrededor del 0.21%. Fiester notó sin embargo, que dos de las variedades de café arábica: "Maragogipe" y "Purpurescens", a pesar de sus contenidos más altos de Mg, fueron muy pobres productores.

Algunas investigaciones han demostrado que no sólo existen variaciones en los contenidos de nutrientes entre variedades de plantas de una misma especie, sino también entre órganos de una misma planta (12). Se cree que por ser las hojas órganos de asimilación activa, su composición debe ser la mejor base para estimar el estado nutricional de la planta. Aunque este criterio no es muy acertado (12) muchos de los investigadores que trabajan con análisis químicos de tejidos vegetales han preferido analizar hojas.

Emmert (10) trabajando con árboles de manzano de la variedad McIntosh estudió las tendencias de la concentración de Mg, Ca, K y P durante un período de dos años y comparó la concentración de estos elementos en las hojas de la extremidad libre de los vástagos, en las hojas de la base de los vástagos y en las hojas junto a los espolones de los vástagos. Encontró que tanto el Mg soluble como el total fueron más altos en las hojas junto a los espolones, intermedios en los extremos libres de los vástagos y más bajos en las hojas basales.

Sands (33) comparó las concentraciones de varios elementos en el primer, cuarto y octavo nudo de las ramas plagiotrópicas en café. El nitrógeno, potasio, boro, zinc y fósforo decrecieron con la edad de las hojas mientras que el calcio y manganeso aumentaron en concentración conforme aumentó la edad de las hojas y no hubo una tendencia definida para el magnesio.

Müller (21) en un estudio sobre la aplicación del diagnóstico foliar a la fertilización del cafeto, encontró también que la composición de las hojas cambia con el envejecimiento. Al igual que Sands, Müller observó que mientras los contenidos de N, P y K disminuyen con la edad de las hojas, el Ca y Mn aumentan. En contraposición a lo encontrado por Sands, Müller halló que el boro pertenece al grupo de los elementos que aumenta con la edad de las hojas.

Robinson (31) observó en café que las deficiencias de minerales ocurren principalmente en las hojas que mantienen en sus axilas flores y frutos. Los niveles de nutrientes se mantienen altos en los frutos, agravando así la deficiencia en las hojas.

## MATERIALES Y METODOS

### Lugares donde fueron tomadas las muestras y algunas características de sus suelos

Para tomar las muestras que servirían para los análisis químicos, se seleccionaron tres lugares de Costa Rica donde hay huertos de café con síntomas visibles de deficiencia de magnesio y cuyos suelos fueran diferentes. Estos tres lugares fueron: Aquiares, Moravia y el Campo de Radiación Gamma del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de Turrialba.

Según Hardy (15), las características de los tipos de suelos seleccionados, son las siguientes:

Aquiares: El tipo de suelo es Cervantes franco areno arcilloso, desarrollado en el Pleistoceno a partir de rocas volcánicas fragmentarias de carácter andesítico, las cuales fueron originalmente arrojadas como núcleos ardientes o posiblemente como avalancha de lodo. El perfil muestra un suelo negro de profundidad variable que llega hasta las 18 pulgadas, con estructura granular, pulverulento cuando seco. La textura es claramente arenosa, propia de la presencia de partículas minerales no edafizadas. La permeabilidad es buena. La consistencia es incoherente y escasamente adhesiva en húmedo, suave al tacto y suelto cuando seco. El color del subsuelo va del café amarillento a gris parduzco y su estructura es de gránulos pequeños.

\* Moravia: El tipo de suelo no es conocido, puesto que el área no ha sido reconocida ni sus suelos clasificados. El suelo es Azonal aluvial lacustre cuyos materiales originarios han sido derivados de las rocas existentes en los alrededores, las cuales de acuerdo con el

mapa geológico, constan de "materiales volcánicos y piroclásticos originados principalmente en los primeros tiempos del Cuaternario y en los últimos del Terciario". Estas rocas son de carácter andesítico.

El suelo es limoarcilloso, de color café amarillento y completamente desprovisto de piedras. La capa de suelo superficial húmico se extiende hasta las 12 pulgadas y es de color más oscuro que el subsuelo, el cual aparece bruscamente a esta profundidad. Las raíces de los cafetos se encuentran principalmente en la capa del suelo superficial. A las 22 pulgadas el suelo se hace más arenoso y el color cambia a café grisáceo con finas moteaduras herrumbrosas que denotan mal drenaje. A la profundidad de 34 pulgadas se encontró una tabla de agua al tiempo de la toma de muestras (estación seca). Posiblemente en la estación de más alta humedad esta tabla de agua ascienda hasta alrededor de 22 pulgadas. Hasta esta profundidad el suelo está formado por grumos pequeños cambiando más abajo a formas más angulares. La consistencia es suave, suelta y algo esponjosa haciéndose compacta a mayor profundidad.

Campo Gamma: El tipo de suelo es Colorado areno-arcilloso, desarrollado sobre lava andesítica del bajo Plioceno o posiblemente del más alto Mioceno. Este es un Latosol muy viejo. El espesor del material edafizado es extremadamente grande, alrededor de 20 a 30 pies o más. Son raros los fragmentos de roca inalterada en el material madre.

Posiblemente la capa superficial del suelo en algunos lugares ha sido enriquecida con cenizas volcánicas caídas desde el Pleistoceno hasta nuestros días. El relieve es ondulado; la zona muestra características de una vieja región montañosa del Plioceno, que ha sido

transformada a casi plana por acción de la erosión. La penetración orgánica es profunda, pues el suelo húmico tiene un promedio de 18 pulgadas de espesor en los lugares donde se tomaron las muestras, y la cantidad de materia orgánica del subsuelo (12-18") es todavía alta (en promedio 4.5%).

El color del suelo superficial es casi negro y el del subsuelo profundo es café rojizo. La estructura es finamente granular y gruesa en el suelo húmico y de pequeños terrones en el subsuelo más compacto. La estabilidad de la estructura es grande, especialmente en el suelo húmico, los gránulos constan de "pseudoarena" gruesa. La verdadera estructura es limo-arcillosa, lo cual se nota cuando el suelo es friccionado con agua. La permeabilidad al agua es alta. El espacio poroso es alrededor de 70% en volumen (basándose en medidas de la gravedad específica aparente y verdadera) lo que es un valor muy alto. La consistencia es suave y pegajosa cuando el suelo está mojado; duro y frágil cuando el suelo está seco. El suelo húmico es extremadamente desmenuzable, aún cuando húmedo, y fácilmente penetrable por el barreno. La zona de desarrollo de las raíces es muy grande.

#### Procedimiento de muestreo

En cada uno de los lugares considerados, se seleccionaron dos grupos de plantas de café de la variedad Bourbón: un grupo muy deficiente en magnesio que comprendió 10 árboles por lugar y un grupo aparentemente normal que comprendió 5 plantas. De cada una de las plantas deficientes se tomaron dos clases de muestras de hojas: a) hojas viejas que presentaban síntomas visibles de deficiencia de magnesio, y b) hojas viejas que no presentaban dichos síntomas. De cada

planta aparentemente normal se muestrearon solamente hojas viejas que no presentaban síntomas de deficiencia alguno. Toda muestra foliar tomada provino de ramas fructíferas situadas a una altura media de las plantas y estuvo formada por 10 a 15 hojas.

Las muestras de suelos se tomaron de cada uno de los cafetos de los que fueron extraídas las muestras foliares, justamente dentro de un círculo proyectado hacia el suelo desde los extremos de las ramas laterales. Se hicieron primero cuatro perforaciones de seis pulgadas de profundidad con un barreno de suelos y las cuatro porciones de suelo obtenidas se mezclaron para formar así una sola muestra de suelo superficial; después el barreno se introdujo en los mismos agujeros para extraer en la misma forma la muestra de subsuelo (12-18 pulgadas).

Tanto las muestras foliares como de suelos fueron tomadas en el mes de enero de 1962, en los primeros días del mes se tomaron las muestras de Moravia, luego se recogieron las del Campo Gamma y por último las de Aquiares.

#### Características de las plantas deficientes en magnesio

Las plantas deficientes en magnesio presentaban clorosis de las porciones intervenales de las hojas basales más viejas de las ramas. Estas áreas cloróticas aumentan de tamaño con el tiempo, después de lo cual a veces aparecen manchas necróticas y sobreviene la defoliación de la planta. Se ha observado que las hojas cloróticas debido a la deficiencia de magnesio a menudo son atacadas por el hongo

#### Colletotrichum coffeanum.

Los síntomas foliares de deficiencia de magnesio se hacen más notables en árboles que crecen a plena exposición solar y cuando se

aproxima la maduración de los frutos. Es fácil observar plantas que crecen en estas condiciones, completamente defoliadas antes de la maduración de su cosecha.

#### Preparación de las muestras para el análisis químico

**Muestras foliares:** Las muestras foliares, inmediatamente llevadas al laboratorio, fueron rápidamente lavadas, primero con una solución de detergente, luego con abundante agua corriente y por último con agua destilada. Después del lavado las muestras se sometieron al secado en una estufa con ventilación forzada y a una temperatura de 70°C. Una vez secas las muestras se molieron por medio de un molino tipo Wiley. Después se guardaron en frascos de vidrio con tapa de rosca para homogenizarlas y conservarlas.

**Muestras de suelos:** Las muestras de suelos fueron secadas a la temperatura ambiente, luego disgregadas y pasadas a través de una criba de 20 mallas por pulgada cuadrada. Las muestras se vaciaban luego en frascos de vidrio con tapa de rosca para homogenizarlas y conservarlas. La homogenización se hizo en una máquina mezcladora eléctrica, tipo rotativo.

#### Métodos de análisis químico

**Muestras foliares:** La digestión de las muestras foliares, se hizo por medio de una mezcla 5:1 de los ácidos nítrico y perclórico. Los cristales resultantes de la digestión se disolvieron con agua destilada hasta un volumen de 50 mililitros para formar así el "extracto" de hojas.

En una alícuota de este "extracto" se hizo la determinación del magnesio siguiendo una modificación del método del poliacrilato de



sodio-amarillo de tiazol (20).

En otra alícuota se analizó el calcio por precipitación como oxalato y titulación con solución patrón de permanganato de potasio (16).

El potasio en las hojas fue determinado por fotometría de llama, usando un aparato Perkin Elmer de lectura directa.

Muestras de suelos: Los cationes intercambiables: calcio, magnesio y potasio fueron desplazados del complejo de intercambio del suelo por lixiviación de las muestras con una solución 1 N (neutra) de acetato de amonio, según procedimiento descrito por Peech (26). El análisis del amonio (que en este procedimiento reemplaza a todos los cationes adsorbidos por los coloides del suelo), permite conocer la capacidad total de intercambio catiónico de los suelos. El desplazamiento del amonio para su análisis se hizo por medio de una solución acidificada de cloruro de sodio, según Peech (26).

El extracto de cationes obtenidos por lixiviación de las muestras de suelos con la solución neutra 1 N de acetato de amonio, luego se alcalinizó y se trató con bromo para oxidar el manganeso y causar su precipitación como dióxido. El dióxido de manganeso finamente dividido fue adsorbido en un voluminoso precipitado de hidróxido de hierro producido por la adición de hierro. El aluminio también precipitó y fue arrastrado al fondo por el mismo precipitado de hierro. Así fueron separados el aluminio, hierro y manganeso, cuya presencia en el extracto interfiere con las determinaciones de calcio y magnesio.

En alícuotas del extracto purificado el calcio y el magnesio fueron titulados con una solución patrón de la sal disódica del ácido

etilendiaminotetraacético, según el método del "versenato" descrito por Willard, Furman y Bricker (40).

En otra alícuota del extracto fue determinado el potasio en la misma forma que para hojas.

El pH fue medido en la suspensión suelo-agua 1:2.5 por medio del sistema eléctrico potenciométrico (potenciómetro Beckman Zeromatic y electrodos de vidrio).

La materia orgánica se determinó por la acción oxidante del dicromato de potasio, según el método de Walkley-Black descrito por Sáiz del Río y Bornemisza (32).

Dadas las muy pequeñas cantidades de calcio intercambiable existentes en el suelo del Campo de Radiación Gamma, y las dudas que por esta razón hubieran podido nacer de los análisis con el método del versenato, los análisis de calcio de las muestras de suelos de este lugar se volvieron a hacer por precipitación del calcio como oxalato y titulación con permanganato de potasio (16). El magnesio en este caso, al igual que en los otros, fue determinado por diferencia.

#### Métodos de Análisis Estadísticos

Las relaciones entre el contenido catiónico de las muestras de hojas y de las muestras de suelos fueron estimadas por medio del coeficiente de correlación. Dichos coeficientes fueron calculados tanto para los datos correspondientes a un solo nivel de riqueza (datos de un solo lugar), como para los datos correspondientes a los tres diferentes niveles de riqueza (datos de los tres lugares considerados en conjunto). Las relaciones estimadas tanto para el primer caso como para el segundo fueron: a) relaciones entre los contenidos

de cationes de las hojas de las plantas deficientes y los contenidos de cationes intercambiables del suelo o subsuelo "deficientes"; b) relaciones entre los contenidos de cationes de las hojas de las plantas normales y los contenidos de cationes intercambiables del suelo o subsuelo "aparentemente normales".

Coefficientes de regresión fueron calculados solamente para aquellas relaciones que resultaron muy estrechas.

Fueron calculados además los promedios aritméticos de los datos provenientes de los análisis químicos tanto de suelos como de hojas. Entre algunos de estos promedios aritméticos de cationes se calcularon también razones aritméticas. Los promedios sirvieron para conocer los niveles de riqueza a que correspondieron las muestras de los diferentes lugares y las razones aritméticas para conocer el balance de cationes intercambiables del suelo; ambas medidas ayudaron a explicar las posibles causas de los contenidos de cationes de las hojas.

## RESULTADOS

### I Promedios y razones aritméticas de los análisis químicos de suelos y foliares

A continuación se expondrán para cada uno de los tres lugares de donde se tomaron las muestras los resultados de los análisis químicos en base de los promedios y razones aritméticas calculadas. Los datos de los cuales fueron obtenidos dichos promedios aritméticos pueden en contrarse en los Cuadros Nos. 8-16 del Apéndice.

#### A - Aquiares

##### 1) Resultados de los análisis químicos de suelos

Los datos del Cuadro 1-a, comparados con los patrones provisionales de análisis de suelos según Hardy' (15), indican que la acidez del suelo es medianamente baja (pH 6). El contenido de materia orgánica es bastante alto, aún en el subsuelo. La capacidad de intercambio es la más alta entre los tres tipos de suelo (en promedio 42 meq./100 g.) El Ca intercambiable es medianamente alto tanto en el suelo superficial como en el subsuelo, pero el grado de saturación por Ca sólo es medianamente bajo (30% para suelo superficial y 24% para subsuelo). El Mg intercambiable es medianamente bajo (1.4 meq./100 g.). El K intercambiable es extremadamente alto (sobre 1.0 meq.), tanto en el subsuelo como en el suelo superficial, y es el más alto entre los tres tipos de suelos. El grado de saturación por las bases totales es de 35% para el suelo superficial y de 30% para el subsuelo, los cuales son valores medianos.

Cuadro N<sup>o</sup> 1a. Promedios aritméticos de los análisis químicos de las muestras de suelos de Aquiares y algunas razones aritméticas de estos promedios.

Suelo	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO				Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K
			Capac. interc.	Ca	Mg	K			
			Meq./100 gr. de suelo secado al aire						
			Suelo superficial (0-6 pulgadas)						
"Deficiente"	6.0	9.3	42.8	12.7	1.34	0.87	9.5	1.5	16
"Aparentemente Normal"	6.0	8.5	41.0	12.1	1.32	1.10	9.1	1.1	12
			Subsuelo (12-18 pulgadas)						
"Deficiente"	6.1	7.5	41.7	10.0	1.38	0.97	7.3	1.4	12
"Aparentemente normal"	6.1	6.2	41.3	9.9	1.40	1.32	7.0	1.0	8
Patrones para comparación (Hardy 1962)									
Alto	7.5	---	--	18.0	4.5	0.41			
Medio	6.5	---	--	9.0	2.3	0.26	4.0	8.0	40
Bajo	5.0	---	--	3.0	0.8	0.15			

## 2) Razones de cationes en el suelo

La razón Ca a Mg es muy alta, propia para un valor de Ca intercambiable más bien alto y un bajo valor de Mg intercambiable. La razón de Mg intercambiable a K intercambiable es muy baja, propia para Mg intercambiable bajo y muy alto K intercambiable. La razón de bases divalentes a monovalentes es baja por causas iguales a las ya expuestas al discutir las otras dos razones aritméticas. Evidentemente este suelo está marcadamente desbalanceado con respecto a sus contenidos de bases intercambiables, siendo el Mg algo bajo y el K particularmente alto.

La principal diferencia entre el suelo donde crecen plantas de café cuyas hojas muestran síntomas de deficiencias de magnesio y aquél donde crecen plantas cuyas hojas son normales, es el contenido de Ca intercambiable un poco más alto y el contenido de K intercambiable bastante más bajo en el suelo donde crecen las plantas deficientes. No se nota mucha diferencia entre los contenidos de Mg intercambiable y la suma de los contenidos de Ca y Mg intercambiables es mayor en el suelo deficiente que en el suelo normal. Como consecuencia de estas diferencias, cada una de las razones de nutrientes es mayor para el suelo y subsuelo "deficientes" que para los "aparentemente normales".

## 3) Resultados de los análisis químicos de hojas

Los datos expuestos en el Cuadro 1-b, comparados con los patrones provisionales para análisis de hojas de café, según G. Chaverri et al., citados por Hardy (15), indican un contenido de Ca de bajo a medianamente alto, un bajo contenido de Mg y un contenido de K de

Cuadro No. 1b. Promedios aritméticos de los análisis químicos de las muestras foliares de Aquiares y algunas razones aritméticas de estos promedios.

Plantas	Hojas	Ca		Mg meq/100g.	K meq/100g.	Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K
		%	meq/100g.					
D	CSD	1.29	64.7	0.07	5.4	2.92	0.08	0.95
	AN	1.38	69.1	0.14	12.0	2.78	0.17	0.12
AN	AN	1.63	81.5	0.22	19.3	2.35	0.32	1.68
Patrones para comparación (G. Chaverri et al 1957)								
Plantas:	Alto	1.80	90.0	0.40	33.0	2.80	0.42	1.70
	Medio	1.50	75.0	0.30	25.0	2.30	0.42	1.70
	Bajo	1.20	60.0	0.20	17.0	1.80	0.42	1.70

Plantas:

D = Deficientes  
AN = Aparentemente normales

Hojas:

CSD = Con síntomas de deficiencia  
AN = Aparentemente normales

mediano a alto. Estos niveles de los cationes están reflejados por altas razones Ca/Mg, bajas razones Mg/K y razones Ca+Mg/K bajas a medianamente altas.

La principal diferencia entre las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y las hojas de las plantas aparentemente normales es el más bajo contenido de calcio, el mucho más bajo contenido de magnesio y el mucho más alto contenido de potasio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio.

B.-- Moravia ✓

#### 1) Resultados de los análisis químicos de suelos

Los datos de los análisis químicos, mostrados en el Cuadro 2-a, comparados con los patrones provisionales, indican que el suelo es marcadamente ácido (pH 5.7). El contenido de materia orgánica es algo bajo, especialmente en el subsuelo (suelo superficial 4.6%; subsuelo 1.5%). La capacidad de cambio es medianamente baja (35 meq.). El Ca intercambiable es alto (16.6 meq. en el suelo superficial y 11.7 meq. en el subsuelo). El grado de saturación por Ca es alrededor del 47% para el suelo superficial y 33% para el subsuelo. El Mg intercambiable es también alto (4.0 y 5.3 meq.). El K intercambiable es alto (0.4 y 0.24 meq.), pero no tan alto como en el suelo de Aguiares. El grado de saturación por bases totales es bastante alto (suelo superficial 50% subsuelo 40%).

#### 2) Razones de cationes en el suelo

La razón Ca a Mg intercambiables es ideal en el suelo superficial (alrededor de 4.0) pero algo bajo en el subsuelo (alrededor de 2.0).



Cuadro Nº 2a. Promedios aritméticos de los análisis químicos de las muestras de suelos de Moravia y algunas razones aritméticas de estos promedios.

Suelo	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO				Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K
			Capac. interc.	Ca	Mg	K			
			Meq./100 gr. de suelo secado al aire						
Suelo superficial (0-6 pulgadas)									
"Deficiente" <i>en Mg</i>	5.7	3.9	32.5	16.5	4.0	0.48	4.1	8.3	42
"Aparentemente normal"	5.7	5.4	38.8	16.8	4.0	0.30	4.2	13.2	69
Subsuelo (12-18 pulgadas)									
"Deficiente" <i>en Mg</i>	5.6	1.3	33.4	11.5	5.5	0.35	2.1	16.0	49
"Aparentemente normal"	5.7	1.8	34.5	11.9	5.1	0.13	2.3	40.0	135
Patrones para comparación (Hardy 1962)									
Alto	7.5	---	--	18.0	4.5	0.41			
Medio	6.5	---	--	9.0	2.3	0.26	4.0	8.0	40
Bajo	5.0	---	--	3.0	0.8	0.15			

La de Mg intercambiable a K intercambiable es variable pero generalmente alta, y aquella entre bases divalentes y monovalentes es alta y cercana a la ideal. Como puede verse, este suelo no está tan desbalanceado como el de Aquiares.

La principal diferencia entre el suelo donde crecen plantas de café, cuyas hojas muestran síntomas de deficiencia de magnesio, y aquél donde crecen plantas cuyas hojas aparentemente son normales, consiste casi enteramente en el más alto contenido de K intercambiable del suelo "deficiente". Tal hecho disminuye la magnitud de las razones de nutrientes que encierran K. Las diferencias entre el suelo "deficiente" y el "aparentemente normal", como puede apreciarse, son bastante precisas.

### 3) Resultados de los análisis químicos de hojas

Los datos del Cuadro 2-b, comparados con los patrones provisionales, indican de baja a alta cantidad de Ca, una cantidad de Mg de baja a muy baja y un contenido medianamente bajo de K. Las razones Ca/Mg son altas, las razones Mg/K son bajas y las razones de cationes divalentes a monovalentes en consecuencia también altas (no muy altas para las hojas de las plantas normales). Estos resultados difieren como puede observarse considerablemente de los datos para el material foliar de Aquiares.

Las principales diferencias entre las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y las hojas de las plantas aparentemente normales son el más alto contenido de Ca y el mucho más bajo contenido de Mg de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio.

Debe anotarse que en este lugar el espacio de crecimiento de las

Cuadro No 2b. Promedios aritméticos de los análisis químicos de las muestras foliares de Moravia y algunas razones aritméticas de estos promedios.

Plantas	Hojas	Ca		Mg meq/100g.	%	K meq/100g.	%	K	Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K
		%	meq/100g.								
D	CSD	1.70	85.0	6.8	0.08	50.7	1.99	50.7	12.5	0.13	1.81
	AN	1.65	82.5	16.2	0.20	45.7	1.79	45.7	5.1	0.35	2.16
AN	AN	1.27	63.5	16.2	0.20	59.0	2.19	59.0	3.8	0.28	1.36
Patrones para comparación (G. Chaverri et al 1957)											
	Alto	1.80	90	33	0.40	72	2.80	72	3.0	0.42	1.7
	Medio	1.50	75	25	0.30	59	2.30	59			
	Bajo	1.20	60	17	0.20	46	1.80	46			

Plantas:

D = Deficientes  
AN = Aparentemente normales

Hojas:

CSD = Con síntomas de deficiencia  
AN = Aparentemente normales

raíces, está limitado en la parte inferior por la ocurrencia de una tabla de agua definida a un nivel uniforme sobre la plataforma aluvial.

C - Campo Gamma

1) Resultados de los análisis químicos de suelos

Los datos del Cuadro 3-a, comparados con los patrones indican que la acidez del suelo es extremadamente alta (pH 4.3). El contenido de materia orgánica es alto pero no tanto como el del suelo de Aquiares. La capacidad de intercambio es bastante baja (26 meq.) y es la más baja de entre los tres tipos de suelos. El Ca intercambiable es extremadamente bajo y el Mg intercambiable muy bajo; el K intercambiable también es bajo. El grado de saturación de bases es también extremadamente bajo, entre 1 y 2% de la capacidad total de intercambio.

2) Razones de cationes en el suelo

Los bajos valores para los contenidos de bases implican que probablemente ellos no son suficientemente exactos para obtener razones de nutrientes dignos de confianza.

La principal diferencia entre el suelo en que crecen plantas de café cuyas hojas muestran síntomas de deficiencia de magnesio y aquél donde crecen plantas cuyas hojas son aparentemente normales, es que los contenidos de Ca y Mg intercambiables de los suelos de las plantas deficientes tienden a ser más bajos; pero esta diferencia en el contenido de bases divalentes no es muy grande.

Cuadro Nº 3a. Promedios aritméticos de los análisis químicos de las muestras de suelos del Campo Gamma y algunas razones aritméticas de estos promedios.

Suelo	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO				Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K
			Capac. interc.	Ca	Mg	K			
			Meq./100 gr. de suelo secado al aire						
Suelo superficial (0-6 pulgadas)									
"Deficiente"	4.4	8.1	28.9	0.1	0.14	0.10	0.8	1.4	2.6
"Aparentemente normal"	4.3	5.6	24.5	0.2	0.14	0.08	1.2	1.7	3.7
Subsuelo (12-18 pulgadas)									
"Deficiente"	4.3	5.0	25.9	0.1	0.09	0.06	1.3	1.5	4
"Aparentemente normal"	4.2	3.9	25.1	0.2	0.20	0.09	0.8	2.2	4
Patrones para comparación (Hardy 1962)									
Alto	7.5	---	--	18.0	4.5	0.41			
Medio	6.5	---	--	9.0	2.3	0.26	4.0	8.0	40
Bajo	5.0	---	--	3.0	0.8	0.15			

### 3) Resultados de los análisis químicos de hojas

Los datos del Cuadro 3-b, comparados con los patrones, indican de bajo a muy bajo contenido de Ca, de medianamente bajo a muy bajo contenido de Mg y de bajo a alto contenido de K. Las razones Ca/Mg tienden a ser altas para las hojas de las plantas deficientes, pero bajas para las hojas de las plantas normales. Las razones Mg/K y Ca+Mg/K son muy bajas para las hojas de las plantas deficientes, y altas para las hojas de las plantas aparentemente normales.

Las principales diferencias entre las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y las hojas de las plantas de apariencia normal son el más bajo contenido de Ca, el mucho más bajo contenido de Mg y el mucho más alto contenido de K de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio. Como puede verse, estas diferencias son iguales a las encontradas en el caso de Aquiares.

## II Relaciones entre los análisis químicos foliares y los análisis químicos de suelos

Para evaluar el grado de relación entre los contenidos de cationes de las hojas y los contenidos de cationes intercambiables del suelo, se calcularon coeficientes de correlación, primero tomando separadamente los datos de los tres lugares estudiados, luego tomándolos en conjunto. Los coeficientes resultantes de las correlaciones entre los contenidos de cationes de las hojas de las plantas normales o deficientes expresados en meq./100g. de hojas secas, y los contenidos de cationes intercambiables del suelo superficial o subsuelo, se exponen en los Cuadros 4, 5 y 6 para los datos tomados separadamente

Cuadro No 3b. Promedios aritméticos de los análisis químicos de las muestras foliares de Campo Gamma y algunas razones aritméticas de estos promedios.

Plantas	Hojas	Ca %	Ca meq/100g.	Mg %	Mg meq/100g.	K %	K meq/100g.	Ca Mg	Mg K	Ca+Mg K
D	CSD	0.98	48.9	0.04	3.5	2.89	73.9	14.0	0.05	0.71
	AN	0.98	48.9	0.10	8.1	2.51	64.3	6.0	0.13	0.88
AN	AN	1.21	60.3	0.29	24.2	1.78	45.5	2.5	0.53	1.85
Patrones para comparación (G. Chaverri et al 1957)										
	Alto	1.80	90	0.40	33	2.80	72	3.0	0.42	1.7
	Medio	1.50	75	0.30	25	2.30	59			
	Bajo	1.20	60	0.20	17	1.80	46			

Plantas:

D = Deficientes  
AN = Aparentemente normales

Hojas:

CSD = Cor. síntomas de deficiencia  
AN = Aparentemente normales

y en el Cuadro 7 para los datos en conjunto. Debe mencionarse que existen varios coeficientes para cada relación de cationes, debido a que los cationes intercambiables del suelo se expresaron en tres formas: a) meq./100g. de suelo secado al aire; b) porcentaje de saturación del complejo intercambiable del suelo con el catión dado; c) razones entre cationes.

A - Coefficientes de correlación obtenidos tomando separadamente los datos de los tres lugares

1) Aquiáres

Los coeficientes de correlación obtenidos de las relaciones entre los análisis químicos de hojas y de suelos provenientes de Aquíáres, están mostrados en el Cuadro 4.

Relaciones con el Mg de las hojas

En lo concerniente a las relaciones estudiadas con los contenidos de magnesio de las hojas, los coeficientes del Cuadro 4 indican relación positiva y significativa al nivel del 5% entre el magnesio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio, y el potasio intercambiable del subsuelo, expresado como meq./100g. Cuando en esta misma relación el potasio intercambiable del subsuelo fue expresado como porcentaje de saturación del complejo intercambiable con potasio, el coeficiente de correlación (valor r) positivo obtenido fue también estadísticamente significativo al nivel del 5%. Ninguna de las otras relaciones con el contenido de magnesio de las hojas de las plantas normales o deficientes resultó estadísticamente significativa.



Cuadro Nº 4. Coeficientes de correlación para varias relaciones entre los contenidos de cationes de las muestras foliares y de suelos de Aquiares.

Factores de correlación		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas deficientes		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas aparentemente normales	
Suelos	Hojas	Profund. del suelo		Profund. del suelo	
		0 - 6"	12-18"	0 - 6"	12-18"
Mg-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.166	0.416	-0.034	-0.100
	Mg- h. def.	0.183	0.143		
Mg - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.168	0.440	0.522	-0.130
	Mg- h. def.	0.097	0.041		
Mg/K	Mg-h.ap.norm.	0.109	0.566	-0.644	-0.050
	Mg- h. def.	0.267	0.458		
K-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.300	0.006	0.280	0.084
	Mg- h. def.	-0.105	0.734*		
K - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.274	0.017*	0.634	0.364
	Mg- h. def.	-0.234	0.651*		
K-meq/100g.	K-h.ap.norm.	0.233	0.459	-0.503	0.026
	K- h. def.	0.091	-0.012		
K - % sat.	K-h.ap.norm.	0.253	0.466	-0.479	0.287
	K- h. def.	0.154	0.080		
Ca + Mg/K	K-h.ap.norm.	0.502	-0.062	0.672	-0.559
	K- h. def.	0.209	-0.307		
Ca-meq/100g.	Ca-h.ap.norm.	0.336	0.436	-0.190	-0.381
	Ca- h. def.	0.528	0.308		
Ca - % sat.	Ca-h.ap.norm.	0.212	0.478	-0.270	-0.488
	Ca- h. def.	0.154	0.234		
Ca/K	Ca-h.ap.norm.	-0.090	0.420	0.077	0.675
	Ca- h. def.	0.090	-0.340		

\* Significativo al nivel del 5%

### Relaciones con el K de las hojas

Al estudiar las relaciones con el contenido de potasio de las hojas de las plantas deficientes, ninguno de los coeficientes de correlación calculados fue estadísticamente significativo. Tampoco se encontró significancia alguna entre las relaciones con el contenido de potasio de las hojas de las plantas aparentemente normales.

### Relaciones con el Ca de las hojas

Cuando se relacionaron los contenidos de calcio de las hojas de las plantas deficientes o con apariencia de normales, con el calcio intercambiable del suelo superficial o del subsuelo, expresando el calcio intercambiable en cualquiera de las tres formas arriba indicadas, tampoco se encontró coeficiente de correlación significativo alguno.

## 2) Moravia

Los coeficientes de correlación obtenidos de las relaciones entre los análisis químicos de las muestras foliares y de suelos provenientes de Moravia, están expuestos en el Cuadro 5.

### Relaciones con el Mg de las hojas

En lo referente a las relaciones con el contenido de magnesio de las hojas de las plantas deficientes, los datos indican relación positiva significativa al nivel del 5% entre el magnesio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y la razón Mg/K del suelo superficial. Cuando en esta misma relación se tomaron los datos de la razón Mg/K correspondientes al subsuelo, el valor positivo de  $r$  tuvo el mismo grado de significancia. Otros coeficientes de correlación

Cuadro Nº 5. Coeficientes de correlación para varias relaciones entre los contenidos de cationes de las muestras foliares y de suelos de Moravia.

Factores de correlación		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas deficientes		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas aparentemente normales	
Suelos	Hojas	Profund., del suelo		Profund. del suelo	
		0 - 6"	12-18"	0 - 6"	12-18"
Mg-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	-0.240	-0.072	0.779	-0.055
	Mg- h. def.	-0.288	0.470		
Mg - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.205	0.006	0.826	0.056
	Mg- h. def.	-0.480	0.059		
Mg/K	Mg-h.ap.norm.	0.289	0.402	0.434	-0.561
	Mg- h. def.	0.737*	0.712*		
K-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.090	-0.114	-0.439	0.820
	Mg- h. def.	-0.667*	-0.730*		
K - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.182	-0.026	-0.445	0.779
	Mg- h. def.	-0.643*	-0.682*		
K-meq/100g.	K-h.ap.norm.	0.282	0.202	-0.111	-0.398
	K- h. def.	0.151	0.383		
K - % sat.	K-h.ap.norm.	0.239	0.114	-0.004	-0.360
	K- h. def.	0.120	0.303		
Ca + Mg/K	K-h.ap.norm.	-0.265	-0.457	0.183	0.193
	K- h. def.	-0.259	-0.566		
Ca-meq/100g.	Ca-h.ap.norm.	0.227	0.179	0.780	0.548
	Ca- h. def.	0.316	0.610		
Ca - % sat.	Ca-h.ap.norm.	-0.171	-0.452	0.761	0.457
	Ca- h. def.	0.427	0.616		
Ca/K	Ca-h.ap.norm.	0.620	0.850**	-0.769	-0.020
	Ca- h. def.	-0.171	-0.020		

\* Significativo al nivel del 5%

\*\* Significativo al nivel del 1%

significativos al nivel del 5%, pero negativos, se obtuvieron cuando se correlacionó el magnesio de las hojas mostrando síntomas de deficiencia de magnesio, con el potasio intercambiable del suelo superficial o del subsuelo, expresado como meq./100 g. o como porcentaje de saturación del complejo intercambiable; sin embargo, cuando para estas relaciones (Mg hojas vs. K intercambiable suelos) se tomaron los datos del subsuelo, los valores  $r$  obtenidos fueron algo más elevados que cuando se consideraron los datos del suelo superficial. No hubo diferencia significativa entre los coeficientes de correlación cuando para estas relaciones se consideraron los contenidos de potasio intercambiable del subsuelo, expresados como meq./100 g. o como porcentaje de saturación del complejo intercambiable.

El diagrama de la Figura 1 muestra la relación entre el contenido de magnesio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y la razón Mg/K del suelo superficial de Moravia. Tal relación resultó con el más alto valor positivo de  $r$  de entre todas las relaciones estudiadas con el magnesio de las hojas en este lugar. En el diagrama se muestra que la relación entre estas variables es positiva. También se puede ver la magnitud de las desviaciones a partir de la línea de regresión. La ecuación de la línea de regresión ( $Y = a + b \cdot x$ ) en este caso fue:  $Y = 5.06 + 0.15 x$ ; donde  $Y$  = contenido de Mg de las hojas con síntomas de deficiencia,  $a$  = ordenada al origen cuando  $x$  es igual a 0,  $b$  = coeficiente de regresión, y  $x$  = Mg/K del suelo superficial.

El más alto valor negativo de  $r$  concerniente a las relaciones con el magnesio de las hojas de los cafetos de Moravia fue para la relación entre el magnesio en las hojas con síntomas de deficiencia de

magnesio y el potasio intercambiable del subsuelo expresado en meq./100 g. La Figura 2 muestra que la relación entre estas variables es inversa. La ecuación de la línea de regresión resultó ser:  $Y = 8.12 - 0.38 x$ .

Ninguno de los coeficientes de correlación calculados entre los contenidos de magnesio de las hojas y los contenidos de magnesio intercambiables del suelo expresados como meq./100 g. o como porcentaje de saturación del complejo intercambiable, resultó significativo. Tampoco se encontró coeficiente de correlación significativo cuando se relacionaron los contenidos de magnesio de las hojas de las plantas con apariencia normal, con cualquiera de los cationes o razones de cationes del suelo con que fueron relacionados los contenidos de magnesio de las hojas en este trabajo.

#### Relaciones con el K de las hojas

Al igual que en el caso de Aquiares, ninguno de los coeficientes de correlación calculados para las relaciones entre el contenido de potasio de las hojas de las plantas aparentemente normales o deficientes y el potasio del suelo superficial o subsuelo resultó estadísticamente significativo en Moravia.

#### Relaciones con el Ca de las hojas

Se obtuvo un coeficiente positivo altamente significativo entre el calcio de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes y la razón Ca/K del subsuelo. En el diagrama de la Figura 3 se muestran las desviaciones a partir de la línea de regresión que resultaron de esta relación. La ecuación fue:  $Y = 42.6 + 0.75 x$ . Ninguna de las otras relaciones estudiadas con el calcio de las hojas de las plantas deficientes o normales resultó ser estadísticamente

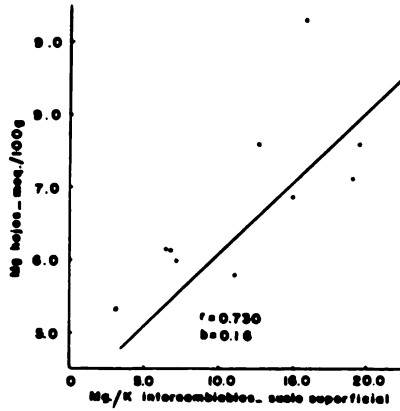


FIGURA 1 Relación entre los contenidos de Mg en las hojas con síntomas de deficiencia de Mg de las plantas deficientes de Moravia, y la razón Mg/K en el suelo superficial (prof. de 0 a 6")

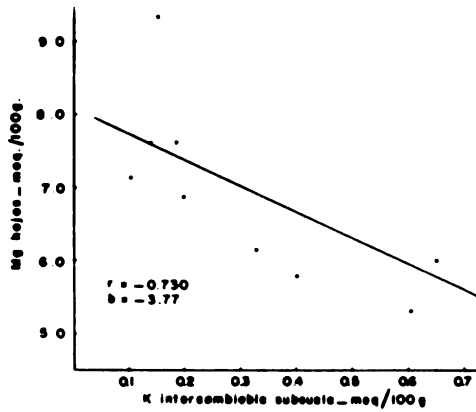


FIGURA 2 Relación entre mg./100 g. de K intercambiable en el subsuelo (prof. de 1. a 18") de Moravia, y el Mg de las hojas con síntomas de deficiencia de Mg.

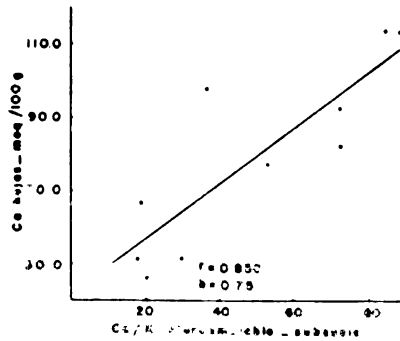


FIGURA 3 Relación entre el Ca de las hojas y, respectivamente, el Ca de las plantas deficientes de Moravia, y la razón Ca/K del subsuelo (prof. de 1 a 18")

significativa.

### 3) Campo Gamma

Los coeficientes de correlación obtenidos de las relaciones entre los análisis químicos de las muestras foliares y de suelos provenientes del Campo Gamma, están expuestos en el Cuadro 6.

#### Relaciones con el Mg de las hojas

Se obtuvo un coeficiente de correlación positivo significativo al nivel del 5%, cuando los factores de la correlación fueron los contenidos de magnesio de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes y los contenidos de magnesio intercambiable del suelo superficial, expresado como meq./100 g. Cuando el magnesio intercambiable del suelo superficial fue expresado como porcentaje de saturación del complejo intercambiable, el valor resultante de  $r$  fue del mismo grado de significancia. Al igual que en el caso de Aquiares, en el de Moravia el magnesio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio estuvo relacionado significativamente (al nivel del 5%) con el potasio del suelo. Ninguna de las otras relaciones entre los contenidos de magnesio de las hojas de las plantas deficientes y con apariencia normal y cualquiera de los cationes o razones de cationes del suelo con que se relacionaron los contenidos de magnesio de las hojas en este trabajo fueron estadísticamente significativas en el caso de Moravia.

El diagrama de la Figura 4 muestra la relación entre los contenidos de magnesio de hojas aparentemente normales de las plantas deficientes y los contenidos de magnesio intercambiable del suelo superficial expresados como meq./100 g. Esta fue la relación que resultó

Cuadro Nº 6. Coeficientes de correlación para varias relaciones entre los contenidos de cationes de las muestras foliares y de suelos del Campo Gamma.

Factores de correlación		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas deficientes		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas aparentemente normales	
Suelos	Hojas	Profund. del suelo		Profund. del suelo	
		0 - 6"	12-18"	0 - 6"	12-18"
Mg-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.685 <sup>*</sup>	-0.558	0.210	0.575
	Mg- h. def.	0.446	-0.530		
Mg - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.635 <sup>*</sup>	-0.519	0.164	0.427
	Mg- h. def.	0.469	-0.357		
Mg/K	Mg-h.ap.norm.	0.440	0.057	-0.239	0.110
	Mg - h. def.	-0.113	-0.175		
K-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.194	-0.249	0.709	-0.089
	Mg- h. def.	0.681 <sup>*</sup>	0.228		
K - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.113 <sup>*</sup>	-0.270	0.757	0.069
	Mg- h. def.	0.649 <sup>*</sup>	0.238		
K-meq/100g.	K-h.ap.norm.	-0.233	-0.225	0.519	0.393
	K-h. def.	0.047	-0.514		
K - % sat.	K-h.ap.norm.	-0.318	-0.377	0.506 <sup>a</sup>	0.119
	K-h. def.	-0.065	-0.614		
Ca + Mg/K	K-h.ap.norm.	-0.015	0.260	-0.775	-0.725
	K-h. def.	0.188	-0.224		
Ca-meq/100g.	Ca-h.ap.norm.	-0.250	0.848 <sup>**</sup>	-0.644	-0.206
	Ca-h. def.	0.040	0.098		
Ca - % sat.	Ca-h.ap.norm.	-0.234	0.847 <sup>**</sup>	-0.667	-0.223
	Ca-h. def.	0.040	0.084		
Ca/K	Ca-h. ap.norm.	0.300	0.860 <sup>**</sup>	-0.744	-0.429
	Ca-h. def.	0.110	0.220		

\* Significativo al nivel del 5%

\*\* Significativo al nivel del 1%

a Los datos de las hojas fueron expresados como porcentaje en peso sobre base seca.



con el más alto valor de r de entre todas las relaciones estudiadas con el magnesio en las hojas cuando los datos de los tres lugares estudiados fueron considerados separadamente. En el diagrama se indica la relación positiva así como también las desviaciones con respecto a la línea de regresión. La ecuación de la línea de regresión fue:

$$Y = 3.65 + 32.39 x.$$

#### Relaciones con el K de las hojas

Al igual que para Aquiares y para Moravia, ninguno de los coeficientes de correlación calculados para las relaciones entre el contenido de potasio de las hojas de las plantas aparentemente normales o deficientes y el potasio del suelo superficial o del subsuelo expresado como meq./100 g., como porcentaje de saturación del complejo intercambiable o como la razón Ca+Mg/K, resultó estadísticamente significativo.

#### Relaciones con el Ca de las hojas

Para las relaciones con el contenido de calcio de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes, se indican en el Cuadro 6 los valores de r significativos al nivel del 1% entre dichos contenidos de calcio y el calcio intercambiable del subsuelo expresado como meq./100 g. o como porcentaje de saturación del complejo intercambiable. Cuando se relacionaron los contenidos de calcio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio con la razón Ca/K del subsuelo, se obtuvo en el caso de Moravia un coeficiente de correlación significativo al nivel del 1% como lo hemos visto. La misma relación (calcio de las hojas de las plantas deficientes vs. Ca/K del subsuelo) en el caso del Campo Gamma fue significativa también

al nivel del 1%.

Ninguno de los otros coeficientes de correlación calculados entre los contenidos de calcio de las hojas de las plantas deficientes o aparentemente normales y el calcio intercambiable del suelo superficial o del subsuelo, expresado en las formas indicadas en el Cuadro 6 fue estadísticamente significativo.

En el diagrama de la Figura 5 se muestra la relación entre los contenidos de calcio de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes y el calcio intercambiable del subsuelo expresado como meq./100 g. Esta relación fue la de más alto coeficiente de correlación de entre todas las relaciones estudiadas entre los contenidos absolutos de cationes de las hojas y los contenidos absolutos de cationes intercambiables del suelo, cuando los datos de los tres lugares de donde se tomaron las muestras se consideraron separadamente para el cálculo de los coeficientes. En el diagrama se muestra que la relación entre las variables es positiva. También se puede ver la magnitud de las desviaciones respecto a la línea de regresión. La ecuación de la línea de regresión resultó ser:  $Y = 43.43 + 50.40 x$ .

**B - Coefficientes de correlación obtenidos tomando en conjunto los datos de los tres lugares**

**Relaciones con el Mg de las hojas**

Todas las relaciones entre el contenido de magnesio de las hojas muestreadas de las plantas deficientes y el magnesio intercambiable de los suelos superficiales o de los subsuelos, expresado en cualquiera de las formas en que se expresó el magnesio intercambiable de los suelos en este trabajo (ver Cuadro 7) resultaron con valores r

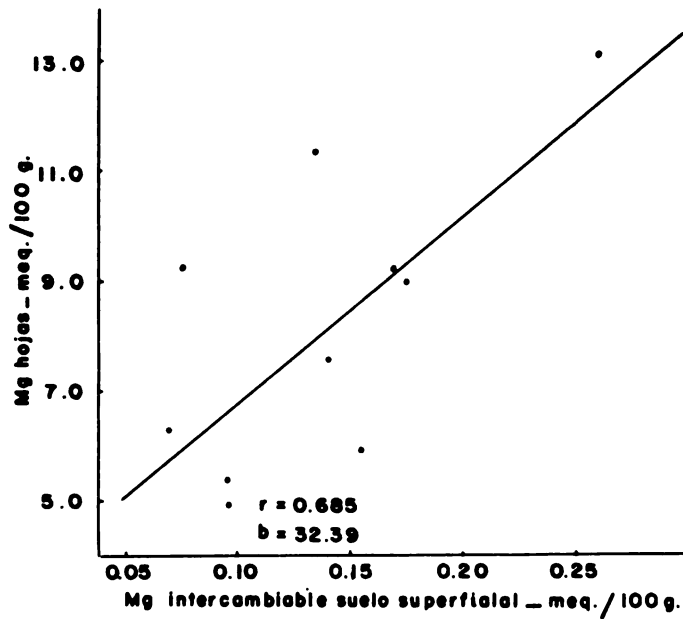


FIGURA 4 Relación entre meq./100 g de Mg intercambiable en el suelo superficial (prof. de 0 a 6") del Campo G., y el Mg de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes en Mg.

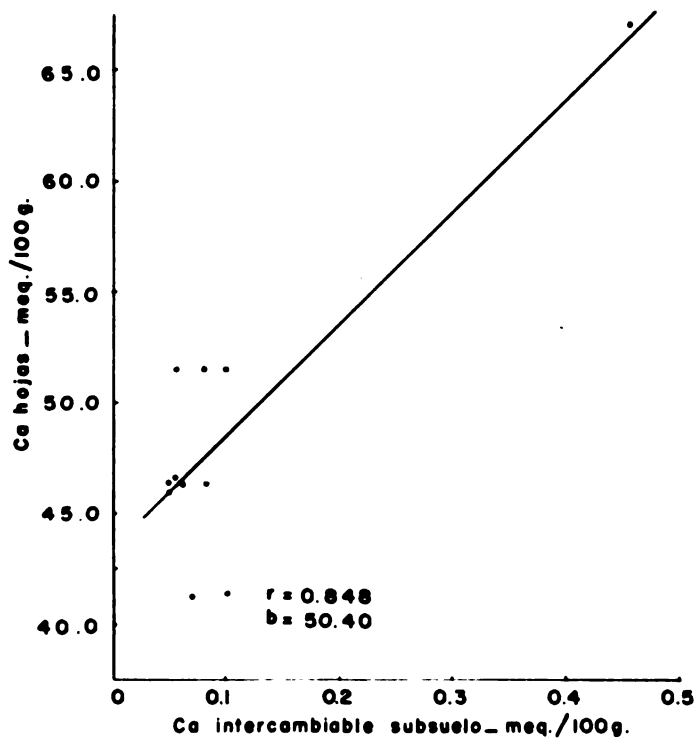


FIGURA 5 Relación entre meq./100 g. de Ca intercambiable en el subsuelo (prof. de 12 a 18") del Campo G., y el Ca en las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes en Mg.

Cuadro Nº 7. Coeficientes de correlación para varias relaciones entre los contenidos de cationes de las muestras foliares y de suelos cuando se tomaron en conjunto los datos de los tres lugares estudiados.

Factores de correlación		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas deficientes		Coeficiente para las relaciones con los contenidos de las hojas de las plantas aparentemente normales	
Suelos	Hojas	Profund. del suelo		Profund. del suelo	
		0 - 6"	12-18"	0 - 6"	12-18"
Mg-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.738 <sup>***</sup>	0.533 <sup>**</sup>	-0.424	-0.412
	Mg-h. def.	0.690 <sup>***</sup>	0.503 <sup>**</sup>		
Mg - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.742 <sup>***</sup>	0.721 <sup>***</sup>	-0.416	-0.405
	Mg-h. def.	0.639 <sup>***</sup>	0.652 <sup>***</sup>		
Mg/K	Mg-h.ap.norm.	0.707 <sup>***</sup>	0.707 <sup>***</sup>	-0.315	-0.311
	Mg-h. def.	0.641 <sup>***</sup>	0.641 <sup>***</sup>		
K-meq/100g.	Mg-h.ap.norm.	0.347	0.174	-0.113	-0.147
	Mg-h. def.	0.185	0.317		
K - % sat.	Mg-h.ap.norm.	0.360	0.199	-0.100	-0.158
	Mg-h. def.	0.179	0.311		
K-meq/100g.	K-h.ap.norm.	0.245	0.403	0.384	0.695 <sup>**</sup>
	K-h. def.	0.044	0.180		
K - % sat.	K-h.ap.norm.	0.073	0.365	0.362	0.534 <sup>*</sup>
	K-h. def.	-0.091	0.152		
Ca + Mg/K	K-h.ap.norm.	-0.637 <sup>***</sup>	-0.715 <sup>***</sup>	-0.288	-0.169
	K-h. def.	-0.654 <sup>***</sup>	-0.713 <sup>***</sup>		
Ca-meq/100g.	Ca-h.ap.norm.	0.651 <sup>***</sup>	0.609 <sup>***</sup>	0.268	0.252
	Ca-h. def.	0.784 <sup>***</sup>	0.754 <sup>***</sup>		
Ca - % sat.	Ca-h.ap.norm.	0.590 <sup>***</sup>	0.550 <sup>**</sup>	0.231	0.195
	Ca-h. def.	0.841 <sup>***</sup>	0.825 <sup>***</sup>		
Ca/K	Ca-h.ap.norm.	0.714 <sup>***</sup>	0.804 <sup>***</sup>	-0.295	0.148
	Ca-h. def.	0.680 <sup>***</sup>	0.622 <sup>***</sup>		

<sup>\*</sup> Significativo al nivel del 5%  
<sup>\*\*</sup> Significativo al nivel del 1%  
<sup>\*\*\*</sup> Significativo al nivel del 1%o

altamente significativos y casi todos al nivel del 1%. Los únicos valores  $r$  significativos al nivel del 1% correspondieron a las relaciones: Mg hojas de las plantas deficientes vs. Mg subsuelos.

Todas las relaciones Mg hojas vs. Mg intercambiable de los suelos, así como las relaciones Mg hojas vs. razón Mg/K de los suelos fueron positivas. Ninguna de las correlaciones calculadas entre el magnesio de las hojas y el potasio de los suelos, fueron estadísticamente significativas en el caso de las muestras deficientes. Tampoco fueron significativas las relaciones entre los contenidos de magnesio de las hojas de las plantas aparentemente normales y los cationes o razones de cationes de los suelos con que se relacionaron dichos contenidos.

El más alto valor positivo de  $r$  concerniente a las relaciones con los contenidos de magnesio de las hojas cuando los datos de los tres lugares fueron tomados en conjunto, fue para la relación entre el magnesio de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes y el magnesio de los suelos superficiales, expresado como porcentaje de saturación del complejo intercambiable. La Figura 6 muestra que la relación entre estas variables es positiva; la ecuación de la línea de regresión resultó ser:  $Y = 8.86 + 0.61 x$ .

#### Relaciones con el K de las hojas

Ninguna de las correlaciones entre el potasio de las hojas muestreadas de las plantas deficientes y el potasio intercambiable de los suelos o de los subsuelos expresado como meq./100 g. o como porcentaje de saturación del complejo intercambiable, fue estadísticamente significativa. En cambio, cuando se correlacionaron estos mismos factores (K hojas vs. K intercambiable suelos), tomando los datos

provenientes de las plantas que tienen apariencia normal, sí se obtuvieron coeficientes de correlación significativos. Sucedió todo lo contrario para la relación potasio de las hojas vs. razón Ca + Mg/K de los suelos, pues mientras las relaciones entre los datos de suelos y de hojas de las plantas deficientes fueron todas significativas al nivel del 1%, las relaciones entre los datos de suelos y hojas de las plantas aparentemente normales resultaron no significativas.

El más alto valor positivo de  $r$  de entre todas las relaciones con el potasio de las hojas correspondió en el caso en que se tomaron los datos de los tres lugares en conjunto, a la relación entre el potasio de las hojas de las plantas con apariencia normal y el potasio intercambiable de los subsuelos expresado como meq./100 g. La Figura 7 muestra que la relación es positiva, y la ecuación de la línea de regresión resultó ser:  $Y = 48.25 + 11.5 x$ .

Los más altos valores negativos de  $r$  correspondientes a estas mismas relaciones con los contenidos de potasio en las hojas, fueron en cambio para las relaciones: potasio de las hojas (tanto aparentemente normales como con síntomas de deficiencia de magnesio) de las plantas deficientes vs. razón Ca + Mg/K en los subsuelos; sin embargo, cuando se tomaron para estas mismas relaciones los datos correspondientes a los suelos superficiales en vez de los datos de los subsuelos, los coeficientes de correlación obtenidos tuvieron el mismo grado de significancia. La Figura 8 nos deja ver la relación negativa y la ecuación de regresión correspondiente es  $Y = 67.15 - 0.22 x$ .

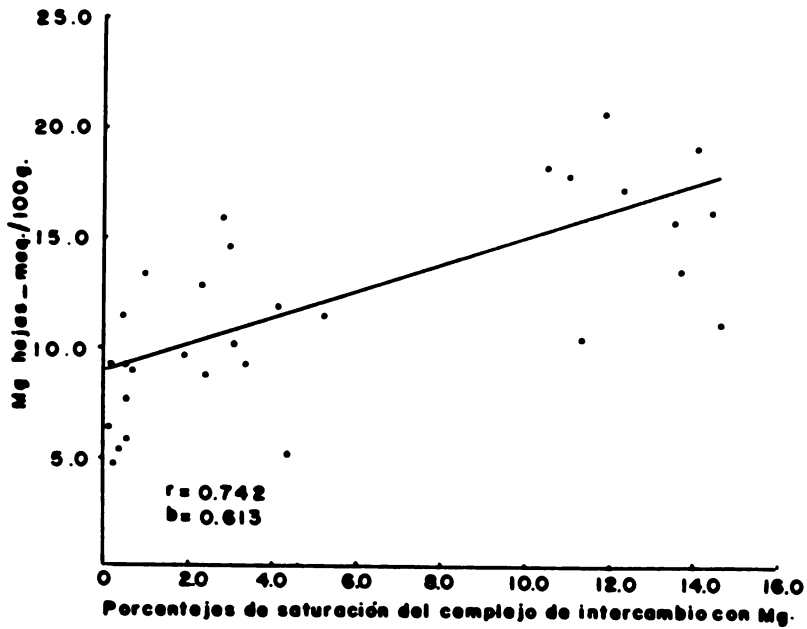


FIGURA 6 Relación entre los porcentajes de saturación con Mg del complejo intercambiable de los suelos superficiales, y el Mg en las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes.

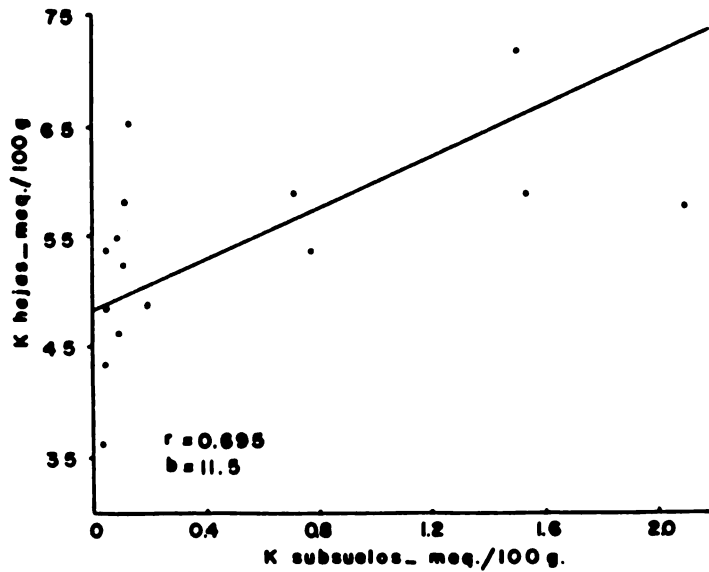


FIGURA 7 Relación entre meq./100 g. de K intercambiable en los subsuelos "aparentemente normales", y el K en las hojas de las plantas creciendo sobre ellos.

### Relaciones con el Ca de las hojas

Todos los coeficientes de correlación calculados entre los contenidos de calcio de las hojas de las plantas deficientes y los contenidos de calcio intercambiable de los suelos expresado como meq./100 g., porcentaje de saturación del complejo intercambiable, o como la razón Ca/K, resultaron positivos y estadísticamente significativos al nivel del 1% o a un nivel superior a este grado de significancia. En cambio, como puede verse en el Cuadro 7, al correlacionar los datos provenientes de los suelos y las hojas de las plantas aparentemente normales, ninguno de los valores r fue estadísticamente significativo.

Los más altos valores positivos de r de entre las relaciones con los contenidos de calcio de las hojas, cuando fueron considerados en conjunto los datos de los tres lugares, que fueron también los más altos valores r encontrados en este trabajo, correspondieron a las relaciones entre los contenidos de calcio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y el calcio de los suelos, expresado como porcentaje de saturación del complejo intercambiable. Sin embargo, cuando para estas mismas relaciones los datos del suelo se expresaron como meq./100 g. los valores r que se obtuvieron correspondieron en general al mismo grado de significancia. En la Figura 9 se muestra la relación entre los contenidos de calcio de las hojas con síntomas de deficiencia de magnesio y el calcio de los suelos superficiales. El diagrama indica que la relación entre las variables es positiva. La ecuación en este caso resultó:  $Y = 47.06 + 0.71 x$ .



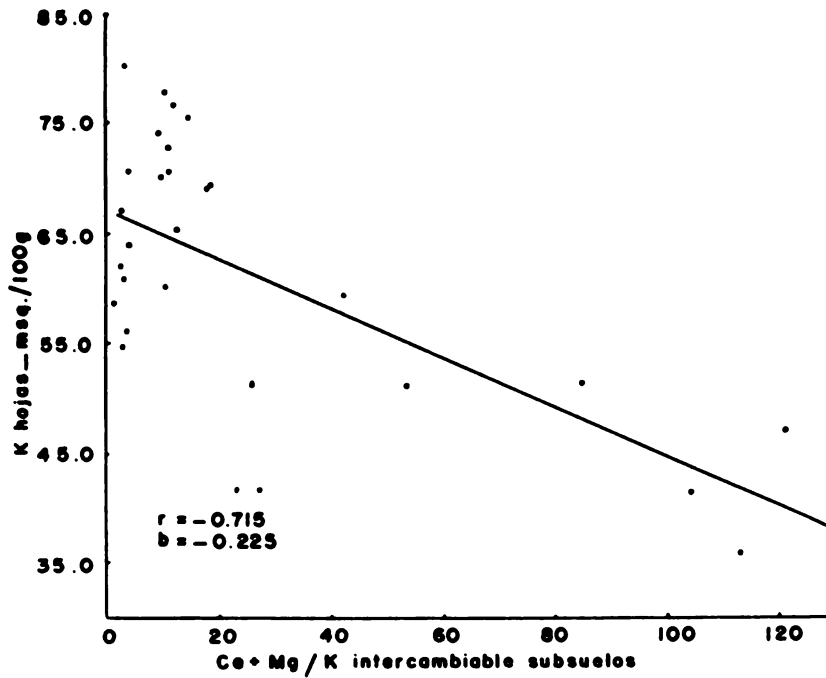


FIGURA 8 Relación entre el K en las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes en Mg, y la razón Ca+Mg/K en los subsuelos deficientes.

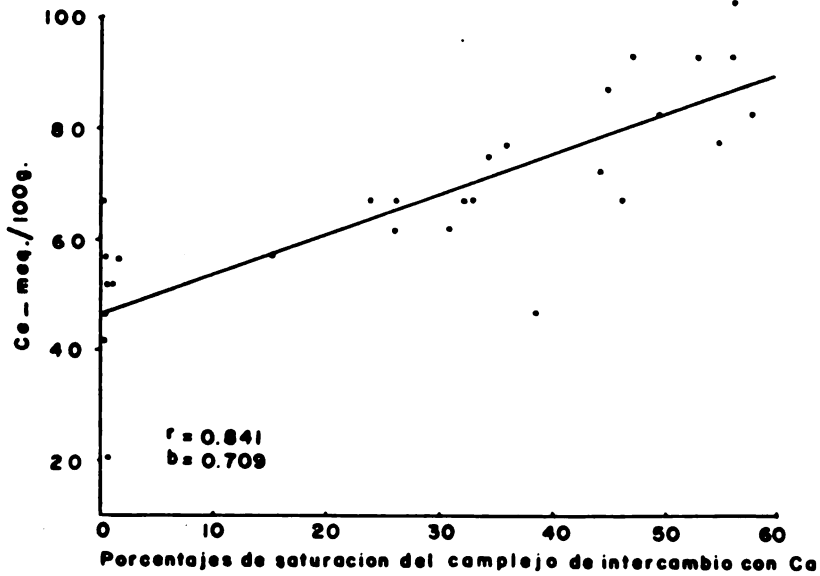


FIGURA 9 Relación entre los porcentajes de saturación con Ca, del complejo intercambiable de los suelos superficiales, y el Ca de las hojas con síntomas de deficiencia de Mg.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### Promedios y razones aritméticas de los análisis químicos

La reacción fuertemente ácida y el bajo porcentaje de saturación de bases del suelo del Campo Gamma, así como los valores mucho más altos de estos factores en el suelo de Aquiares, podrían explicarse en base a lo encontrado en las investigaciones de Ayers (1), Craig y Halis (8) y muchos otros investigadores: que los porcentajes de saturación de bases del suelo y por tanto su concentración de iones H, son funciones de la precipitación. Sabemos que el suelo de Aquiares por ser de reciente formación ha estado sometido a lixiviación por un tiempo relativamente corto, en cambio el suelo del Campo Gamma por su lejano origen en el Mioceno lo ha estado por un tiempo mucho más largo.

Los más altos contenidos de K del suelo de Aquiares, a pesar de que sus contenidos de Ca y Mg son más bajos que los del suelo de Moravia, pueden atribuirse al origen volcánico reciente y al carácter andesítico de la roca madre de este suelo.

Como puede observarse en los Cuadros 1a, 2a, y 3a, que muestran los resultados de los análisis químicos de suelos, las más grandes diferencias entre los contenidos de cationes del suelo de reciente formación de Aquiares (poco lixiviado) y el suelo de Campo Gamma (muy lixiviado), corresponde a los contenidos de Ca intercambiable (en promedio 12.4 meq. en el suelo y 10.0 meq. en el subsuelo de Aquiares, 0.15 meq. en el suelo y subsuelo del Campo Gamma, respectivamente); la menor diferencia corresponde a los contenidos de K intercambiable (en promedio 0.98 meq. en el suelo y 1.14 meq. en el subsuelo de Aquiares, 0.09 meq. en el suelo y 0.08 meq. en el subsuelo del Campo

Gamma, respectivamente). Esto está de acuerdo con el hecho muy conocido que las pérdidas de Ca debidas a la lixiviación normalmente son muy altas, aquellas de Mg considerablemente menores, y las de K generalmente sin importancia.

La elevada capacidad de intercambio catiónico del suelo de Aquiares puede explicarse por su alto contenido de materia orgánica. Sin embargo, a pesar de que los contenidos de materia orgánica de Moravia son más bajos que los del suelo del Campo Gamma, no corresponden a Moravia las más bajas capacidades de intercambio; probablemente la cantidad, y tal vez la naturaleza de los coloides arcillosos (factores que también determinan la capacidad de intercambio de un suelo) son diferentes en el caso de Moravia.

La poca diferencia existente entre los contenidos de materia orgánica del suelo superficial y del subsuelo tanto en Aquiares como en el Campo Gamma, quizás se debe a la buena estructura de estos suelos, la cual permite la fácil penetración orgánica a una profundidad apreciable. En cambio, la estructura menos apropiada y el mal drenaje del suelo de Moravia determinan la baja concentración de materia orgánica en el suelo superficial y su difícil penetración a profundidades mayores.

A continuación se tratan de explicar los contenidos de cationes de las hojas de los cafetos tanto deficientes como aparentemente normales en cada uno de los lugares estudiados, en base de los contenidos absolutos y relativos de los cationes intercambiables del suelo.

### Aquiáres

Los valores muy bajos de las razones Mg/K y Ca + Mg/K del suelo, así como el valor alto de la razón Ca/K pueden señalarse como las posibles causas de que las hojas de los cafetos, tanto deficientes como aparentemente normales, tengan en esta localidad bajos niveles de Mg y altos de K. Como las cantidades absolutas de Ca y Mg intercambiables no son en realidad bajas, se asume que los altos contenidos absolutos de K intercambiable sean la causa primordial de los contenidos indicados en las hojas.

Las concentraciones de Mg aún más bajas, que ocasionaron la aparición de los síntomas de deficiencia de Mg en las hojas de las plantas deficientes, podrían explicarse por la razón Ca/Mg más alta para los suelos "deficientes" que para los "aparentemente normales".

### Moravia

Los bajos contenidos de Mg que en general se encontraron en las hojas de las plantas tanto deficientes como aparentemente normales de Moravia, no podrían explicarse por el antagonismo iónico entre el K y el Mg, puesto que los contenidos relativos de K son bajos (altas razones Ca + Mg/K y Mg/K). Estos bajos contenidos de Mg así como los altos contenidos de Ca de las hojas de las plantas deficientes podrían explicarse más bien por la razón Ca/Mg algo alta del suelo; sin embargo esta razón no es suficientemente alta para poder determinar por sí sola estos contenidos de cationes en las hojas. Es importante considerar, especialmente en el caso de Moravia, que además de la concentración de cationes intercambiables del suelo y de sus acciones antagónicas, existen otros factores que pueden determinar los

contenidos de cationes en las hojas de las plantas. Es muy posible que las malas condiciones del "espacio radical", debidas al mal drenaje en el suelo de Moravia, hayan sido responsables de los en general, bajos contenidos de cationes en las hojas de las plantas, a pesar de los altos contenidos de cationes intercambiables de este suelo y del buen balance entre ellos.

Las razones Mg/K y Ca + Mg/K más bajas para los suelos "deficientes" que para los "normales" podrían indicarse como causas posibles de los contenidos aún más bajos de Mg que indudablemente indujeron la aparición de los síntomas de deficiencia de Mg tan marcados en las hojas de las plantas deficientes.

#### Campo Gamma

Los contenidos tan bajos de Ca y Mg de las hojas de las plantas deficientes del Campo Gamma podrían explicarse en términos del bajísimo nivel de fertilidad de este suelo. Podemos suponer que en virtud de la pobreza del suelo en Ca y Mg (cationes antagónicos al K) la absorción por las plantas del K intercambiable pudo hacerse fácilmente en este caso, lo que resultó en el contenido relativamente alto de este elemento en las hojas de las plantas deficientes de este lugar. Los contenidos mucho más elevados de Ca y Mg en las hojas de las plantas aparentemente normales (en comparación con dichos contenidos en las hojas de las plantas deficientes) no podrían explicarse en términos de los contenidos relativos de cationes intercambiables en el suelo. Aunque el contenido relativo de K es más bajo para el suelo y subsuelo "aparentemente normales" que para los "deficientes", su nivel relativamente alto tanto en los suelos "deficientes" como en

los "aparentemente normales", ocasionaría contenidos bajos de Ca y Mg y altos de K, no sólo en las hojas de las plantas deficientes, como sucedió en este caso, sino también en las hojas de las plantas aparentemente normales. Podría suponerse más bien que los contenidos mucho más altos de Ca y Mg en las hojas de las plantas aparentemente normales se debieron a la más profunda penetración de las raíces de estas plantas en el suelo.

Relaciones entre los resultados del análisis  
químico de las hojas y de los suelos

I. Resultados considerando los lugares individualmente

Los coeficientes de correlación calculados para estimar el grado de concordancia entre el contenido de Mg intercambiable de las muestras de suelos expresado en meq./100 g. y en porcentaje de saturación, y los contenidos de este mismo elemento en las muestras de hojas de las plantas deficientes, indican que solo se encontró relación estadísticamente significativa cuando fueron considerados los datos del suelo superficial y de las hojas aparentemente normales de los cafetos deficientes correspondientes al Campo Gamma. Estos coeficientes de correlación significativos indican a su vez que los factores que en todos los otros casos de la relación Mg suelo vs. Mg hojas impidieron la concordancia estrecha entre las variables; en estas circunstancias no tuvieron efecto apreciable. Los coeficientes de correlación entre los contenidos de K intercambiable de las muestras de suelos y los de Mg de las hojas de las plantas deficientes demuestran que el efecto antagónico del K sólo en el caso de Moravia constituyó factor importante en la falta de concordancia que en general existe entre los

contenidos de Mg del suelo y de las hojas de estas plantas. Otro testimonio de la conclusión anterior serían los coeficientes de correlación significativos entre el Mg de las hojas y la razón Mg/K del suelo, que se obtuvieron también sólo en el caso de Moravia. Es fácil comprender que en los casos en que el K afeste la absorción del Mg, la razón Mg/K del suelo por descontar dicha acción, debe estar más de acuerdo con los contenidos de Mg de las hojas.

Los coeficientes de correlación entre los contenidos de K intercambiable, expresados en meq./100 g. y en porcentaje de saturación, y los contenidos de K de las hojas de las plantas deficientes, muestran que las relaciones entre estos valores no son estadísticamente significativas en ninguno de los lugares o casos estudiados. En esta falta de relación no influyeron en forma significativa las acciones antagónicas entre los cationes divalentes y el K intercambiable del suelo. Así podría decirse por los coeficientes de correlación no significativos entre los contenidos de K de las hojas y la razón Ca + Mg/K de los suelos "deficientes".

Los coeficientes de correlación entre los contenidos de Ca intercambiable (expresados en meq./100 g. y en porcentaje de saturación del complejo intercambiable) y los contenidos de Ca de las hojas de las plantas deficientes, indican que hubo relación estadísticamente significativa cuando se consideraron los datos del subsuelo y los de las hojas aparentemente normales de las plantas deficientes, pero solamente para la localidad del Campo Gamma. Los coeficientes de correlación significativos que en estos casos se obtuvieron, indican a su vez que los factores que en todos los otros casos de esta misma relación (Ca suelos vs. Ca hojas de plantas deficientes) impidieron la concordancia

estrecha entre las variables, en estas circunstancias no tuvieron efecto apreciable. Los coeficientes de correlación entre el Ca de las hojas y la razón Ca/K de los suelos "deficientes" indican que sólo en el caso del subsuelo de Moravia la acción antagónica entre el K y el Ca reduce la absorción del Ca por las plantas deficientes.

Cuando los datos de los suelos y de las hojas de las plantas aparentemente normales fueron correlacionados independientemente para cada uno de los tres lugares estudiados, ninguno de los coeficientes de correlación obtenidos fue estadísticamente significativo. Esto indica que en estos casos los contenidos de cationes de las muestras de hojas no varían en concordancia con los de las muestras de suelos. Las acciones antagónicas entre cationes del suelo no constituyen factores importantes en esta discordancia. Así lo demuestran los coeficientes de correlación tampoco significativos que se obtuvieron entre los contenidos de cationes de las hojas y los contenidos de cationes del suelo expresados en relación con los antagónicos.

## II. Resultados para los tres lugares en conjunto

Los coeficientes de correlación en el caso de las plantas deficientes, en general demuestran que el contenido de un catión determinado en las hojas sólo en muy pocos casos varía en concordancia con el contenido del mismo catión en el suelo cuando los datos de los tres lugares estudiados son considerados separadamente. En cambio al considerarlos en conjunto, el resultado es diferente y las correlaciones bien pueden ser altamente significativas. Mientras en el primer caso los coeficientes están determinados por las relaciones entre los contenidos de cationes pertenecientes a un solo nivel de riqueza, en el



segundo caso (datos de los tres lugares en conjunto) estos están determinados más bien por las relaciones entre los tres niveles de riqueza diferentes a que pertenecen tanto los contenidos de cationes de las hojas como los de los suelos "deficientes" de los tres lugares. Este hecho puede observarse fácilmente en la Figura 10 para el caso del Ca de los suelos expresado como porcentaje de saturación del complejo intercambiable en relación con el Ca en las hojas con síntomas de deficiencia de Mg. Esta figura es en sí la representación gráfica de la correlación y regresión entre las variables antedichas cuando los datos de los tres lugares fueron tomados en conjunto. Pero en ella, para un mejor entendimiento del problema, se han separado los datos de los tres lugares estudiados. Por los coeficientes de correlación que también se exponen en la figura, se demuestra que a pesar de la elevada correlación entre las variables cuando los datos fueron considerados en conjunto, las correlaciones fueron extremadamente bajas en dos de los tres lugares cuando los datos de cada lugar fueron tomados separadamente.

Los coeficientes de correlación no estadísticamente significativos encontrados entre los niveles de K intercambiable y los de Mg de las hojas de las plantas deficientes, demuestran que el efecto antagónico del K no afectó en forma pronunciada las relaciones entre los niveles de Mg intercambiable de los suelos "deficientes" y los niveles de Mg de las hojas de las plantas creciendo sobre él.

Como lo demuestran los coeficientes de correlación, no existió concordancia entre las variaciones de los niveles de K intercambiable de los diferentes suelos y los de las hojas de las plantas deficientes. Una causa muy importante de esta falta de concordancia podría

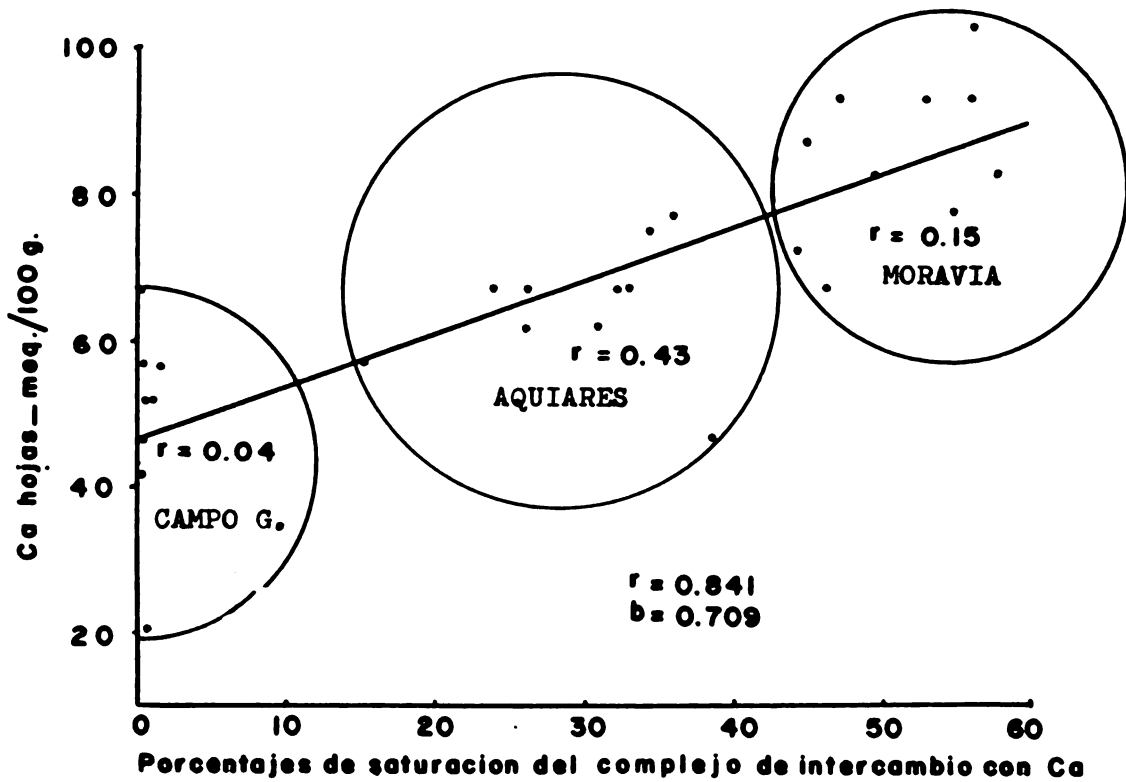


FIGURA 10 Relación entre los porcentajes de saturación con Ca, del complejo intercambiable de los suelos superficiales, y el Ca de las hojas con síntomas de deficiencia de Mg. En la figura se han separado los datos de los tres lugares estudiados.

ser el antagonismo entre el K y los cationes divalentes Ca y Mg; esto puede decirse por los coeficientes de correlación altamente significativos entre los niveles de K de las hojas y los de la razón  $Ca + Mg/K$ .

Las relaciones entre los niveles de Ca y Mg de los suelos y los de las hojas de las plantas aparentemente normales, a la inversa de lo que sucedió con estas relaciones en el caso de los cafetos deficientes en magnesio, no fueron significativas. Los coeficientes de correlación entre los niveles de Mg de las hojas y los valores de la razón  $Mg/K$  de los suelos "aparentemente normales", así como los coeficientes entre el K intercambiable de los suelos y el Mg de las hojas de estas plantas indican que no fue la acción antagónica entre el K y el Mg el factor importante en las discrepancias que se encontraron entre los niveles de Mg intercambiable y los de las hojas de las plantas normales.

Las únicas relaciones que resultaron estadísticamente significativas cuando se correlacionaron los niveles de cationes de los suelos y los de las hojas de las plantas aparentemente normales, ocurrieron entre los niveles de potasio intercambiable del subsuelo y los niveles de K en las hojas. Las acciones antagónicas entre el K y los cationes divalentes Ca y Mg no influyeron notablemente en estas relaciones. Esto está indicado por los coeficientes de correlación calculados entre los niveles de K en las hojas y los de la razón  $Ca + Mg/K$  de los suelos.

Puede decirse por los resultados que en general no se encuentran relaciones estrechas entre los contenidos de cationes intercambiables del suelo y los cationes en las hojas de los cafetos. Sólo se obtuvieron coeficientes de correlación significativos cuando se

relacionaron los niveles de Ca y Mg de los suelos y de las hojas de las plantas deficientes en Mg. El hecho de que no siempre hubo correlación significativa entre los contenidos de cationes del suelo y los contenidos de cationes de las hojas de los cafetos, indica que los análisis de suelos no podrían por sí solos reflejar las condiciones nutricionales de estas plantas.

## RESUMEN

El presente trabajo se hizo con el fin principal de obtener más conocimientos acerca de las relaciones entre el estado nutritivo de las plantas de café y la concentración de cationes intercambiables en el suelo bajo condiciones de la deficiencia de Mg. Con este fin se estudiaron en tres tipos diferentes de suelos las relaciones entre el Mg, Ca y K en las hojas de plantas de café tanto en plantas aparentemente normales como con síntomas de deficiencia de Mg, y estos mismos cationes en forma intercambiable en los suelos donde crecieron los cafetos.

De los promedios y razones aritméticas calculadas a partir de los datos del análisis químico de suelos y de hojas se puede concluir lo siguiente:

1. Los contenidos, tanto de las muestras de suelos como de las foliares de los tres lugares estudiados, corresponden a tres diferentes niveles de riqueza.
2. A pesar del desbalance de cationes intercambiables que existe en Aquiares y Campo Gamma, los contenidos promedios ("niveles") de Ca y Mg del suelo "deficiente" de cada uno de los lugares corresponden a los promedios de estos cationes en las hojas de las plantas deficientes.
3. Los contenidos de Ca y Mg de las hojas de las plantas deficientes son en general menores y los de K mayores que los de las plantas aparentemente normales.
4. Tanto para las plantas con síntomas de deficiencia de magnesio como para las aparentemente normales, los contenidos de magnesio en las hojas muestreadas son deficientes para los

tres lugares estudiados.

5. Los factores que determinaron los contenidos de cationes de las hojas de las plantas, tanto deficientes como aparentemente normales, fueron distintos para los tres lugares. Mientras que para Aquiares estos contenidos pueden explicarse por las cantidades relativas de los cationes antagónicos del suelo, para los otros dos lugares considerados no podrían ser explicados satisfactoriamente en términos de sólo este factor. En el caso de Moravia parece evidente que las malas condiciones del espacio radical juegan el rol más importante en los contenidos de cationes de las hojas. Para el caso del Campo Gamma, en cambio, parece que el factor más importante que determinó los contenidos de cationes de las hojas fue la extrema pobreza de este suelo. El contenido de Mg algo más alto en las hojas de las plantas aparentemente normales de cualquiera de los tres lugares puede explicarse satisfactoriamente, excepto para el caso del Campo Gamma, por las cantidades relativas más bajas en el suelo de los cationes antagónicos al Mg.

Por otro lado el análisis de los coeficientes de correlación obtenidos entre los contenidos absolutos y relativos de los cationes intercambiables del suelo, y la concentración de cationes en las hojas de las plantas deficientes y aparentemente normales, nos indican:

1. Salvo pocas excepciones, los contenidos absolutos de cationes intercambiables del suelo y los de las hojas correspondientes a un solo nivel de fertilidad (datos de un solo lugar) no variaron en mutua concordancia. En cambio, cuando

se consideraron en conjunto los datos de los tres lugares estudiados, las relaciones entre los tres diferentes niveles a que correspondieron dichos datos fueron muy estrechas para los casos del Ca y el Mg en las hojas y suelos deficientes.

2. El efecto antagónico del K no interfirió en forma estadísticamente significativa en las relaciones entre los niveles de Ca y Mg de los tres tipos de suelos y de los tres grupos de hojas, pero sí tuvo alguna importancia en la falta de concordancia de las variaciones de los contenidos de estos cationes en las muestras de suelos y hojas correspondientes a un solo nivel de riqueza. Los efectos antagónicos del Ca y el Mg aparentemente fueron causas principales en la falta de relaciones significativas entre los niveles de K intercambiable de los suelos y los niveles de este catión en las hojas de las plantas deficientes.
3. Otros factores, además del antagonismo iónico, determinaron especialmente para el caso de las plantas normales, la falta de concordancia entre los contenidos o niveles de cationes de los suelos y hojas.
4. Cuando en las correlaciones se expresaron los cationes del suelo en porcentaje de saturación del complejo intercambiable, en general no se obtuvieron coeficientes más elevados que cuando se lo hizo en meq./100 g. de suelo secado al aire.
5. Se obtuvieron diferencias más notables entre los coeficientes de correlación cuando se consideraron los niveles del suelo o del subsuelo de las plantas deficientes o

aparentemente normales o cuando se consideraron los contenidos o niveles de las hojas con síntomas de deficiencia de Mg o aparentemente normales de las plantas deficientes.

6. El hecho de que sólo en determinadas circunstancias se verificaron coeficientes de correlación estadísticamente significativos entre los cationes del suelo y de las hojas de cafetos deficientes en magnesio, indica que el análisis del suelo no puede por sí solo indicar las condiciones nutricionales de estas plantas. Los análisis de suelos y foliares usados en conjunto darían una información más verídica que cada uno por sí solo.



## SUMMARY

The present work was made with the main purpose of advancing the knowledge on the relationship between the nutritive state of coffee plants and concentration of soil exchangeable cations under conditions of Mg deficiency. With this purpose, the relationship between Mg, Ca and K in the leaves of coffee plants of normal appearance, as well as in leaves with Mg deficiency symptoms, were studied in three different types of soil, and the same cations in exchangeable form in the soils where the coffee plants grew.

From means and ratios based on leaf and soil chemical analyses, the following conclusions can be drawn:

1. Contents, both of soil and of leaf samples, belonging to the three sites studied, correspond to three different levels of richness.
2. In spite of the unbalance of exchangeable cations existing at Aquiares and Campo Gamma, the average contents (levels) of Ca and Mg of deficient soil in each of the sites, correspond to the average contents of these cations in the leaves of deficient plants.
3. Ca and Mg contents in the leaves of deficient plants are, in general lower, and K contents higher than those of plants with normal appearance.
4. Both for plants with Mg deficiency symptoms and for plants with normal appearance, Mg contents in the sampled leaves are deficient for the three sites studied.
5. Factors determining cation contents in the leaves of plants, both deficient as well as apparently normal, were different

for the three sites studied. While for Aquiares these contents can be explained in terms of the relative quantities of antagonistic soil cations, for the other two places an explanation based on this factor alone would not be satisfactory. In the case of Moravia it seems evident that poor conditions of root space play the most important role for determining cation contents in the leaves. For the Campo Gamma, on the other hand, the most important factor determining cation contents in the leaves was the fact that this soil is extremely poor. The fact that Mg content was somewhat higher in the leaves of plants with normal appearance in any of the three sites can be satisfactorily explained, except for the Campo Gamma, in terms of lower relative quantities of cations antagonistic to Mg in the soil.

On the other hand, analyses of correlation coefficients obtained between absolute and relative contents of soil exchangeable cations and cation concentration in the leaves of deficient as well as apparently normal plants indicate:

1. With few exceptions, the absolute contents of soil and leaf exchangeable cations corresponding to a single fertility level (one site data) did not vary accordingly. On the other hand, when considering data of the three sites studied as a whole, the relationship among the three different levels was very close for Ca and Mg in deficient soils and leaves.
2. The antagonistic effect of K did not interfere in a statistically significant way on the relationship among levels of Ca and Mg

of the three soil types and three groups of leaves, but some importance may be given to the lack of agreement of variations in cation contents of the soil and leaf samples at a single level of richness. Apparently, the antagonistic effects of Ca and Mg were the main causes for the lack of significant relationships among levels of exchangeable K in soils and leaves from deficient plants.

3. Other factors, besides ionic antagonism, determine the lack of agreement between soil and leaf cation contents, especially for normal plants.
4. When soil cations were expressed as percentage saturation of the exchangeable complex, in general, coefficients were not any higher than when they were expressed as meq./100 g. of air dried soil.
5. When levels of soil or subsoil of deficient or normal looking plants were considered, more notorious differences were obtained, or when considering contents or levels of the leaves with Mg deficiency symptoms or apparently normal from deficient plants.
6. The fact that only under some definite circumstances statistically significant correlation coefficients were obtained between soil and leaf cations from Mg deficient coffee trees, indicates that soil analysis by itself cannot give a clear picture of the nutritional conditions of these plants. Soil and leaf analyses used in conjunction should give a truer information than either one of them by itself.

## LITERATURA CITADA

1. AYERS, A. S. Soils of high-rainfall areas in the Hawaiian island. Hawaii Agr. Exp. Sta. Tech. Bul. No. 1. Sept. 1943.
2. BOYNTON, D. AND ERICKSON, A. A response of seedling cacao trees under nursery conditions to magnesium and calcium. American Society of Horticultural Science 64:15-20. 1954.
3. \_\_\_\_\_, CAIN, J. C. AND VAN GELUWE, J. Incipient magnesium deficiency in some New York Orchards. American Society of Horticultural Science 42:95-100. 1943.
4. \_\_\_\_\_ AND COMPTON, O. C. Leaf analysis in estimating the potassium, magnesium, and nitrogen needs of fruits trees. Soil Science 59:339-353. 1945.
5. CAIN, J. C. Some interrelationships between calcium, magnesium and potassium in one year old Mc. Intosh apple trees grown in sand culture. American Society of Horticultural Science 51:1-12. 1948.
6. \_\_\_\_\_ The effect of nitrogen and potassium fertilizers on the performance and mineral composition of apple trees. American Society of Horticultural Science 62:46.66. 1953.
7. CIBES, H. AND SAMUELS, E. Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees grown under controlled conditions. Puerto Rico Agricultural Experiment Station. Technical Paper No 4. 1955. 21 p.
8. CRAIG, N. AND HALAIS, P. The influence of maturity and rainfall on the properties of lateritic soils in Mauritius. Emp. Jour. Exp. Agr. 2:349-358. 1934.
9. DROSDOFF, M. AND KENWORTHY, A. L. Magnesium deficiency of tung trees. American Society of Horticultural Science 44:1-7. 1944.
10. EMMERT, F. H. The soluble and total phosphorus, potassium, calcium, and magnesium of apple leaves as affected by time and place of sampling. American Society of Horticultural Science 64:1-8. 1954.
11. FIESTER, D. R. The study of leaf chlorosis of coffee resembling the magnesium deficiency symptoms in some other fruit crops. M.S. unpublished thesis. Ithaca, N. Y.
12. GOODALL, D. W. AND GREGORY, F. G. Chemical composition of plants as an index of their nutritional status. Imp. Bur. of Hort. and Plant Crops Tech. Comm. 17. 1947.

13. GUISCAFRE, A. AND GOMEZ, L. Effect of solar radiation intensity on the vegetative growth and yield of coffee. The Jour. of Agr. of Univ. of Porto Rico, 26:73-90. 1942.
14. HARDING, R. B. Exchangeable cations in soils of California orange orchards in relation to yield and size of fruit and leaf composition. Soil Science 77:119-127. 1954.
15. HARDY, F. Comunicación personal. IICA, Turrialba, C. R. 1962.
16. HORTWITZ, W. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 8th ed. Washington 4, D. C. Association of Official Agricultural Chemists. 1948. 1008 p. Calcium Official micro-methods. p. 102.
17. JENNY, H. AND AYERS, A. D. The influence of the degree of saturation of soil colloids on the nutrient intake by roots. Soil Science 48:443-459. 1939.
18. KELLEY, W. P. Cation exchange in soils. Reinhold Publishing Corp. New York, U. S. A. p. 144. 1948.
19. MC LEAN, E. O. Reciprocal effects of magnesium and potassium as shown by their cationic activities in four clays. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 14:89-93. 1950.
20. MEHLICH, A. Improvements in the calorimetric magnesium and ammonium methods with sodium polyacrylate. North Carolina Agricultural Experiment Station Raleigh, N. C. (mimeographed).
21. MULLER, L. La aplicación del diagnóstico foliar en el cafeto (Coffea arabica L.) para una mejor fertilización. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas Turrialba 9(4):110-112. 1959.
22. NEARPASS, D. C. AND DROSDOFF, M. Potassium calcium and magnesium in tung leaves as related to these ions in the soil. Soil Science 74:295-300. 1952.
23. NIGHTINGALE, G. T. Light in relation to the growth and chemical composition of some horticultural plants. American Society of Horticultural Science Proceeding 19:18-29.
24. NUTMAN, F. J. Studies of the physiology of Coffea arabica. I. Photosynthesis of coffee leaves under natural conditions. Annals of Botany, New Series 1:353-367. 1937.
25. \_\_\_\_\_ The root system of Coffea arabica. Pt. i and 2. Emp. Jour. Exp. Agr. 1:271-296. 1934.
26. PEECH, M. et al. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U. S. Dept. Agr. Circ. 757. 1957.

27. PEREZ, V. M. Algunas deficiencias minerales del cafeto en Costa Rica. Costa Rica. Ministerio de Agricultura e Industrias. Información Técnica No. 2, 1957. 27 p.
28. PIERRE, W. J., AND BOWER, C. A. Potassium absorption by plants as affected by cationic relationships. Soil Science 55:23-36. 1943.
29. PRATT, D. F., JONES, W. W., BINGHAM, F. T. (U. of Calif. Citrus Exp. Sta., Riverside) Magnesium and potassium content of orange leaves in relation to exchangeable magnesium and potassium in the soil at various depths. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70:245-251. 1957.
30. PRINCE, A. L., ZIMMERMAN, M. AND BEAR, F. E. The magnesium supplying powers of 20 New Jersey Soil. Soil Science 63:69-78. 1947.
31. ROBINSON, J. B. D. AND CHENERY, E. M. Magnesium deficiency in coffee with special reference to mulching. Empire Journal of Experimental Agriculture. 26(103):239-273. 1958.
32. SAIZ DEL RIO, J. F. AND BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. 107 p. 1961.
33. SANDS, F. B. A study of the fertility status of cocoa and coffee soils in Costa Rica. Unpublished thesis, Cornell Univ. 1954.
34. SITTON, B. G., LEWIS, W. A., DRODOFF, M. AND BORROW, R. L. Trends in response of bearing tung trees to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers. American Society of Horticultural Science 64:29-46. 1954.
35. SOUTHWICK, L. Magnesium deficiency in Massachusetts apple orchards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 42:85-94. 1943.
36. TANADA, T. Utilization of nitrates by the coffee plant under different sunlight intensities. Journal of Agricultural Research. 72(7):245-258. April 1, 1946.
37. TITUS, S. J. AND BOYNTON, D. The relationships between soil analysis and leaf analysis in eighty New York Mc. Intosh apple orchards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61:6-26. 1953.
38. WALLACE, T. Magnesium deficiency of fruit trees. J. Pom. 17:150-166. 1939.

39. WELLMAN, F. L. Dissemination of Omphalia leaf spot of coffee. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba 1(1):12-27. 1950.
40. WILLARD, H. H., FURMAN, N. H. AND BRICKER, C. E. Análisis químico cuantitativo. Traducido del inglés por Fermín Capitán. 3a. ed. México, Editorial Marín, S. A. 1956. 557 p. Valoraciones por formación de complejos - Valoraciones mediante ácido etilendiaminotetraacético.
41. ZIMMERMAN, M. Magnesium in plants. Soil Science 63(1):1-12. 1947.

**APENDICE**



Cuadro No 8. Datos de los análisis químicos de las muestras de suelos provenientes de Aquiares.

A) Suelos "deficientes" en magnesio

Muestra	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO			
			Capac. interc. (meq./100 g. de suelo seco al aire)	Ca	Mg	K
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 S	6.10	9.11	44.15	15.36	1.44	0.859
2 "	6.25	7.91	33.87	13.06	1.44	0.726
3 "	5.80	9.38	42.16	10.90	1.02	0.655
4 "	6.15	9.78	44.50	13.80	1.92	0.644
5 "	6.20	10.05	46.02	16.56	1.44	0.829
6 "	5.85	8.98	44.03	10.54	1.02	0.890
7 "	5.45	8.31	39.94	6.14	0.78	0.644
8 "	6.10	10.59	45.55	14.74	1.86	1.355
9 "	6.20	7.64	45.32	12.06	1.26	1.381
10 "	5.95	10.32	42.63	13.98	1.26	0.767
Promedios	6.00	9.31	42.82	12.71	1.34	0.875
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	6.10	6.30	39.48	8.10	1.38	0.849
2 "	6.00	8.31	39.36	10.04	0.96	0.757
3 "	6.10	7.24	42.05	8.38	1.02	0.757
4 "	6.20	7.10	41.81	9.46	1.74	1.023
5 "	6.25	8.31	44.85	12.74	1.26	1.457
6 "	6.10	7.24	42.05	9.76	1.44	0.880
7 "	5.70	6.97	40.64	7.10	0.78	0.737
8 "	6.30	7.64	43.10	12.39	2.20	1.406
9 "	6.10	7.24	39.13	8.68	1.44	0.972
10 "	5.85	8.31	44.97	13.68	1.56	0.839
Promedios	6.07	7.47	41.74	10.03	1.38	0.968

B) Suelos "aparentemente normales"

Muestra	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO			
			Capac. interc. (meq./100 g. de suelo seco al aire)	Ca	Mg	K
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 ST	6.00	10.05	42.51	10.68	1.32	0.491
2 "	5.95	7.77	38.51	13.10	1.62	1.688
3 "	6.00	8.44	40.76	12.28	1.80	1.713
4 "	6.10	8.04	39.94	13.28	1.08	0.634
5 "	5.95	8.44	43.10	11.18	0.78	0.962
Promedios	6.00	8.55	40.96	12.10	1.32	1.098
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 "	6.10	6.44	39.94	7.96	0.84	1.509
2 "	6.10	5.09	38.19	11.12	2.52	1.534
3 "	6.20	5.09	41.00	12.12	1.68	2.097
4 "	6.10	6.96	44.15	9.50	1.14	0.706
5 "	5.95	7.37	43.45	8.72	0.84	0.777
Promedios	6.09	6.19	41.35	9.88	1.40	1.325

Cuadro NQ 9. Datos de los análisis químicos de las muestras de suelos provenientes de Moravia.

A) Suelos "deficientes" en magnesio

Muestra	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO			
			Capac. interc. (meq./100 g. de suelo seco al aire)	Ca	Mg	K
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 S	5.65	2.68	34.10	16.88	3.66	0.332
2 "	5.60	4.02	27.33	15.42	3.96	0.552
3 "	5.65	3.62	28.73	16.59	3.87	0.573
4 "	5.65	3.89	27.56	15.10	3.90	1.406
5 "	5.50	4.35	34.46	15.96	4.68	0.312
6 "	5.75	4.69	37.14	17.60	4.20	0.660
7 "	5.60	4.49	34.22	15.20	4.20	0.332
8 "	5.50	3.48	30.72	16.24	3.42	0.215
9 "	6.20	4.82	36.79	20.59	3.87	0.199
10 "	5.70	3.42	34.22	15.30	4.08	0.215
Promedios	5.68	3.95	32.53	16.49	3.98	0.480
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	5.85	1.00	33.40	11.88	5.40	0.409
2 "	5.70	1.21	24.53	12.92	4.68	0.644
3 "	5.65	1.14	34.11	12.74	4.80	0.701
4 "	5.45	1.07	34.57	10.56	5.28	0.604
5 "	5.55	1.34	32.70	10.47	6.45	0.199
6 "	5.65	1.94	35.27	11.75	5.61	0.327
7 "	5.30	1.41	35.62	9.91	5.73	0.138
8 "	5.70	1.21	35.74	12.87	5.67	0.153
9 "	6.00	1.88	36.21	13.24	6.12	0.184
10 "	5.45	1.34	31.77	9.04	5.64	0.102
Promedios	5.63	1.35	33.39	11.54	5.54	0.346

B) Suelos "aparentemente normales"

Muestra	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO			
			Capac. interc. (meq./100 g. de suelo seco al aire)	Ca	Mg	K
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 ST	5.75	6.70	38.08	19.44	3.84	0.588
2 "	5.65	5.49	37.14	16.28	3.72	0.235
3 "	5.60	4.02	35.74	14.09	3.93	0.182
4 "	5.90	6.57	42.28	18.79	3.69	0.184
5 "	5.70	4.49	40.65	15.69	4.83	0.317
Promedios	5.72	5.45	38.78	16.86	4.00	0.301
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 "	5.70	1.74	32.47	12.07	4.41	0.115
2 "	5.60	1.54	34.69	11.92	4.80	0.112
3 "	5.65	1.67	34.57	10.80	6.00	0.128
4 "	5.75	2.14	35.27	12.42	5.46	0.092
5 "	5.75	1.81	35.51	12.18	4.74	0.184
Promedios	5.69	1.78	34.50	11.88	5.08	0.126

Cuadro Nº 10. Datos de los análisis químicos de las muestras de suelos provenientes del Campo Gamma.

A) Suelos "deficientes" en magnesio

Muestra	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO			
			Capac. interc. (meq./100 g. de suelo seco al aire)	Ca	Mg	K
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 S	4.40	8.37	28.44	0.080	0.260	0.112
2 "	4.50	8.92	32.12	0.200	0.095	0.061
3 "	4.55	8.57	31.89	0.080	0.135	0.066
4 "	4.45	8.37	30.25	0.020	0.170	0.120
5 "	4.55	7.03	27.03	0.010	0.140	0.174
6 "	4.45	8.17	28.73	0.020	0.155	0.082
7 "	4.50	8.37	28.03	0.420	0.175	0.061
8 "	4.50	7.63	25.46	0.080	0.095	0.087
9 "	4.45	7.44	27.56	0.080	0.075	0.123
10 "	4.45	8.37	29.32	0.120	0.070	0.083
Promedios	4.48	8.12	28.88	0.111	0.140	0.097
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	4.70	5.90	25.05	0.460	0.075	0.074
2 "	4.50	5.70	28.62	0.100	0.100	0.059
3 "	4.45	6.10	29.67	0.060	0.070	0.031
4 "	4.25	5.70	27.44	0.100	0.100	0.046
5 "	4.20	4.56	25.23	0.080	0.070	0.056
6 "	4.20	4.56	24.99	0.060	0.090	0.051
7 "	4.60	6.15	25.81	0.048	0.092	0.041
8 "	4.00	4.16	22.78	0.072	0.118	0.066
9 "	4.00	3.68	24.64	0.080	0.090	0.056
10 "	4.10	4.08	24.99	0.060	0.070	0.082
Promedios	4.30	5.06	25.92	0.110	0.090	0.056

B) Suelos "aparentemente normales"

Muestra	pH	M.O. %	BASES DE INTERCAMBIO			
			Capac. interc. (meq./100 g. de suelo seco al aire)	Ca	Mg	K
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 ST	4.35	4.69	24.76	0.300	0.140	0.082
2 "	4.70	7.37	24.41	0.160	0.110	0.072
3 "	4.40	5.70	25.40	0.140	0.110	0.118
4 "	3.85	4.35	24.53	0.140	0.180	0.066
5 "	4.20	5.75	23.30	0.148	0.172	0.087
Promedios	4.30	5.57	24.48	0.180	0.140	0.085
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 "	4.35	3.08	26.40	0.340	0.250	0.031
2 "	4.40	3.42	20.56	0.040	0.120	0.041
3 "	4.35	4.08	27.21	0.040	0.190	0.051
4 "	3.65	3.15	26.40	0.240	0.230	0.052
5 "	4.10	6.02	25.14	0.165	0.200	0.090
Promedios	4.17	3.95	25.14	0.160	0.200	0.087

Cuadro Nº 11. Datos de los análisis químicos de las muestras foliares provenientes de Aquiares.

A. Hojas aparentemente normales de las plantas deficientes en magnesio

Muestras	Ca		Mg		K	
	Meq./100g.	%	Meq./100g.	%	Meq./100g.	%
1 N	72.2	1.45	9.25	0.112	70.33	2.75
2 "	62.0	1.24	11.38	0.138	75.45	2.95
3 "	62.0	1.24	8.84	0.107	76.73	3.00
4 "	62.0	1.24	15.12	0.184	72.89	2.85
5 "	67.0	1.34	10.11	0.123	74.17	2.90
6 "	72.2	1.45	13.77	0.167	65.22	2.55
7 "	56.7	1.13	9.66	0.117	60.10	2.35
8 "	67.0	1.34	10.93	0.133	78.00	3.05
9 "	82.5	1.65	15.95	0.194	70.33	2.75
10 "	87.6	1.75	14.63	0.178	69.05	2.70
Promedios	69.1	1.38	11.96	0.145	71.23	2.78

B. Hojas con síntomas de deficiencia en magnesio

1 D	75.0	1.50	3.45	0.042	76.73	3.00
2 "	46.4	0.93	4.05	0.049	79.28	3.10
3 "	62.0	1.24	4.50	0.055	80.56	3.15
4 "	62.0	1.24	6.58	0.080	80.56	3.15
5 "	77.4	1.55	10.35	0.128	67.77	2.65
6 "	67.0	1.34	5.75	0.070	67.77	2.65
7 "	56.7	1.13	4.68	0.057	70.33	2.75
8 "	67.0	1.34	5.45	0.066	80.40	3.30
9 "	67.0	1.34	4.03	0.049	74.17	2.90
10 "	67.0	1.34	4.91	0.061	65.22	2.55
Promedios	64.75	1.29	5.38	0.066	74.28	2.92

C. Hojas de las plantas aparentemente normales

1 NT	72.2	1.45	12.33	0.150	71.61	2.80
2 "	77.4	1.55	13.97	0.170	58.82	2.30
3 "	72.2	1.45	23.84	0.290	57.54	2.25
4 "	82.5	1.65	19.10	0.232	58.82	2.30
5 "	103.0	2.06	23.43	0.285	53.71	2.10
Promedios	81.50	1.63	19.30	0.224	60.00	2.35

Cuadro No 12. Datos de los análisis químicos de las muestras foliares provenientes de Moravia.

A. Hojas aparentemente normales de las plantas deficientes en magnesio

Muestras	Ca		Mg		K	
	Meq./100g.	%	Meq./100g.	%	Meq./100g.	%
1 N	51.5	1.03	11.88	0.144	59.33	2.32
2 "	46.4	0.93	16.73	0.220	41.43	1.62
3 "	67.0	1.34	15.62	0.190	41.43	1.62
4 "	51.5	1.03	19.81	0.241	51.15	2.00
5 "	77.4	1.55	13.48	0.164	51.15	2.00
6 "	98.0	1.96	10.15	0.123	51.15	2.00
7 "	82.5	1.67	17.18	0.210	35.80	1.40
8 "	113.5	2.27	17.75	0.216	47.31	1.85
9 "	92.7	1.85	18.33	0.221	41.43	1.62
10 "	113.5	2.27	20.63	0.250	37.08	1.45
Promedios	82.50	1.65	16.16	0.198	45.73	1.79

B. Hojas con síntomas de deficiencia en magnesio

1 D	82.5	1.65	5.79	0.070	60.10	2.35
2 "	103.0	2.06	6.00	0.073	49.87	1.95
3 "	82.5	1.67	6.16	0.075	56.26	2.20
4 "	77.4	1.55	5.30	0.064	52.43	2.05
5 "	67.0	1.34	6.88	0.084	60.10	2.35
6 "	92.7	1.85	6.16	0.075	51.15	2.00
7 "	72.2	1.45	7.60	0.092	47.31	1.85
8 "	92.7	1.85	9.35	0.114	40.92	1.60
9 "	92.7	1.85	7.60	0.092	52.43	2.05
10 "	87.5	1.75	7.13	0.087	46.03	1.80
Promedios	85.02	1.70	6.80	0.083	50.66	1.99

C. Hojas de las plantas aparentemente normales

1 NT	95.5	1.91	15.45	0.188	58.06	2.27
2 "	51.5	1.03	16.60	0.202	52.43	2.05
3 "	41.3	0.83	17.10	0.208	65.22	2.55
4 "	62.0	1.24	15.86	0.193	54.99	2.15
5 "	67.0	1.34	17.84	0.217	48.59	1.90
Promedios	63.46	1.27	16.57	0.202	59.00	2.19



Cuadro N<sup>o</sup> 13. Datos de los análisis químicos de las muestras foliares provenientes del Campo Gamma.

A. Hojas aparentemente normales de las plantas deficientes en magnesio

Muestras	Ca		Mg		K	
	Meq./100g.	%	Meq./100g.	%	Meq./100g.	%
1 N	67.0	1.34	13.15	0.160	65.73	2.57
2 "	41.3	0.83	5.34	0.065	80.56	3.15
3 "	46.4	0.93	11.38	0.138	71.61	2.80
4 "	51.5	1.03	9.25	0.112	64.28	2.51
5 "	46.4	0.93	7.56	0.092	62.66	2.45
6 "	51.5	1.03	5.92	0.072	66.50	2.60
7 "	46.4	0.93	9.00	0.110	56.26	2.20
8 "	41.3	0.83	4.93	0.060	54.99	2.15
9 "	51.5	1.03	9.25	0.112	61.38	2.40
10 "	46.4	0.93	6.29	0.076	58.82	2.30
Promedios	48.69	0.97	8.09	0.098	64.29	2.51

B. Hojas con síntomas de deficiencia en magnesio

1 D	51.5	1.03	4.48	0.056	58.32	2.27
2 "	51.5	1.03	2.71	0.033	84.40	3.30
3 "	56.7	1.13	3.18	0.039	84.40	3.30
4 "	51.5	1.03	3.64	0.044	95.91	3.75
5 "	67.0	1.34	3.92	0.048	74.17	2.90
6 "	46.4	0.93	3.16	0.038	71.61	2.80
7 "	56.7	1.13	3.35	0.041	65.22	2.55
8 "	46.4	0.93	2.84	0.034	58.82	2.30
9 "	41.3	0.83	4.25	0.052	75.45	2.95
10 "	20.3	0.41	3.47	0.042	70.33	2.75
Promedios	48.93	0.98	3.50	0.043	73.86	2.89

C. Hojas de las plantas aparentemente normales

1 NT	43.8	0.88	26.71	0.325	36.32	1.42
2 "	41.3	0.83	9.21	0.112	43.48	1.70
3 "	77.4	1.55	33.13	0.403	53.71	2.10
4 "	72.2	1.45	20.55	0.250	48.59	1.90
5 "	67.0	1.34	31.24	0.360	46.03	1.80
Promedios	60.34	1.21	24.17	0.294	45.50	1.78

Cuadro N<sup>o</sup> 14. Razones de cationes y porcentajes de saturación del complejo intercambiable con Ca, Mg y K en cada una de las muestras de suelos provenientes de Aquiars.

A) Suelos "deficientes" en magnesio

Muestra	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca x 100	Mg x 100	K x 100
				Cap. tot.	Cap. tot.	Cap. tot.
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 S	17.88	1.68	19.56	34.79	3.26	1.95
2 "	17.99	1.98	19.97	38.56	4.25	2.14
3 "	16.64	1.56	18.19	25.85	2.42	1.55
4 "	21.43	2.98	24.41	31.01	4.31	1.45
5 "	19.98	1.74	20.22	35.98	3.13	1.80
6 "	11.84	1.15	17.95	23.94	2.32	2.02
7 "	9.53	1.21	5.11	15.37	1.95	1.61
8 "	10.88	1.37	12.02	32.36	4.08	2.97
9 "	8.73	0.91	17.37	26.61	2.78	3.05
10 "	18.23	1.64	17.42	32.79	2.96	1.80
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	9.54	1.62	11.17	20.52	3.49	2.15
2 "	13.26	1.27	14.53	25.51	2.44	1.92
3 "	11.07	1.35	12.42	19.93	2.43	1.80
4 "	9.25	1.70	10.95	22.63	4.16	2.45
5 "	8.74	0.86	9.61	28.40	2.81	3.25
6 "	11.09	1.64	12.73	23.21	3.42	2.09
7 "	9.63	1.06	10.69	17.47	1.92	1.81
8 "	8.81	1.56	10.38	28.75	5.10	3.26
9 "	8.93	1.48	10.41	22.18	3.68	2.48
10 "	16.30	1.86	18.16	30.42	3.47	1.87

B) Suelos "aparentemente normales"

Muestra	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca x 100	Mg x 100	K x 100
				Cap. tot.	Cap. tot.	Cap. tot.
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 SN	21.8	2.69	24.44	25.12	3.10	1.15
2 "	7.7	0.96	8.72	34.02	4.21	4.38
3 "	7.2	1.05	8.22	30.13	4.42	4.20
4 "	21.0	1.70	22.65	33.25	2.70	1.59
5 "	11.6	0.81	12.43	25.94	1.81	2.23
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	5.3	0.56	5.83	19.93	2.10	3.78
2 "	7.2	1.64	8.89	29.12	6.59	4.02
3 "	6.0	0.80	6.58	29.56	4.09	5.11
4 "	13.4	1.61	15.07	21.52	2.58	1.60
5 "	11.2	1.08	12.30	20.07	1.93	1.79

Cuadro Nº 15. Razones de cationes y porcentajes de saturación del complejo intercambiable con Ca, Mg y K en cada una de las muestras de suelos provenientes de Moravia.

A) Suelos "deficientes" en magnesio

Muestra	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca x 100	Mg x 100	K x 100
				Cap. tot.	Cap. tot.	Cap. tot.
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 S	50.84	11.02	61.87	49.50	10.73	0.97
2 "	27.93	7.17	35.11	56.42	14.49	2.02
3 "	28.95	6.75	35.71	57.74	13.47	1.99
4 "	10.74	2.77	13.51	54.79	14.15	5.10
5 "	51.15	15.00	66.16	46.31	13.58	0.90
6 "	26.67	6.36	33.03	47.39	11.31	1.78
7 "	45.78	12.65	58.43	44.42	12.27	0.97
8 "	75.53	15.91	91.44	52.86	11.13	0.70
9 "	103.47	19.45	122.91	56.04	10.52	0.54
10 "	71.16	19.00	90.14	44.71	11.92	0.63
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	29.03	13.20	42.25	35.57	16.17	1.22
2 "	20.06	7.27	27.33	52.67	19.08	2.62
3 "	18.17	6.85	23.88	37.35	14.07	2.05
4 "	17.48	8.74	26.22	30.55	15.27	1.75
5 "	52.61	32.41	85.02	32.02	19.72	0.61
6 "	35.93	17.16	53.09	33.31	15.91	0.93
7 "	71.81	41.52	113.33	27.82	16.09	0.39
8 "	84.12	37.06	121.18	36.01	15.86	0.43
9 "	71.96	33.26	105.22	36.56	16.90	0.51
10 "	88.63	55.29	143.92	28.45	17.75	0.32

B) Suelos "aparentemente normales"

Muestra	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca x 100	Mg x 100	K x 100
				Cap. tot.	Cap. tot.	Cap. tot.
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 SN	33.1	6.53	39.59	51.05	10.08	1.54
2 "	69.4	15.83	85.10	43.83	10.01	0.63
3 "	77.6	21.59	99.01	39.42	10.99	0.50
4 "	101.5	20.05	122.17	44.44	8.72	0.43
5 "	49.5	15.23	64.73	38.60	11.88	0.77
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	10.0	38.34	143.30	37.17	13.58	0.35
2 "	10.0	42.85	149.28	34.36	13.83	0.32
3 "	8.5	46.87	131.25	31.24	17.35	0.37
4 "	13.5	59.34	194.34	35.21	15.48	0.26
5 "	6.6	25.76	91.95	34.30	13.34	0.51

Cuadro Nº 16. Razones de cationes y porcentajes de saturación del complejo intercambiable con Ca, Mg y K en cada una de las muestras de suelos provenientes del Campo Gamma.

A) Suelos "deficientes" en magnesio

Muestra	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca x 100	Mg x 100	K x 100
				Cap. tot.	Cap. tot.	Cap. tot.
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 S	0.71	2.32	3.04	0.28	0.91	0.39
2 "	3.28	1.56	4.84	0.62	0.29	0.19
3 "	1.21	2.04	3.26	0.25	0.42	0.21
4 "	0.17	1.42	1.58	0.07	0.56	0.40
5 "	0.06	0.80	0.86	0.04	0.52	0.64
6 "	0.24	1.89	2.13	0.07	0.54	0.28
7 "	6.88	2.87	9.76	1.50	0.62	0.22
8 "	0.92	1.09	2.01	0.31	0.37	0.34
9 "	0.65	0.61	1.26	0.29	0.27	0.45
10 "	1.45	0.84	2.29	0.41	0.24	0.28
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	6.22	1.01	7.23	1.84	0.30	0.30
2 "	1.69	1.69	3.39	0.35	0.35	0.21
3 "	1.93	2.26	4.19	0.20	0.24	0.10
4 "	2.17	2.17	4.35	0.36	0.36	0.17
5 "	1.43	1.25	2.68	0.32	0.28	0.22
6 "	1.18	1.18	2.94	0.24	0.36	0.21
7 "	1.17	2.24	3.41	0.19	0.36	0.16
8 "	1.09	1.79	2.88	0.32	0.52	0.29
9 "	1.43	1.61	3.21	0.32	0.36	0.23
10 "		0.86	1.58	0.24	0.28	0.33

B) Suelos "aparentemente normales"

Muestra	Ca/K	Mg/K	Ca + Mg/K	Ca x 100	Mg x 100	K x 100
				Cap. tot.	Cap. tot.	Cap. tot.
Suelo superficial (0 - 6 pulgadas)						
1 SN	3.7	1.71	5.37	1.21	0.50	0.33
2 "	2.2	1.53	3.75	0.66	0.45	0.29
3 "	1.2	0.93	2.12	0.55	0.43	0.46
4 "	2.1	2.73	4.85	0.57	0.73	0.27
5 "	1.7	1.98	3.68	0.63	0.74	0.37
Subsuelo (12-18 pulgadas)						
1 Sub.	11.3	8.08	19.03	1.29	0.95	0.12
2 "	1.0	2.93	3.90	0.19	0.58	0.20
3 "	0.8	3.72	4.51	0.15	0.70	0.19
4 "	4.6	4.43	2.09	0.91	0.87	0.85
5 "	1.8	2.22	4.06	0.66	0.79	0.36