

FUNDACION UNIVERSIDAD DE BOGOTA

JORGE TADEO LOZANO

FACULTAD DE AGROLOGIA



FERTILIZACION DEL RABANO CON
MAGNESIO EN DOS SUELOS DE
RELACIONES CA: MG 23.1 Y 8.1

DANIEL LOPEZ L.

GERMAN HERRERA S.

BOGOTA D.E. SEPTIEMBRE DE 1979

FUNDACION UNIVERSIDAD DE BOGOTA
JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE AGROLOGIA

**FERTILIZACION DEL RABANO CON MAGNESIO EN DOS
SUELOS DE RELACIONES Ca:Mg 23:1 Y 8:1**

Trabajo dirigido presentado
como requisito parcial para
optar al título de AGROLOGO.

Por:

DANIEL LOPEZ LOPEZ
GERMAN HERRERA SALAMANCA

Director:

JAIRO A. GOMEZ L.

67



Bogotá, D.E., Septiembre de 1979

RECONOCIMIENTO

Los autores quieren expresar los más sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

Dr. Jairo A. Gómez L., Ing. Agr., M. Sc/. Director del Trabajo.

Dr. Abdón Cortés L., Agrólogo Ph. D., Subdirector del Depto. Agronómico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por facilitar los medios para la realización del trabajo.

Dr. Favio Garavito N., Agrólogo M. Sc. Jefe del Laboratorio de Análisis especiales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, por las valiosas sugerencias en la discusión de los resultados.

Igualmente agradecemos a la Empresa ABOCOL por la ayuda económica que nos concedió.

INDICE

| | Página. |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|
| INDICE DE TABLAS | |
| LISTA DE FIGURAS | |
| CAPITULO I | |
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO II | |
| REVISION DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. EL MAGNESIO EN LA PLANTA | 4 |
| 2.2. EL MAGNESIO EN EL SUELO | 8 |
| 2.3. ANTAGONISMO IONICO Y LA RELACION Ca:Mg | 10 |
| 2.4. LA RELACION Ca:Mg INTERCAMBIABLES Y LA NUTRICION DE LAS PLANTAS | 12 |
| 2.5. FERTILIZACION CON MAGNESIO | 15 |
| 2.5.1. <u>Aplicaciones al Suelo</u> | 15 |
| 2.5.2. <u>Aplicaciones Foliares</u> | 17 |
| 2.5.3. <u>La Fertilización con Magnesio y la Calidad de los Cultivos</u> | 19 |
| CAPITULO III | |
| MATERIALES Y METODOS | 22 |

| | Página, |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3.1. MATERIALES | 22 |
| 3.2. METODOS | 25 |
| CAPITULO IV | |
| RESULTADOS Y DISCUSION | 29 |
| 4.1. PRODUCCION | 29 |
| 4.1.1. <u>Efecto de las Fuentes</u> | 29 |
| 4.1.2. <u>Efectos de los Métodos de Aplicación</u> | 30 |
| 4.1.3. <u>Efecto de las Dosis</u> | 34 |
| 4.1.4. <u>Efectos de la Relación Ca:Mg</u> | 35 |
| 4.2. COMPOSICION | 36 |
| 4.2.1. <u>Efecto de las Fuentes</u> | 36 |
| 4.2.2. <u>Efecto de los Métodos de Aplicación</u> | 37 |
| 4.2.3. <u>Efecto de la Dosis</u> | 37 |
| CAPITULO V | |
| CONCLUSIONES | 40 |
| CAPITULO VI | |
| RESUMEN | 42 |
| BIBLIOGRAFIA | |
| APENDICE | |
| CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS UTILIZADOS EN EL PRESENTE TRABAJO. | |

INDICE DE TABLAS

| Tabla No. | | Página. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1 | Contenido Aproximado de CaO y MgO en Algunos Cultivos | 7 |
| 2 | El Magnesio Mejora la Calidad de los Tomates | 21 |
| 3 | Propiedades Químicas del Horizonte Superficial de los Suelos Utilizados en el Ensayo | 24 |
| 4 | Lista de Tratamientos | 27 |
| 5 | Efecto de las Aplicaciones de Mg al Suelo <u>so</u> bre la Producción Promedia del Rábano | 31 |
| 6 | Efecto de las Fuentes y Dosis de Mg Aplicadas al Suelo 1 sobre la Producción Promedia del Rábano. | 31 |
| 7 | Efecto de las Fuentes y Normas de Colocación de Mg Al Suelo 1 Sobre la Producción Promedia del Rábano. | 31 |
| 8 | Efecto de la Aplicación de Mg al Suelo y por Vía Foliar sobre la Producción Promedia del Rábano | 32 |
| 9 | Efecto de las Aplicaciones de Mg al Suelo 2 <u>so</u> bre la Producción Promedia del Rábano. | 33 |
| 10 | Efecto de las Fuentes y Dosis de Mg Aplicadas al Suelo 2 sobre la Producción Promedia del Rábano | 33 |
| 11 | Efecto de las Fuentes y Formas de Colocación de Mg al suelo 2 sobre la Producción Promedia del Rábano. | 33 |
| 12 | Efecto de la Fertilización con Mg sobre la <u>Com</u> posición Promedia del Rábano. | 39 |

LISTA DE FIGURAS

Figura No.

- 1 Efecto de las Aplicaciones de Mg al Suelo sobre la Producción Promedia del Rábano. (Suelo 1).
- 2 Efecto de las Aplicaciones de Mg al Suelo sobre la Producción Promedia del Rábano. (Suelo 2).
- 3 Efecto de la Absorción de Ca sobre la Producción del Rábano.
- 4 Efecto de la Absorción de Mg sobre la Producción del Rábano.
- 5 Efecto de la Absorción de K sobre la Producción del Rábano.
- 6 Efecto de la Relación Ca:Mg en la Planta sobre la Producción del Rábano.

CAPITULO I

INTRODUCCION

Hace pocos lustros no se consideraba al Mg como elemento esencial del suelo desde el punto de vista de la nutrición vegetal, pero las investigaciones realizadas en las últimas décadas permiten considerarlo como tal.

En Colombia la mayor parte de las investigaciones sobre fertilidad de suelos, se han concentrado alrededor del N,P,K y Ca como lo demuestran los numerosos trabajos al respecto, lo que no ocurre con el Mg el cual ha ocupado y ocupa muy poco espacio en la investigación.

Una gran parte de los suelos en Colombia son posiblemente deficientes en Mg. Esta deficiencia puede deberse a dos causas principales

- a. Que el elemento se encuentre deficiente en el suelo, ya sea por que el material que dió origen al suelo es pobre en Mg o por que se trate de suelos altamente intemperizado.
- b. Que el Mg se encuentre en una relación inadecuada con otros

caciones del suelo, especialmente con el Ca y el K.

El presente trabajo está orientado a estudiar el efecto del abonado magnésico en dos suelos, uno con relación Ca: Mg amplia y el otro con una relación considerada dentro de lo aceptable para la mayor parte de los cultivos, y tiene por objetivos los siguientes:

- Determinar en el invernadero el efecto de dosis, fuentes y métodos de aplicación de Mg sobre la producción y composición del rábano.
- Establecer la existencia de interacciones entre dosis, fuentes y sistemas de aplicación de Mg.
- Evaluar la incidencia de la relación Ca:Mg en la producción.
- Estimar la eficiencia de las aplicaciones de Mg por vía foliar en comparación con las aplicaciones al suelo.

Para el trabajo se seleccionaron dos suelos provenientes de los municipios de Villeta y Utica, donde se presentan extensiones considerables de suelos con contenidos de Ca intercambiable, muy altos en relación a los contenidos de Mg dando así origen a las relaciones Ca:Mg intercambiables altas del orden de 20:1 y mayores. De otro lado en los suelos que presentan dichas características se hallan plantados numerosos cultivos de caña de azúcar para la elabo-

ración de panela, renglón que juega un papel importante en la economía de los habitantes de la región.

CAPITULO II

REVISION DE LITERATURA

2.1. EL MAGNESIO EN LA PLANTA

El Mg es un nutrimento esencial para el buen desarrollo de las plantas. Es absorbido como ión Mg^{++} , y de acuerdo con Lutman y Walbridge se presenta en la planta bajo tres formas diferentes: combinado orgánicamente en el protoplasma, en la clorofila y combinado en forma inorgánica en el fluido celular.

Según Jacob (15), algunas de las funciones del Mg en la planta son:

- Forma parte de la molécula de la clorofila.
- Está relacionado con la economía del P en la planta.
- Ayuda a la formación de Carbohidratos, proteínas, y grasas.
- Estimula la formación de proteínas.
- Participa en la división celular.
- Ayuda a las plantas a resistir los daños de las aspersiones, heladas y sequías.

De las anteriores funciones tal vez la más importante es la de ser un componente de la clorofila, la sustancia responsable de la fotosíntesis. La falta de Mg reduce la tasa de la fotosíntesis. Se ha encontrado que cuando la concentración de Mg en las hojas del maíz cae por debajo de 200 ppm en peso de material húmedo (0.15% en materia seca), la tasa de fotosíntesis cae rápidamente (8).

Según Masajeva las distintas especies y variedades de plantas difieren en requerimientos de Mg; esta variación en los requerimientos está relacionada con su fotoperíodo. Las plantas de días cortos son más sensibles que las de días largos (17).

Sin embargo solamente alrededor del 10% del contenido de Mg de las plantas está asociado con la clorofila, protoclorofila, pectina y fitina, y la mayor parte del elemento se halla disuelto en el fluido celular pudiendo trasladarse fácilmente por la planta y realizar otras funciones como las anotadas arriba (18).

El Mg en la planta está relacionado con el P, participa en su metabolismo, y fomenta su asimilación y traslocación como puede deducirse del mayor contenido de Mg en las semillas ricas en P, sobre todo en las oleaginosas (12). Al respecto Mela M. P. (25), dice que la importancia cuantitativa del Mg queda demostrada en que el MgO extraído por la mayor parte de las cosechas es superior a la del ácido fosfórico en ellas contenido.

Debido a que el Mg se moviliza fácilmente en la planta, la sintomatología de deficiencia se manifiesta primeramente en las hojas adultas, extendiéndose a las jóvenes a medida que se agudiza la deficiencia. Los primeros síntomas los revela la desaparición de la clorofila a manera de moteados en los espacios comprendidos entre las nervaduras de la hoja.

La deficiencia de Mg ha sido reportada en unas 80 especies de plantas que comprenden cereales, hortalizas y frutales. Las diferentes especies y variedades difieren en los requerimientos de Mg. Dos especies se han reportado como las que requieren los niveles más altos de Mg, son tabaco y cítricos (19). En la tabla 1 se presenta el contenido aproximado de CaO y MgO de algunos cultivos.

Gross (13), dice que las extracciones por las cosechas son del orden de 10 a 30 Kgs. de MgO/ha, notablemente más elevadas en leguminosas, hortalizas y frutas que en los cereales y gramíneas.

TABLA No 1

CONTENIDO APROXIMADO DE CaO Y MgO EN ALGUNOS CULTIVOS (Kg/ha) *

| Cultivo | Rendimiento/ha | CaO | MgO | | |
|--------------------|------------------------------------|------------|----------|--------|-------|
| GRANOS | Cebada (grano) | 3.046.4 Kg | 1.56 | 3.74 | |
| | Cebada (paja) | 2.24 Ton | 12.54 | 3.74 | |
| | Maiz (grano) | 9.408.0 Kg | 25.08 | 37.40 | |
| | Maiz (paja) | 10.08 Ton | 43.90 | 31.79 | |
| | Avena (grano) | 2.867.2 Kg | 3.13 | 5.61 | |
| | Avena (paja) | 4.48 Ton | 12.54 | 14.96 | |
| | Arroz (grano) | 4.032.0 Kg | 4.7 | 7.48 | |
| | Arroz (paja) | 5.6 Ton | 14.11 | 9.35 | |
| | Sorgo (grano) | 3.360 Kg | 6.27 | 9.35 | |
| | Sorgo (paja) | 6.72 Ton | 45.47 | 33.66 | |
| | Trigo (grano) | 2.688.0 Kg | 1.4 | 1.67 | |
| | Trigo (paja) | 3.36 Ton | 9.4 | | |
| | FORRAJE | Alfalfa | 8.96 Ton | 175.61 | 39.27 |
| | | Pasto Azul | 4.48 Ton | 25.08 | 13.09 |
| Pasto bermuda | | 17.92 Ton | 92.5 | 44.88 | |
| Cachuate | | 5.04 Ton | 70.56 | 31.79 | |
| Trebol rojo | | 5.6 Ton | 108.19 | 31.79 | |
| Soya | | 4.48 Ton | 62.72 | 33.6 | |
| FRUTAS VERDURAS | Frijoles Secos | 2.016.0 Kg | 3.13 | 3.74 | |
| | Col | 44.8 Ton | 3.13 | 14.96 | |
| | Cebollas | 16.7 Ton | 17.24 | 3.74 | |
| | Patatas (t) | 2.688.0 Kg | 4.70 | 11.22 | |
| | Espinacas | 11.20 Ton | 18.81 | 10.02 | |
| | Patatas dulces | 2.016.0 Kg | 6.16 | 16.83 | |
| | Ajitomates | 44.8 Ton | 10.97 | 20.57 | |
| | Nabos | 22.4 Ton | 18.81 | 11.22 | |
| OTROS CULTIVOS | Algodón (semilla y fibra) | 1.680 Kg | 3.13 | 7.48 | |
| | Algodón (tallos, hojas y cápsulas) | 2.240 Kg | 43.9 | 14.96 | |
| | Cacahuetes (n) | 2.79 Ton | 1.56 | 5.611 | |
| | Soya (grano) | 2.688.0 Kg | 10.97 | 13.09 | |
| | Remolacha azucarera | 33.6 Ton | 51.74 | 44.88 | |
| | Caña de Azúcar | 67.2 Ton | 43.9 | 44.88 | |
| Tabaco (hojas) | 2.240 Kg | 117.6 | 33.60 | | |

* Adaptado de Footh H.D.

2.2. EL MAGNESIO EN EL SUELO

Además de constituir un elemento de primer orden para las plantas, desempeña un papel fundamental en el suelo semejante al del Ca, por lo cual merece más atención de la que antes se le concedía. Según algunos autores, el exceso de Mg ocasiona efectos similares al sodio.

El Mg del suelo proviene de la alteración de varios minerales, principalmente olivino, dolomita, serpentina, biotita, piroxenos y anfíboles. Su contenido en suelos no calcáreos varía entre 0.1 y 1.0%, aumentando su contenido en MgO total hasta 2% y 3% en suelos calcáreos (9).

El Mg también se encuentra absorbido en el complejo de intercambio catiónico del suelo. La cantidad y la proporción con otros elementos es variable entre los suelos. Bear (3), dice que para un suelo ideal el 65% del complejo de intercambio debe ser ocupado por el Ca, 10% por el Mg, 5% por el K y 20% por el H. Más tarde Graham citado por McLean (21) recomendó que los porcentajes de saturación de Ca, Mg y K sean del 75%, 10% y 2.5% a 5% respectivamente.

McLean y Carboneil (21), citan a Adams y Henderson, quienes concluyeron que un porcentaje de saturación de Mg en el suelo inferior al 4% fue insuficiente para una producción máxima del pasto sudán y

del trebol ladino. Igualmente Prince y otros, citados por el mismo autor indicaron que la alfalfa respondía al Mg cuando la saturación con Mg en el suelo era menor del 6%.

Draycott y Durrant (5) encontraron que los suelos que contenían menos de 20 ppm de Mg extraído con nitrato de amonio, respondían a a aplicaciones de sulfato de Mg aumentando la producción de remolacha azucarera.

Algunas de las condiciones del suelo que pueden permitir el desarrollo de deficiencia de Mg en las plantas son: acidez, texturas arenosas, suelos altamente lixiviados con valores bajos de CIC, suelos ácidos altamente encalados con CaCO_3 , altas aplicaciones de fertilizantes potásicos o amoniacales y el uso de cultivos que tienen altos requerimientos de Mg (19).

En los suelos colombianos, tomando como base los criterios anotados en el párrafo anterior son altas las posibilidades de que se presenten deficiencias de Mg. Una gran parte de nuestros suelos son de carácter ácido, sumándose a ésto el uso cada vez mayor de fertilizantes que incluyen altos niveles de K así como el uso de cales a base de CaCO_3 .

Gómez (12) en un estudio sobre la posibilidad de la deficiencia de Mg en suelos ácidos colombianos concluye que alrededor de un 50%

de dichos suelos pueden presentar deficiencias de Mg.

León citado por Gómez (12), en un estudio sobre las "Propiedades químicas de las zonas arroceras de Colombia" y en un análisis de 1.199 muestras encontró que un 81.3% de esas muestras tenían menos de 1.0 meq. de Mg intercambiable por 100 gramos de suelo, nivel señalado por varios autores como indicativo de que el suelo es pobre o bajo en Mg.

En un estudio de suelos elaborado por personal técnico del IGAC en el trayecto Armero-Facatativa, reportan varios suelos con altas relaciones Ca:Mg intercambiables y por ende deficientes en Mg.

Baird y Vanegas citados por Marín (24), constataron deficiencias de Mg en suelos de la Meseta de Popayán donde la relación Ca:Mg es en estado natural amplia.

2.3. ANTAGONISMO IONICO Y LA RELACION Ca:Mg

Por antagonismo iónico es entendido el fenómeno observado de que la absorción de un ión por la planta es inhibido por el suministro incrementado de otros iones (17).

Robinson citado por Rolong y Ramírez (29) dice que la absorción de un ión por la planta varía con la naturaleza y concentración de los

diversos iones presentes en el suelo.

Løew y Adams (29) estudiaron el efecto antagónico del Ca y Mg, en suelos, arena y soluciones nutritivas con varios cultivos y encontraron que los excesos de Ca causaban disturbios fisiológicos en las plantas; estos disturbios se corregían con adiciones de Mg.

De acuerdo con observaciones de R. Carolus citado por Jacob (17), la deficiencia de Mg no siempre estaba asociada con un contenido bajo de Mg, sino que también podría ser causada por una alta absorción de otros cationes.

En sus investigaciones G. Michael (17) encontró que la absorción de Mg por las plantas dependía de la cantidad de Ca presente. Excesos de Ca descendían el contenido de Mg y viceversa.

Moore y otros (26) encontraron que la absorción de Mg por las raíces de cebada descendió marcadamente por incrementos de Ca.

Además del antagonismo Mg-Ca se han estudiado otros tales como Mg-K, Mg-H, Mg-NH₄ y Mg-Al. Respecto a este último Kamprath y Foy (19), anotan que en la mayoría de los suelos fuertemente ácidos la causa de la baja absorción de Mg es el antagonismo Al-Mg y no el bajo nivel de Mg en el suelo.

La interacción K-Mg también ha sido muy estudiada: A aplicaciones de fertilizantes potásicos o amplios niveles de K disponible en el suelo generalmente reducen la absorción de Mg por las plantas (27).

Prince y otros citados por McLean y Carbonell (21) notaron que el factor más importante que afectaba la absorción de Mg por las plantas de alfalfa fue la cantidad de K disponible.

Mulder (17) encontró que las aplicaciones de NH_4 incrementaron la deficiencia de Mg en avena, trigo y patata.

Halstead y otros (14) encontraron que la adición de K redujo más el porcentaje de Mg en la planta que el porcentaje de Ca.

2.4. LA RELACION Ca:Mg INTERCAMBIABLES Y LA NUTRICION DE LAS PLANTAS

Para asegurar un suministro adecuado de los nutrientes del suelo requeridos por la planta, es necesario considerar la interacción que existe entre ciertos iones, así como las cantidades que están presentes en el suelo (20).

De las relaciones existentes entre los diferentes cationes en el suelo, la del Ca y el Mg ha sido ampliamente estudiada. Generalmente el Ca y el Mg interfieren mutuamente el uno al otro en la nutri-

ción de las plantas (28).

Loew (15), propuso que debía existir una cierta relación Ca:Mg en el suelo para un desarrollo óptimo de las plantas.

Para varios autores el valor óptimo de la relación Ca:Mg se presenta generalmente cercano a dos. No obstante la mayoría de las plantas parecen crecer normalmente en suelos cuya relación se encuentra entre 1 y 10, pero con tendencia a deprimir la absorción de Mg cuando esta relación es muy amplia (29).

Hunter (15) encontró que aunque variaciones en la relación Ca:Mg del suelo (1:4 a 32:1) no influyeron sobre el peso seco de la alfalfa, si hubo un efecto altamente significativo sobre los porcentajes de Ca y Mg en la planta.

Yoon y Ryu (34) hallaron una relación óptima Ca:Mg de 1.37 en las plantas de soya y de 3.12 en el suelo en el estado de diferenciación de las yemas florales.

Usherwood y Miller (31) encontraron que cuando la absorción de Mg por las plantas se reducía por incrementos en las concentraciones de Ca, la producción de maíz era afectada.

Fine y Shanon (10), utilizando suelos calcáreos con altos niveles

de K intercambiable y relaciones Ca:Mg que variaban de 21:1 a 34.6:1 encontraron que los altos niveles de K (4.5 me/100) descendieron la absorción de Mg a tal punto de presentarse niveles de Mg en la planta menores de 0.20% y que cambiando la relación en el suelo de K:Mg a 1:1 y la relación de Ca:Mg de 30:1 a 10:1, se incrementó el contenido de Mg en la planta.

En Colombia es muy escasa la literatura sobre la relación Ca:Mg. León citado por Acosta y Gonzales (1) trabajando en suelos de Popayán y utilizando alfalfa como planta indicadora, en suelos encalados con CaCO_3 y MgO hasta obtener un p^{H} de 6.2 observó que la relación Ca:Mg:K más adecuada para el crecimiento de la alfalfa fue de 2:1:0.27.

En un estudio de la relación Ca:Mg:K en las principales series de la Sabana de Bogotá, Sandoval y Rodríguez (29) obtuvieron los mejores rendimientos en cebada en la serie Tibaitatá con una relación Ca:Mg:K de 6:1:0.5 y en segundo lugar en los suelos de la serie Techo y río Bogotá con relaciones de 2:1:0.1.

Artemo y Rodríguez (2) utilizando dos suelos ácidos encontraron que las mayores producciones de cebada se obtuvieron con relaciones Ca:Mg de 2:1 y 5:1. León citado por estos autores, averiguando posibles correlaciones en suelos ácidos de Popayán encontró que los

mejores rendimientos en alfalfa se logran con las relaciones Ca:Mg de 2:1, 4:1 y 8:1.

De otro lado varios investigadores han reportado que la producción de cosechas no es afectada por amplias relaciones Ca:Mg (21). A resultados similares han llegado Halstead y otros (14), Key y otros (20). Estos últimos autores anotan que las diferencias en el crecimiento de frijol soya estaban asociadas con las cantidades de Ca y Mg en las plantas más que con su relación.

2.5. FERTILIZACION CON MAGNESIO

2.5.1. Aplicaciones al Suelo

Cuando se necesita corregir deficiencias de Mg con aplicaciones al suelo, se puede suministrar Mg en forma de sulfato, fosfato, carbonato, óxido, cloruro, nitrato y otros. En una revisión de literatura Jacob (17) cita varios investigadores (Wolker; Eckteiny otros, Bear y Prince; Chucka) quienes trabajando en cultivos diferentes encontraron que el sulfato de Mg era más adecuado que otras fuentes para corregir deficiencias de Mg y aumentar la producción.

En experimentos con avena, Fencke, citado por Jacob (17) encontró que incrementando las dosis de Mg se mejoraba la absorción de P, pero ésta crecía con dosis muy altas. Este descenso sólo ocurrió

si el Mg era suministrado como óxido (MgO) o como carbonato, pero no cuando fue suministrado como sulfato.

Voelker (17) anota que los compuestos de Mg tienen diferentes efectos según el anión. El cloruro de Mg en dosis mayores de una tonelada/acre fue perjudicial, el MgO incrementó el contenido de N en los granos de trigo y el sulfato de Mg no tuvo tal efecto.

Las aplicaciones de sulfato de Mg incrementaron la absorción de Mg, y la absorción y traslocación de P en arveja y caña de azúcar (27, 30).

Usherwood y Miller (3) encontraron que la efectividad de la dolomita como una fuente de Mg para maíz decrecía con incrementos del pH del suelo mientras el sulfato de Mg no fue afectado por el pH. Resultados similares reportan otros investigadores consultados por el mismo autor. Igualmente McCart y Kamprath (23) encontraron que cuando el pH se incrementaba las plantas de algodón tomaban más eficientemente el Mg del sulfato de Mg.

En Costa Rica, Chanchay (4) anota que el sulfato de Mg produjo un fuerte efecto negativo en la cosecha de café en relación con otros fertilizantes.

Wolf (33) en una serie de experimentos en que evaluaba el MgO como

una fuente de Mg para las plantas , utilizando rábano y fríjol, concluyó que el MgO suministró niveles adecuados de Mg al suelo y a las hojas, pero que la producción descendió algunas veces cuando el material era aplicado justamente antes de la siembra; pero ésta no descendía si el MgO era aplicado 10 días antes de la siembra o si se mezclaba con otros fertilizantes. Dice también el autor que en tales casos el MgO constituyó una fuente efectiva y algunas veces mejor que el sulfato doble de K y Mg.

Griffiths consultado por Wolf (33) reportó que el MgO incrementaba rápidamente el contenido de Mg en el pasto. A su vez Parr y Allcroft hallaron que la aplicación de 1.000 lb de MgO/acre aumentaron el contenido de Mg en el pasto en un 73% mientras que 2.5 ton. de cal dolomita sólo incrementaron el contenido de Mg en un 23%. Spender y Wander citados por Wolf (33) encontraron que el MgO fue superior a la dolomita, Keiserita y olivino como fuentes de Mg cuando se aplicaba en cítricos.

2.5.2. Aplicaciones Foliares

Hay opiniones diversas sobre la eficiencia de la aplicación de Mg al follaje comparada con la aplicación al suelo. Aunque este último es un método usual para corregir deficiencias de Mg, numerosos informes muestran que las aspersiones foliares del elemento son más eficaces que las aplicaciones al suelo en varios cultivos. (4).

Jacob (17) dice que en la aspersión foliar la deficiencia es corregida con la aplicación de cantidades relativamente pequeñas. Sin embargo el resultado no es permanente puesto que la causa, la deficiencia en el suelo, no es corregida.

El mismo autor en una revisión de literatura sobre el tema, cita los siguientes informes:

"En los experimentos de T. Wallace, una aspersión a los árboles de manzano con una solución de sulfato de Mg al 2% tuvo un efecto rápido mientras la aplicación al suelo aún mostraba resultados insatisfactorios.

D. Nichols tratando deficiencias de Mg en tomate encontró que la a aplicación del Mg al suelo no fue tan efectiva como la aspersión; concentraciones mayores del 2% causaron daños en las hojas por plasmolisis.

De acuerdo con observaciones de H. Hill y F. Johnston aplicaciones al suelo en manzanos sólo tuvieron efecto después de 2 a 3 años, mientras que con 4 aspersiones con una solución al 2% de sulfato de Mg se corrigió la deficiencia en el transcurso del primer año."

De los anteriores hallazgos se puede concluir que la fuente más comunmente usada en las aspersiones foliares es el sulfato de Mg en

soluciones al 2%.

De otra parte Chanchay (4) en un experimento con café en el cual utilizó como fuentes el cloruro de Mg, el sulfato de Mg y el nitrato concluyó que de las tres fuentes empleadas en aspersión el nitrato y el cloruro de Mg son mejores que el sulfato. Entre el nitrato y el cloruro el primero hizo subir más el contenido de Mg foliar. Concluye también este autor que las aplicaciones al suelo resultaron poco efectivas.

En cuanto a las frecuencias de las aplicaciones Mortveat y Cunningham (27) dicen que varía con la fuente, suelo y cultivo.

2.5.3. La Fertilización con Magnesio y la Calidad de los Cultivos

Cuando se procede a hacer aplicación de fertilizantes, el objetivo principal que se persigue es aumentar los rendimientos, olvidándose en la mayoría de los casos del efecto que ésta pueda tener sobre la calidad de los cultivos.

Voisin (32) dice que las aplicaciones de abono deben tener como primera meta la de mejorar la calidad biológica de los alimentos y aumentar el rendimiento lo máximo posible sin disminuirla.

Gross (13) dice que la aplicación sistemática de Mg raramente ha

Producido aumentos de rendimientos, obteniéndose a veces incluso depresiones; por el contrario en general se han obtenido incrementos de la riqueza de éste elemento en el producto aumentando su calidad, especialmente cuando se trata de forrajes.

Los rumiantes son susceptibles a la enfermedad "Tetania de la hierba". Aunque parece que existen muchos factores responsables de esta enfermedad, una falta de Mg en la dieta es de primera importancia. Se recomienda que los forrajes tengan un mínimo de 0.2 % para prevenir el desarrollo de la enfermedad. De otra parte el nivel de Mg en muchas cosechas forrajeras pueden caer por debajo de 0.2 % sin que se presenten síntomas de deficiencia en las plantas, lo que indica que las adiciones de fertilizantes magnésicos a los cultivos forrajeros serán necesarios para asegurar la buena calidad del forraje (6).

En tabaco para cigarros el Mg es importante puesto que proporciona una ceniza compacta y blanca. Como resultado de la deficiencia de Mg la calidad experimenta una mayor afección que el mismo rendimiento. En estado seco las hojas deficientes en Mg denotan una coloración oscura irregular, a la vez que hay una pérdida de masa y elasticidad (18).

En una revisión de literatura Jacob (17) cita los siguientes informes;

"L. Almeida encontró que el valor nutritivo de la soya se incrementó con aplicaciones de Mg, puesto que éste aumentó el contenido de aceite y N total de la semilla.

G. Pfutzer, C. Pfaf y H. Roth establecieron que una información deficiente de proteínas en la planta fué causada por un marcado descenso del Mg en la relación Ca: Mg, tal efecto era superado fertilizando con Mg.

P. Hester encontró que el Mg no solamente incrementaba la producción de tomates, sino también su contenido en ácido ascórbico".

Los datos de la Tabla 2 indican el efecto del Mg sobre la calidad de los tomates. En plantas deficientes en Mg el contenido de vitamina C en el fruto es de 265 ppm mientras que en las plantas normales es de 326 ppm; así mismo el contenido de azúcar es de 28.4 g/l y de 48.2 g/l respectivamente.

TABLA No. 2
EL Mg MEJORA LA CALIDAD DE LOS TOMATES

| | Color del fruto | Vitamina C ppm de pulpa | Azúcares g/l de pulpa |
|-------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------|
| Planta deficiente en Mg | C | 265 | 28.4 |
| Planta Normal | A | 326 | 48.2 |

A: color típico de tomates bien maduros. (Tomado de Apuntes Agronómicos). C: color bastante bueno, pre dominio del rojo.

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. MATERIALES

En el ensayo se utilizaron dos suelos provenientes de los municipios de Villeta y Utica. La selección de los suelos y sitios de muestreo, tuvo como base "El estudio semidetallado y general de suelos del transector Armero-Facatativa", realizado por personal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Según dicho estudio el suelo de Villeta está clasificado como "Entic Haplustoll", y el suelo proveniente de Utica como "Typic Ustropept". Dentro de las características químicas que presentan estos suelos cabe destacar el alto contenido de Ca en el complejo de intercambio del suelo, que acompañado de contenidos medios a bajos de Mg dan origen a relaciones Ca: Mg intercambiables con valores altos tal como se aprecia en la Tabla No. 3, que reporta valores de la relación Ca: Mg de 8:1 para el suelo de Villeta y de 22.3:1 para el suelo de Utica. Valores similares presentan otros suelos descritos en el estudio antes mencionado (Ver Tabla No. 2 del apéndice).

De las muestras traídas al invernadero se tomaron submuestras y se les practicó análisis químico, los resultados se presentan en la Tabla No. 3. De los datos de la Tabla No. 3 se pueden hacer las siguientes anotaciones:

- Ambos suelos presentan un pH alcalino que está de acuerdo con la alta saturación de bases; es probable que la disponibilidad de P y algunos microelementos esté siendo afectada por el pH ya que su solubilidad disminuye a medida que el suelo se vuelve alcalino.
- Los contenidos de Ca, Mg y K intercambiables presentan en ambos suelos un balance desfavorable para el Mg, así en el suelo 1 los altos contenidos de Ca (45.5 meq/100) acompañados de bajos niveles de Mg (2 meq/100 g) dan lugar a una relación Ca:Mg intercambiable de 22.3:1 considerada muy alta para permitir un buen desarrollo de las plantas, debido al antagonismo existente entre el Ca y el Mg.
- El suelo 2 presenta una relación Ca:Mg intercambiable de 8:1, considerada como normal para permitir un buen desarrollo en la mayor parte de los cultivos, pero los altos contenidos de K intercambiable (2.3 meq/100 g) son probablemente suficientes para provocar deficiencias de Mg en las plantas, debido al antagonismo entre el K y el Mg.

TABLA No. 3
 PROPIEDADES QUIMICAS DEL HORIZONTE SUPERFICIAL DE
 LOS SUELOS UTILIZADOS EN EL ENSAYO

| | Suelo 1 ** | Suelo 2* |
|----------------------|--------------------|----------|
| pH (1:1) | 7.70 | 7.60 |
| Calcio, meq/100 g. | 45.70 | 31.00 |
| Magnesio, meq/100 g. | 2.00 | 4.00 |
| Potasio, meq/100 g. | 0.60 | 2.27 |
| Sodio, meq/100 g. | 0.75 | 0.47 |
| Ca:Mg | 22.75:1.0 | 7.80:1.0 |
| CIC, meq/100 g. | 31.50 | 30.00 |
| Fósforo, ppm. | 4.08 | 35.20 |
| Materia Orgánica (%) | 4.11 | 3.68 |
| * Entic Haplustoll. | ** Typic Ustropept | |

Una información más en detalle de los suelos utilizados en el trabajo se presenta en el apéndice (Ver apéndice).

Se utilizó como planta indicadora el rábano (*Raphanus Sativus*) variedad "Scarlet globe mediano".

Como fuentes de Mg se emplearon el sulfato de Mg ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) del 15 % de MgO y el óxido de Mg (MgO). La aplicación de estas fuentes se hizo en forma localizada e incorporada y en dosis de 0, 30, 60 y 120 Kg/ha expresados como MgO.

El experimento se llevó a cabo en el invernadero del IGAC y tuvo una duración de 45 días de siembra a cosecha.

En la determinación de Ca, Mg y K absorbidos por el bulbo, en los tratamientos seleccionados, se empleó la técnica utilizada por el IGAC. La absorción de Ca y Mg se leyó en un aparato de absorción atómica, Perkin-Elmer modelo 306 y la absorción de K se leyó en un espectrofotómetro de llama, Beckman DU.

3.2. METODOS

En el campo, una vez ubicados los sitios de muestreo, en un área de 1.000 metros cuadrados se tomaron muestras en zig-zag a una profundidad de 20 cm.

Las muestras se trasladaron al invernadero del IGAC, lugar donde se llevó a cabo el ensayo. Luego de secarlas al aire y tamizarlas por una malla de 5 mm se pesó un Kg de suelo por matera. Una vez el suelo en las materas se procedió a aplicar los tratamientos (Ver Tabla No. 4).

En los tratamientos de aplicación localizada el fertilizante se colocó en banda a una profundidad de 2.5 cm y a lo largo del diámetro de la matera; en los tratamientos de aplicación incorporada el fertilizante se mezcló con los primeros 5 cm de suelo.



A todas las materas se les aplicó cantidades iguales de N, P y K en dosis de 100, 150 y 50 Kg/ha respectivamente (expresados como N, P_2O_5 , y K_2O). También se les aplicó microelementos en dosis de 50 ml. por matera de una solución de 100 ppm.

La siembra se efectuó un día después de aplicar los tratamientos empleando el sistema de siembra directa y sembrando de 3 a 4 semillas por matera; 12 días después de la siembra se hizo un raleo dejando 3 plantas por matera.

En los tratamientos en que se aplicó Mg por vía foliar se hicieron 4 aspersiones a los 12, 19, 26 y 37 días después de la siembra empleando para ello una solución de sulfato de magnesio al 1 %.

En el transcurso del ensayo se regaron las materas con agua destilada, aplicando 150 ml cada dos días. En las últimas dos semanas se presentó un ataque de palomilla el cual se controló manualmente.

Las plantas se cosecharon a los 45 días, se llevaron a una estufa a $60^{\circ}C$ durante 48 horas y se tomó el peso seco del bulbo y de la parte aérea; los datos se presentan en las Tablas Nos. 3 y 4 del a péndice.

En los tratamientos I, II, III, VII, XIII y XV (Ver Tabla No. 4) se determinó el K, Ca y Mg absorbidos por el bulbo, (Veáse Tablas

TABLA No. 4

LISTA DE TRATAMIENTOS

| Tratamiento No. | Fuente de Mg | Dosis de MgO (Kg/ha) | Sistema de Colocación |
|-----------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| I | MgSO ₄ * | 30 | Localizado |
| II | MgSO ₄ | 30 | Incorporado |
| III | MgSO ₄ | 60 | Localizado |
| IV | MgSO ₄ | 60 | Incorporado |
| V | MgSO ₄ | 120 | Localizado |
| VI | MgSO ₄ | 120 | Incorporado |
| VII | MgO | 30 | Localizado |
| VIII | MgO | 30 | Incorporado |
| IX | MgO | 60 | Localizado |
| X | MgO | 60 | Incorporado |
| XI | MgO | 120 | Localizado |
| XII | MgO | 120 | Incorporado |
| XIII | MgSO ₄ | 60 + Foliar | Localizado |
| XIV | MgSO ₄ | 120 + Foliar | Localizado |
| XV | MgSO ₄ | | Foliar |

Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones.

* = MgSO₄ · 7H₂O.

5 y 6 del apéndice).

El diseño estadístico empleado fué completamente al azar con 15 tratamientos y 4 replicaciones (Ver Tabla No. 4). Para el análisis de los datos se procedió de la siguiente manera:

- a. Los tratamientos del I al XII que incluyen solo aplicaciones al suelo, se dispusieron en un arreglo factorial con 3 factores, 2 de ellos a 2 niveles (Fuentes de Mg y métodos de colocación) y un tercero a 3 niveles (dosis). Se practicó un análisis de varianza para cada suelo; y los resultados se presentan en las Tablas No.s 8 y 10 del apéndice.
- b. Se practicó un análisis de varianza que incluía todos los tratamientos; los resultados se anotan en las Tablas Nos. 7 y 9 del apéndice.
- c. Las comparaciones se hicieron utilizando la DMS con probabilidad del 5 %.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. PRODUCCION

4.1.1. Efecto de las Fuentes

Los resultados encontrados en ambos suelos indican que el sulfato de Mg fue mejor fuente que el óxido de Mg. (Ver Tablas Nos. 5, 6, 9 y 10). Estos resultados están de acuerdo con lo hallado por otros investigadores: Jacob (17), Usherwood y Miller (31), McCart y Kamprath (23), los cuales señalan que el sulfato de Mg tiene mejores efectos sobre la producción que otras fuentes.

Los mejores rendimientos obtenidos con la aplicación de sulfato de Mg se pueden deber en parte a un efecto del anión acompañante, como lo anota Voelker (17) quien dice que los compuestos de Mg tienen efectos diferentes según el anión.

De otra parte los efectos detrimentales del MgO sobre la producción pudo ser el resultado de un efecto caústico de dicha fuente en las

plantas, como lo sugiere Wolf (33) quien obtuvo resultados similares.

4.1.2. Efectos de los Métodos de Aplicación

De las aplicaciones hechas al suelo los mejores rendimientos se obtuvieron cuando la fuente se localizó en una banda (Ver Tablas Nos. 7 y 11).

Es importante anotar que hubo una interacción entre las fuentes y los métodos de aplicación empleados (Ver Tablas Nos. 5 y 9 y figuras Nos. 1 y 2).

La mayor eficiencia de las aplicaciones localizadas de Mg frente a las incorporadas está de acuerdo con el contenido de bases que presentan dichos suelos. Puesto que el Mg se encuentra en desbalance con el Ca (suelo 1) y con el K (suelo 2), se necesitaría aplicar grandes cantidades del elemento (Mg) al suelo para lograr en el mismo un equilibrio adecuado entre las bases; pero si la fuente de Mg se aplica localizada es posible que en la zona afectada por el fertilizante se logre en parte dicho equilibrio, asegurando así un mejor suministro de Mg para las plantas.

También cuando la fuente se localiza tiene la ventaja de que las raíces de la planta tienen que explorar un volumen menor de suelo

TABLA No. 5: EFECTO DE LAS APLICACIONES DE Mg AL SUELO 1
SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| Dosis Kg de MgO/ha | MgSO ₄ | | MgO | |
|-----------------------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| | Localizado | Incorporado | Localizado | Incorporado |
| 30 * | 1.93 ** | 1.73 | 1.66 | 1.73 |
| 60 | 1.99 | 1.71 | 1.64 | 1.65 |
| 120 | 2.23 | 1.49 | 1.34 | 1.55 |

DMS 5 % = 0.49

TABLA No. 6: EFECTO DE LAS FUENTES Y DOSIS DE Mg APLICADAS
AL SUELO 1 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| Dosis Kg de MgO/ha | MgSO ₄ | MgO | Promedio |
|-----------------------|-------------------|-------|----------|
| 30 * | 1.83 ** | 1.695 | 1.7625 |
| 60 | 1.85 | 1.645 | 1.7475 |
| 120 | 1.86 | 1.445 | 1.6525 |
| Promedio | 1.846 | 1.595 | 1.72 |

** = Peso seco del bulbo en gramos/matera

DMS 5 % = 0.78 (para dosis) DMS 5 % = 0.20 (para fuentes de Mg)

TABLA No. 7: EFECTO DE LAS FUENTES Y FORMAS DE COLOCACION
DE Mg AL SUELO 1 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| Colocaci3n | MgSO ₄ | MgO | Promedio |
|-------------|-------------------|--------|----------|
| Localizado | 2.05 ** | 1.546 | 1.798 |
| Incorporado | 1.643 | 1.643 | 1.643 |
| Promedio | 1.8465 | 1.5945 | 1.7205 |

DMS 5 % = 0.20

DMS 20 % = 0.13

(para forma de colocaci3n).

TABLA No. 8
 EFECTO DE LA APLICACION DE Mg AL SUELO Y POR VIA FOLIAR
 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| | | Tratamiento | | Suelo 1 | Suelo 2 |
|--------|-------------------|--------------|--------------|---------|---------|
| Fuente | Sistema aplicac. | Kg de MgO/ha | | | |
| I | MgSO ₄ | Localizado | 30 Kg/ha | 1.93 * | 2.69 |
| II | MgSO ₄ | Incorporado | 30 | 1.73 | 2.28 |
| III | MgSO ₄ | Localizado | 60 | 1.99 | 2.64 |
| IV | MgSO ₄ | Incorporado | 60 | 1.71 | 2.37 |
| V | MgSO ₄ | Localizado | 120 | 2.23 | 2.68 |
| VI | MgSO ₄ | Incorporado | 120 | 1.49 | 2.44 |
| VII | MgO | Localizado | 30 | 1.66 | 2.40 |
| VIII | MgO | Incorporado | 30 | 1.73 | 2.34 |
| IX | MgO | Localizado | 60 | 1.64 | 2.30 |
| X | MgO | Incorporado | 60 | 1.65 | 2.10 |
| XI | MgO | Localizado | 120 | 1.34 | 2.06 |
| XII | MgO | Incorporado | 120 | 1.55 | 2.19 |
| XIII | MgSO ₄ | Localizado | 60 + Foliar | 1.83 | 2.37 |
| XIV | MgSO ₄ | Localizado | 120 + Foliar | 1.67 | 2.77 |
| XV | MgSO ₄ | Foliar | | 1.72 | 2.47 |

* Peso seco del bulbo en gramos/matera.

DMS 5 %: 0.49.

TABLA No. 9: EFECTO DE LAS APLICACIONES DE Mg AL SUELO 2 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| Dosis Kg de MgO/ha | MgSO ₄ | | MgO | |
|-----------------------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| | Localizado | Incorporado | Localizado | Incorporado |
| 30 | 2.69 * | 2.28 | 2.40 | 2.34 |
| 60 | 2.64 | 2.37 | 2.30 | 2.10 |
| 120 | 2.68 | 2.44 | 2.00 | 2.19 |

DMS 5 % = 0.45

* Peso seco del bulbo en gr/matera.

TABLA No. 10: EFECTO DE LAS FUENTES Y DOSIS DE Mg APLICADAS AL SUELO 2 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| Dosis Kg de MgO/ha | MgSO ₄ | MgO | Promedio |
|-----------------------|-------------------|-------|----------|
| 30 | 2.485 * | 2.37 | 2.4275 |
| 60 | 2.505 | 2.20 | 2.3525 |
| 120 | 2.56 | 2.125 | 2.3425 |
| Promedio | 2.516 | 2.232 | 2.374 |

** Peso seco del bulbo en gramos/matera.

DMS 5 % = 0.71 (para dosis) DMS 5 % = 0.18 (para fuentes).

TABLA No. 11: EFECTO DE LAS FUENTES Y FORMAS DE COLOCACION DE Mg AL SUELO 2 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

| Colocación | MgSO ₄ | MgO | Promedio |
|-------------|-------------------|-------|----------|
| Localizado | 2.67 % | 2.253 | 2.4615 |
| Incorporado | 2.363 | 2.21 | 2.2865 |
| Promedio | 2.516 | 2.232 | 2.374 |

DMS 5 % = 0.18

* Peso Promedio del bulbo en gramos/matera.

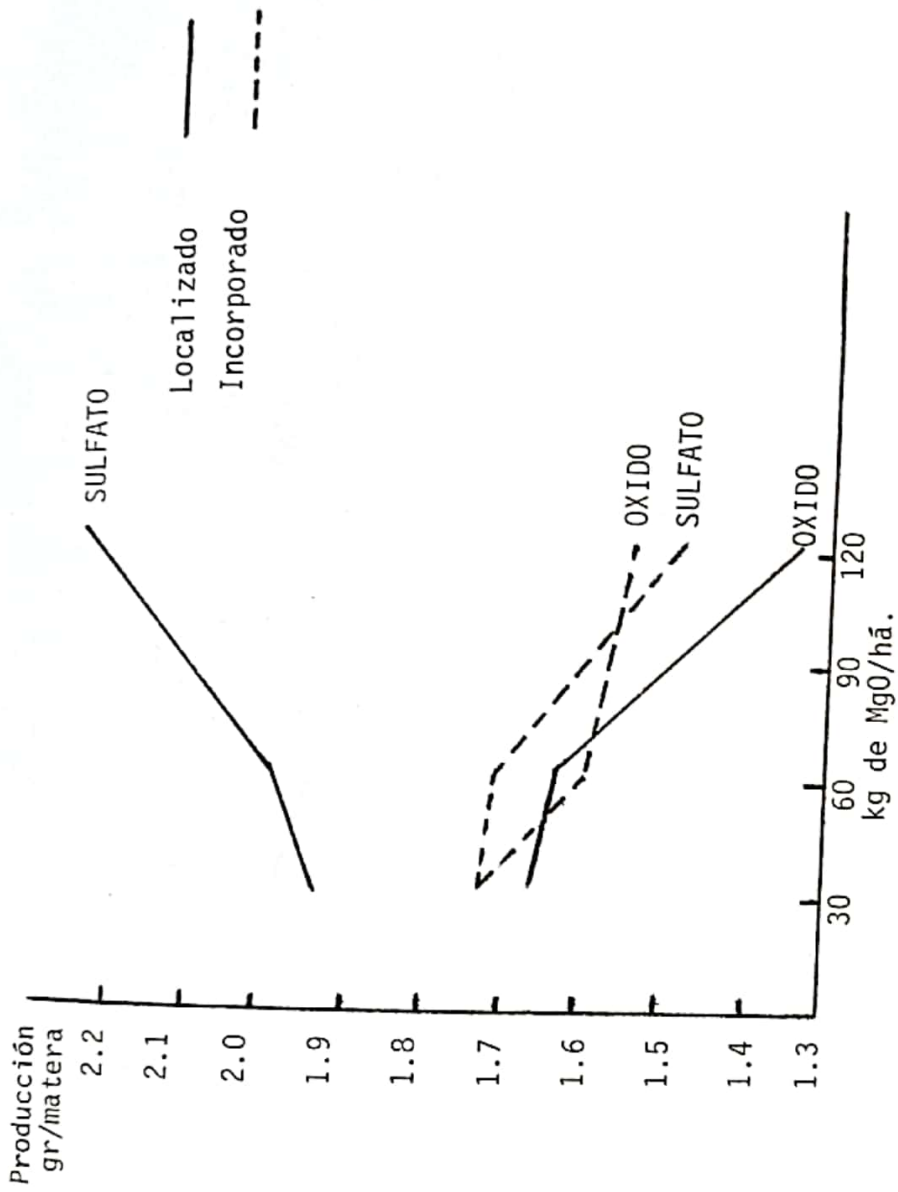


FIGURA No. 1

EFFECTO DE LAS APLICACIONES DE Mg AL SUELO 1
 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

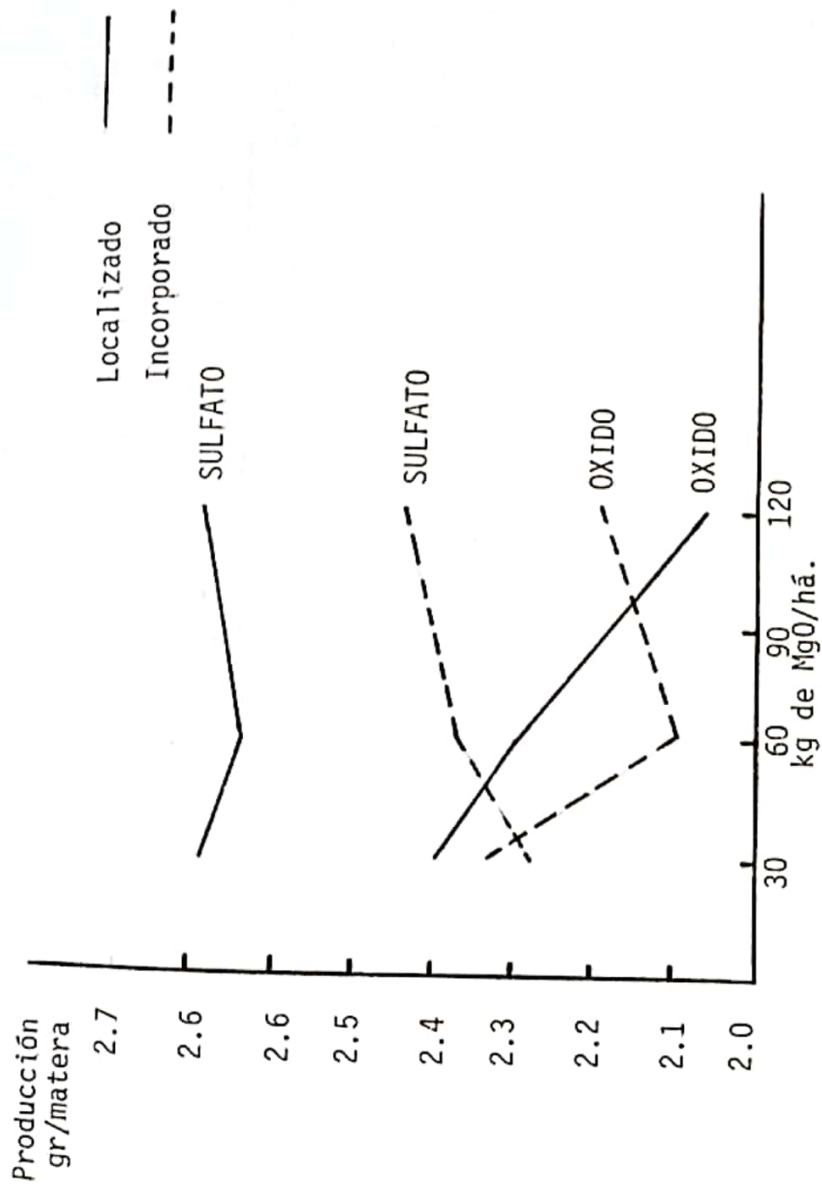


FIGURA No. 2

EFFECTO DE LAS APLICACIONES DE Mg AL SUELO 2
 SOBRE LA PRODUCCION PROMEDIA DEL RABANO

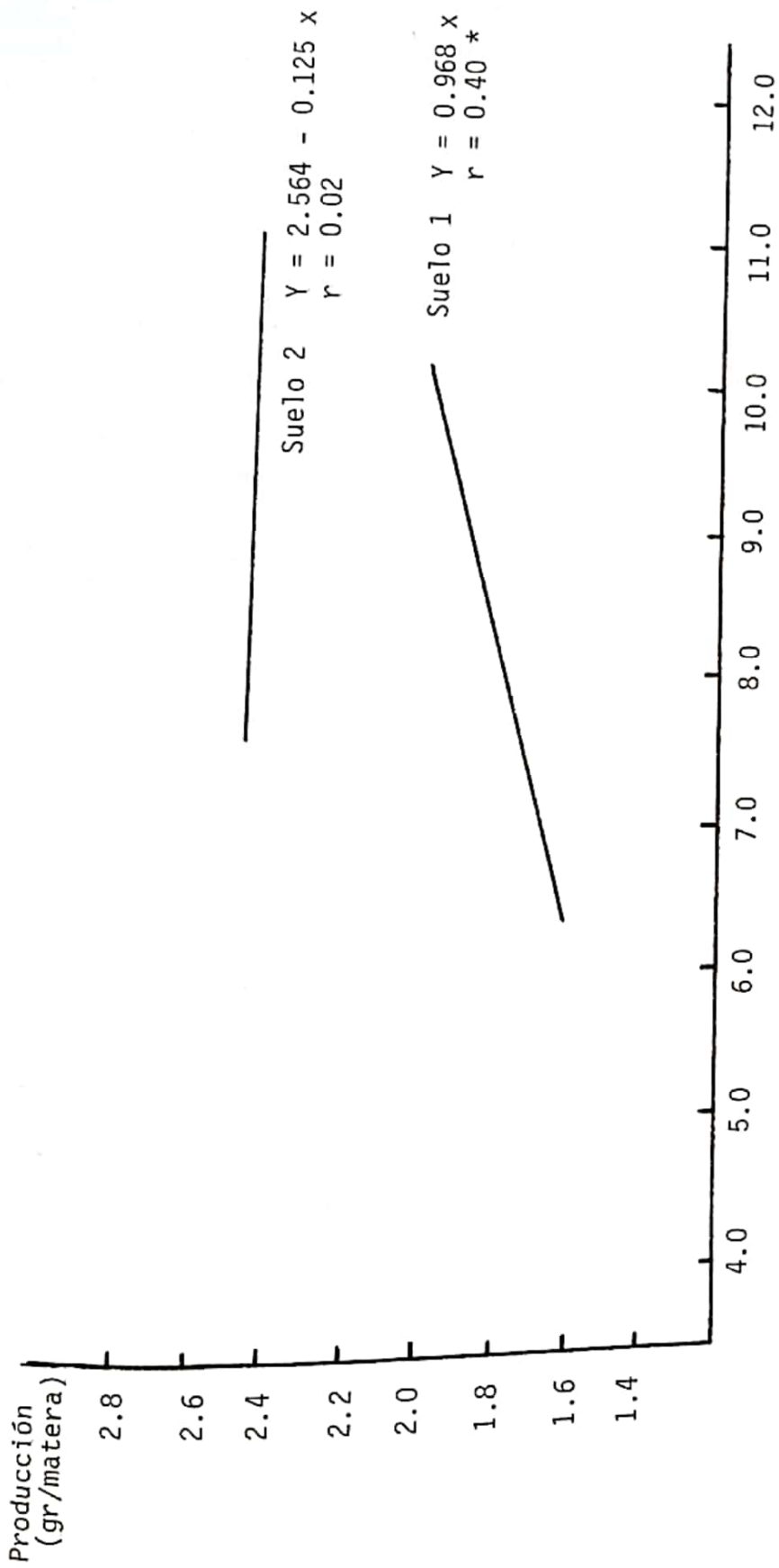


FIGURA No. 3

EFFECTO DE LA ABSORCION DE Ca. SOBRE LA PRODUCCION DE RABANO

(*) Significativo al 5 %

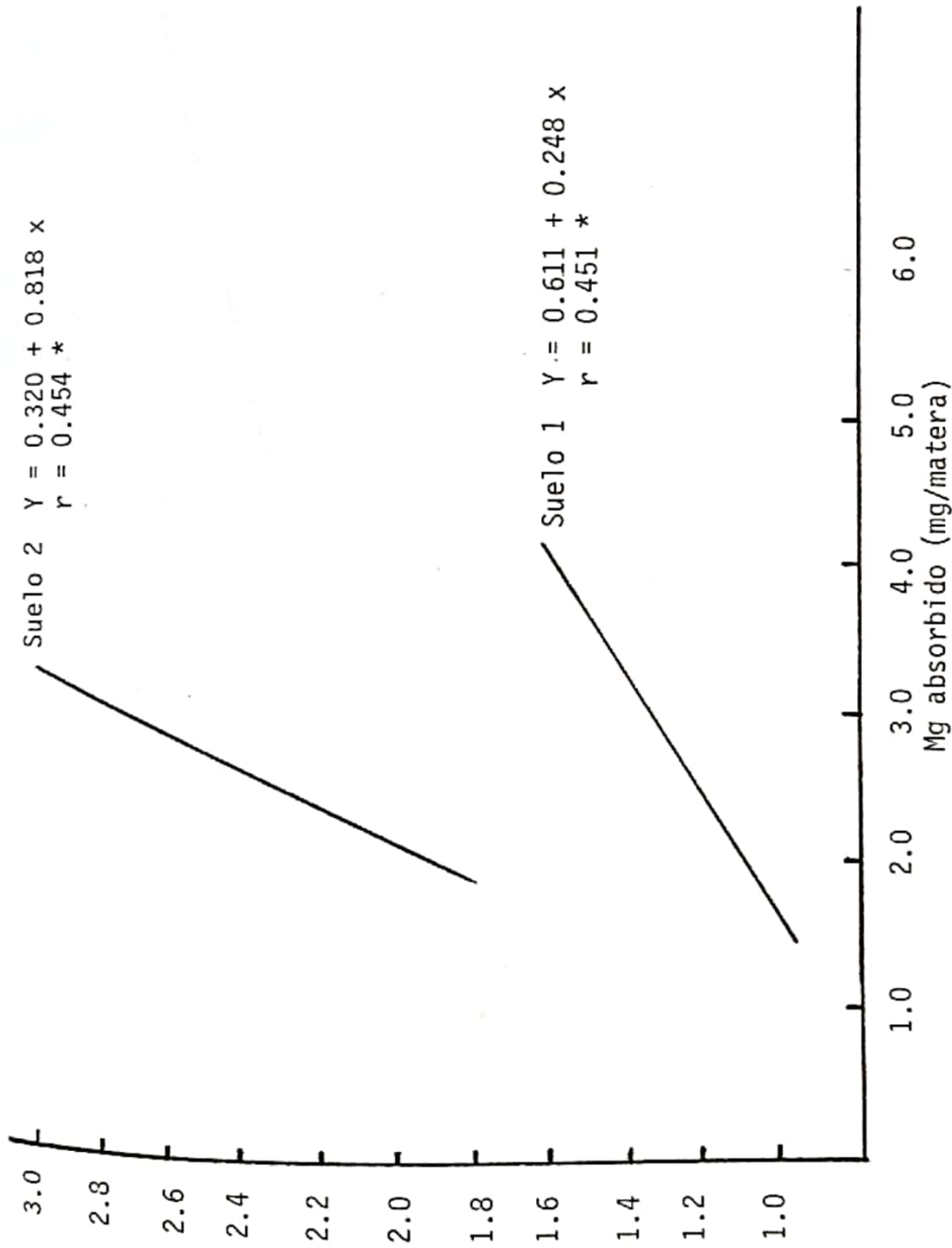


FIGURA No. 4

EFFECTO DE LA ABSORCION DE Mg SOBRE LA PRODUCCION DEL RABANO

(*) Significativo al 5 %.

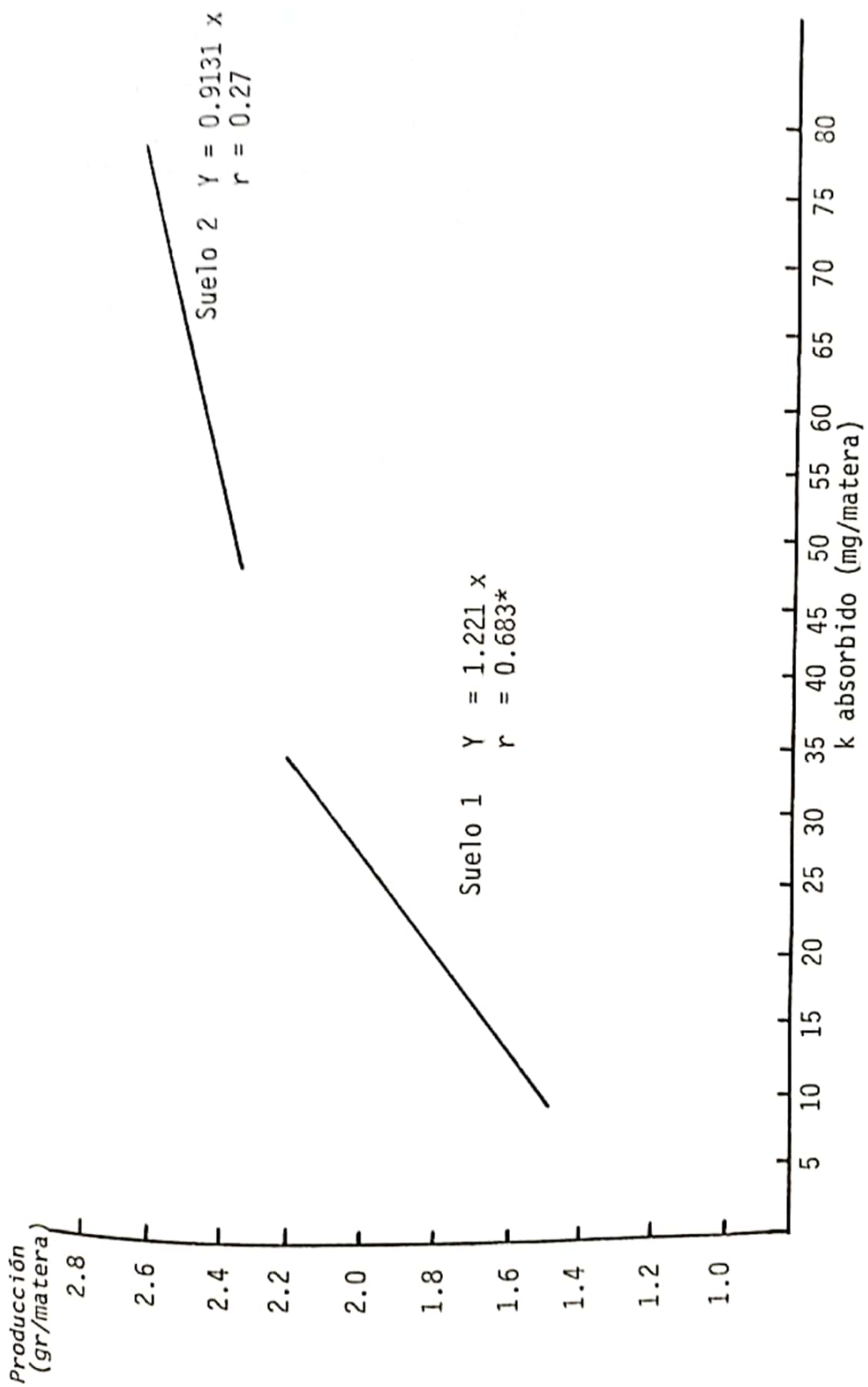


FIGURA No. 5

EFFECTO DE LA ABSORCION DE K SOBRE LA PRODUCCION DE RABANO

(*) Significativo al 5 %.

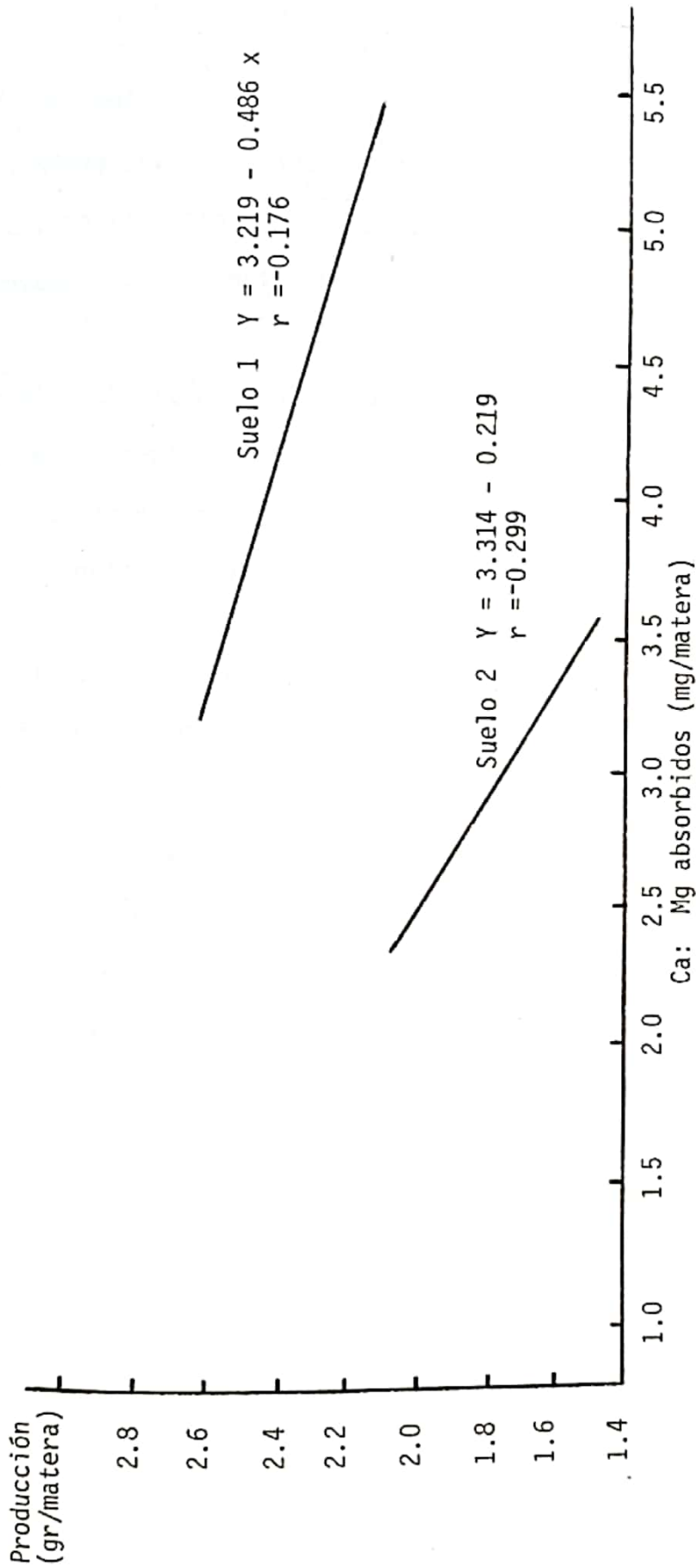


FIGURA No. 6

EFFECTO DE LA RELACION Ca:Mg EN LA PLANTA SOBRE LA PRODUCCION DE RABANO

que si la fuente se incorpora; esto es importante en los cultivos que como el rábano tienen un ciclo vegetativo corto ya que deben proveerse de los nutrientes en un tiempo limitado.

En el suelo 1, cuando se aplica sulfato de Mg localizado al suelo los rendimientos tienden a ser mayores que los hallados si Mg se aplica por vía foliar; si la fuente se incorpora en el suelo los rendimientos son iguales.

En el suelo 2, con aplicaciones de sulfato de Mg por vía foliar se obtienen iguales rendimientos que con aplicaciones al suelo, ya sea que la fuente se localice o se incorpore en el suelo. Similarmente en el suelo 2, los rendimientos son iguales cuando se hacen aplicaciones conjuntas de Mg por vía foliar y al suelo que si se hacen solamente aplicaciones al suelo, mientras que en el suelo 1, los rendimientos son iguales para la dosis de 60 pero menores en la dosis de 120 (Ver Tab 1a No. 8).

4.1.3. Efecto de las Dosis

De los promedios para las dosis en las Tablas Nos. 10 y 11 se aprecia que las dosis no tuvieron efecto en los rendimientos. No obstante cabe anotar que el efecto de las dosis está enmascarado por la interacción entre las fuentes y los métodos de aplicación (Ver figuras Nos. 1 y 2). Analizando el efecto de las dosis en cada fuen

te podemos anotar:

En el suelo 1, incrementos en las dosis de MgO de 60 kilos/ha a 120 producen efectos detrimientales en los rendimientos para ambos métodos de aplicación; en el caso del sulfato cuando se localiza al aumentar las dosis se incrementan los rendimientos y cuando la fuente se incorpora los rendimientos descienden con incrementos en las dosis de 60 a 120 Kilos de MgO /ha (Ver Tabla No. 5).

En el suelo 2, aumentos en las dosis no producen variaciones en los rendimientos cuando se utiliza sulfato, mientras que si se emplea óxido como fuente de Mg incrementos en las dosis deprimen los rendimientos.

4.1.4. Efectos de la Relación Ca:Mg

En el suelo 1 cuya relación Ca:Mg intercambiable es de 23:1 los rendimientos fueron menores que los obtenidos en el suelo 2 de relación 8:1. Cabe señalar que los dos suelos además de presentar una relación Ca:Mg variable difieren en sus contenidos de P y K, siendo el suelo 2 el que presenta los mayores valores para ambos elementos.

Aunque no se midió el efecto de las diferentes aplicaciones de Mg al suelo sobre la relación Ca:Mg y por ende el efecto de ésta en

la producción se puede anotar lo siguiente:

Cuando la fuente de Mg se aplica localizada es de esperar que las cantidades de Mg suministradas son suficientes para incrementar el contenido de Mg intercambiable en la zona que es afectada por el fertilizante, lo que se traduce en una disminución de la relación Ca:Mg. Ahora bien como los mejores rendimientos en el suelo 1 se obtuvieron cuando la fuente se localizó es probable que ello sea debido a una disminución en la relación Ca:Mg.

En el suelo 2 debido a sus más altos contenidos de K intercambiable el efecto del Mg pudo estar encaminado a mejorar la relación Mg:K que la relación Ca:Mg ya que ésta última no presenta un valor tan crítico como en el caso del suelo 1.

4.2. COMPOSICION

Los datos de la Tabla No. 12 muestran el efecto de las aplicaciones de Mg sobre la absorción del Mg por el rábano. Los valores son promedio de 4 replicaciones.

4.2.1. Efecto de las Fuentes

En el suelo 1 los contenidos de Ca, Mg y K del bulbo fueron mayores cuando se aplicó sulfato de Mg que cuando se aplicó óxido, en

tanto que en el suelo 2 los contenidos de Ca y Mg fueron mayores con la aplicación de óxido, la absorción de K no varió (DMS 5 %).

4.2.2. Efecto de los Métodos de Aplicación

Cuando el sulfato de Mg se aplica localizado en el suelo 1 la absorción de Ca y Mg por el bulbo es mayor que si la fuente se incorpora en el suelo, mientras que en el suelo 2 con la aplicación localizada se absorbe menos Ca; el contenido de K y Mg no varía (DMS 5 %).

Para las plantas que crecieron en el suelo 1 los contenidos de Ca, Mg y K no varían ya sea que la fuente se suministre por vía foliar o al suelo. En las plantas del suelo 2 la absorción de Ca y Mg es mayor cuando el Mg se aplica por vía foliar, que cuando se aplican 30 Kg de MgO/ha localizados (DMS 5 %).

4.2.3. Efecto de la Dosis

Al aplicar sulfato de Mg localizado en el suelo 1 si se aumentan las dosis de 30 a 60 Kg/ha los contenidos de Ca y Mg del bulbo disminuyen, en tanto que en el suelo 2 aumentan. En ambos suelos el contenido de K del bulbo no varía cuando se pasa de una dosis a otra (DMS 5 %).

En las figuras 3 a 6 se aprecia el efecto de la composición del r**á** bano sobre el rendimiento. Según la figura 3 en el suelo 1 a medida que aumentan los contenidos de Ca en la planta los rendimientos se incrementan, en tanto que en el suelo 2 variaciones en el contenido de Ca de la planta no producen variaciones en los rendimientos.

Para ambos suelos el Mg absorbido por la planta está en relación directa con la producción, a medida que aumentan los contenidos de Mg se incrementan los rendimientos (Ver figura 4). Por la pendiente de las rectas (mayor para el suelo 2) se puede ver que se necesita menos Mg (absorber) para aumentar la producción en el suelo 2 que en el suelo 1; los resultados están relacionados con la relación Ca:Mg y con el porcentaje de saturación de Mg intercambiable que presentan los suelos, el cual es de 13.3 % para el suelo 2 y de 6.4 % para el suelo 1, dos veces menor en éste último.

Cuando se incrementan los contenidos de K del bulbo, se aumentan los rendimientos en los dos suelos, siendo mayor el aumento en el suelo 1 (Ver figura No. 5).

La figura No. 6 muestra que la relación Ca:Mg absorbidos en la planta afectó adversamente la producción, a mayores valores en la relación Ca:Mg los rendimientos son más bajos; siendo más pronunciado el descenso en el suelo 1 que en el suelo 2.

TABLA No. 12

EFEECTO DE LA FERTILIZACION CON Mg SOBRE LA COMPOSICION PROMEDIA DEL RABANO

| Fuente Sistema | Tratamiento | Kg de MgO/ha | Suelo 1 | | | | Suelo 2 | | | |
|----------------|-------------------|-------------------|---------|-----|-------|-------|---------|------|------|-------|
| | | | Ca | Mg | K | Ca:Mg | Ca | Mg | K | Ca:Mg |
| I | MgSO ₄ | Localizado 30 | 8.85 * | 3.2 | 21.85 | 2.7 | 8.75 | 2.3 | 60.4 | 3.8 |
| II | MgSO ₄ | Incorporado 30 | 7.22 | 2.5 | 17.15 | 2.9 | 10.47 | 2.4 | 62.3 | 4.2 |
| III | MgSO ₄ | Localizado 60 | 8.25 | 2.7 | 28.07 | 3.1 | 10.25 | 2.9 | 60.0 | 3.6 |
| VII | MgO | Localizado 30 | 8.02 | 2.7 | 14.02 | 2.9 | 10.00 | 2.6 | 59.7 | 3.8 |
| XIII | MgSO ₄ | Localizado 60 + F | 8.20 | 3.0 | 17.57 | 2.7 | 9.95 | 2.8 | 68.3 | 3.8 |
| XV | MgSO ₄ | Foliar | 8.65 | 3.1 | 22.60 | 2.8 | 10.15 | 2.85 | 53.0 | 3.56 |

* Valores absorbidos por el bulbo en miligramos/matera.

| | DMS 5 % | |
|-------|---------|---------|
| | Suelo 1 | Suelo 2 |
| Ca | 0.84 | 0.35 |
| Mg | 0.42 | 0.18 |
| K | 7.05 | 6.95 |
| Ca:Mg | 0.18 | 0.21 |

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se llegó a las siguientes conclusiones:

- De las fuentes de Mg utilizadas el sulfato fué mejor que el óxido.
- El MgO produjo efectos detrimentales en los rendimientos.
- De las aplicaciones al suelo se obtuvieron mejores rendimientos cuando la fuente se localizó en banda.
- Cuando se aplicó por vía foliar los rendimientos fueron iguales o menores que si se aplicaba al suelo.
- Incrementos en las dosis de MgO producen descensos en los rendimientos.
- El suelo cuya relación Ca:Mg intercambiables es amplia la producción es igual cuando se aplica sulfato localizado en la dosis de 30 y 60 Kg/ha pero mayor en la dosis de 120 Kg/ha.

- En el suelo de relación Ca:Mg 8:1 incrementos en las dosis de sulfato de Mg localizado no tuvieron efecto en la producción.
- Hubo una interacción entre las fuentes y los métodos de aplicación.
- La producción fué mayor en el suelo de relación Ca:Mg menor (8:1) . En la planta la mayor relación Ca:Mg tuvo una ligera tendencia a deprimir la producción.
- Cuando se incrementaban los contenidos de Mg en la planta la producción aumentaba.

CAPITULO VI

RESUMEN

En dos suelos de relación Ca:Mg intercambiables variables, provenientes de los municipios de Villeta y Utica (departamento de Cundinamarca) se llevó a cabo un ensayo de invernadero en fertilización del rábano con Mg y se estudió el efecto de las fuentes, dosis y métodos de aplicación de Mg sobre la producción y composición del rábano.

El suelo de Villeta está clasificado como un "Entic Hapustoll" y tiene una relación Ca:Mg de 8:1; el suelo de Utica es un "Typic Ustropept con una relación Ca:Mg de 23:1. Se hicieron aplicaciones de Mg solamente al suelo, aplicaciones conjuntas de Mg al suelo y foliar y aplicaciones sólo por vía foliar. En las aplicaciones al suelo se emplearon dos fuentes ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y MgO), 3 dosis (30, 60 y 120 Kg de Mg/ha expresados como MgO) y 2 métodos de aplicación (localizado e incorporado). Para las aplicaciones foliares se empleó una solución de sulfato de Mg ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) al 1 %.

Se encontró que el sulfato de Mg fué mejor que el MgO ; de los méto

dos de aplicación el localizado dió mejores resultados; en el suelo de relación Ca:Mg 23:1 la producción es igual cuando se aplica sulfato de Mg localizado en las dosis de 30 y 60 Kg/ha pero mayor en la dosis de 120 Kg/ha pero mayor en la dosis de 120 Kg/ha. En el suelo de relación Ca:Mg 8:1 incrementos en las dosis de sulfato de Mg localizado no tuvieron efecto en la producción. Las aplicaciones de Mg al suelo tuvieron efectos iguales o mayores sobre los rendimientos que si el Mg se aplicaba por vía foliar. Los rendimientos fueron mayores en el suelo de relación Ca:Mg menor (8:1). La relación Ca:Mg en la planta tuvo una ligera tendencia a deprimir los rendimientos; a medida que aumentaba el Mg en la planta se incrementaban los rendimientos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) ACOSTA, C. y GONZALEZ, A. 1976. Influencia de la Relación Ca/Mg en Varios Suelos del Valle del Cauca. Rev. ICA 11(3):231-242.
- (2) ARTEMO, G.C. y RODRIGUEZ, C.A. 1969. Influencia de la Relación Ca/Mg Sobre la Producción de Cebada en Dos Suelos Acidos de Colombia. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Colombia.
- (3) BEAR, F.E. and TOTH, S.J. 1948. Influence of Calcium on the Availability of Other Soil Cations. Soil Sci. 65:69-74.
- (4) CHANCHAY, C.A. 1967. Efecto de la Aplicación de Mg al Suelo y a las Hojas sobre la Concentración Foliar de este Elemento en el Cafeto. Rev. Turrialba 17(2):182-187.
- (5) DRAYCOTT, A.P. And DURRANT, M.J. 1970. The Relationship Between Exchangeable Soil Magnesium and Response by Sugar Beet to Magnesium Sulphate. J. Agric. Sci. Camb. vol. 75, part 1:137-143.
- (6) DUVAL SALES CORPORATION (s.f.) Cosechas Forrajeras Necesitan K-Mag. Apuntes Agronómicos.
- (7) _____ (s.f.) K-Mag para Maiz y Sorgo. Apuntes Agronómicos.

- (8) DUVAL SALES CORPORATION 1971. Las Hortalizas Necesitan Algo Más que N-P-K. Apuntes Agronómicos.
- (9) FASSBENDER, H.W. 1975. Química de Suelos con Enfoque en América Latina. Turrialba Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- (10) FINE, L.O. and SHANON, D.G. 1976. Growth and Composition of Sudan grass on High-calcium, Low-magnesium soil. *Agronomy Journal* 68:671-674.
- (11) FOTH, H.A. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. México, Cia Editorial Continental.
- (12) GOMEZ, J.A. 1978. La Posibilidad de la Deficiencia de Magnesio en los Suelos Acidos Colombianos (Mimeografiado).
- (13) GROSS, A. 1976 Abonos: Guía Práctica de la Fertilización, 6a. edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- (14) HALSTEAD, R.L. et al 1957 Ca:Mg Ratios in Soil and the Yield and Composition of Alfalfa. *Canadian Journal of Soil Sci.* 38:85-92.
- (15) HUNTER, A.S. 1948 Yield and Composition of Alfalfa as Affected by Variations in the Calcium-magnesium Ratio in the Soil. *Soil Sci.* 67:53-62.
- (16) INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI 1979. Estudio Semidetallado y General de Suelos del Transecto Armero-Facatativa (En prensa).
- (17) JACOB, A. 1958. Magnesium the fifth Plant Nutrient. Ed. Staples

press limited, London.

- (18) JACOB, A. y H. Von Uexkull 1973. Fertilización: Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales y Sub-tropicales. 4a. edición, Ediciones Euro-americanas. México.
- (19) KAMPRATH, E.J. and FOY, C.A. 1971 Lime-Fertilizer-Plant Interactions in Acid Soils. In Fertilizer Technology and Use Soil Sci. Soc. of America. Wisconsin USA; segunda edición, 661 p.
- (20) KEY, J.L. et al 1962. Influence of Ratio of Exchangeable Calcium-Magnesium on Yield and Composition of Soybeans and Corn. Soil Sci. 93:265-270.
- (21) McLEAN, E.O. and CARBONELL, M.A. 1972. Calcium, Magnesium and Potassium Saturation Ratios in two Soils and Their Effects Upon Yield and Nutrient Contents of German Millet and Alfalfa. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36(6):927-930.
- (22) McLEAN, A. 1975 Comunicación Escrita. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- (23) McCARTH, G.A. and KAMPRATH, E.J. 1965 Supplying Calcium and Magnesium for Cotton on Sandy, low cation Exchange Capacity Soils. Agronomy Journal 57:404-406.
- (24) MARIN, G. 1977. Fertilidad de Suelos con Enfasis en Colombia. Bogotá, 299 p.
- (25) MELA, M.P. 1954. Tratado de Edafología. Editorial Dossat S.A. Madrid.

- (26) MOORE, P.D. et al 1961. Uptake of Magnesium and its Interaction With Calcium in Excised Barley Roots. *Plant Physiology* 36:290-295.
- (27) MORTVEAT, J.J. and CUNNINGHAM, H.G. 1971. Production Marketing and Use of Other Secondary and Micronutrient Fertilizers. In *Fertilizer Tecnology and Use*. Soil Sci. Soc. of America. Wisconsin USA, segunda edición, 661 p.
- (28) MOSTAFA, M.A.E. and ULRICH, A. 1976. Interaction of Calcium and Magnesium in Nutrition of Intact Sugarbeets. *Soil Sci.* 121(1):16-20.
- (29) ROLONG, N y RAMIREZ, A. 1975. Influencia de la Relación Ca/Mg y del pH sobre la Producción del Fríjol (*Phaseolus vulgaris*). In *Memorias del V Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Colquio Nacional sobre Suelos Ecuatoriales*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo 8(1) 1977.
- (30) SRIVASTAVA, S.C. and AGRAWAL, M.P. 1967. Enhanced Solubility of Dicalcium-Phosphate in the Presence of Magnesium and Ions Sulphate, and its Edaphic Significance en Calcareous Soils. *Soil Sci.* 104(2):77-80.
- (31) USHERWOOD, N.R. and MILLER, J.R. 1967. Effect of Soil pH on the Availability of Magnesium to Corn (*Zea mays*) from Magnesium Sulphate and High Magnesium Liming Materials. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31:390-393.
- (32) VOISIN, A. 1970 *Nuevas Leyes Científicas en la Aplicación de los Abonos*. Madrid, Tecnos. 150 p.
- (33) WOLF, B. 1963 *Evaluation of Calcined Magnesite as a Source of Mag*

nesium for Plants. Agronomy Journal 55:261-262.

- (34) YOON, J.H. y RYU, I.S. 1976. Investigación sobre la Influencia de la Relación entre las Bases en la Planta y en el Suelo sobre el Rendimiento y el Crecimiento de la Soya. Soil Sci. Fert. Plant protection and micology, No. 12:35-40 Corea. (Tomado de: Revista de la Potasa, sección 12: cultivos in dustriales).

A P E N D I C E

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS UTILIZADOS EN EL PRESENTE TRABAJO *

Los suelos utilizados en el ensayo provienen de los municipios de Villeta y Utica. El suelo de Villeta pertenece al conjunto Payandé y se le clasifica como "Entic Haplustoll"; el suelo proveniente de Utica pertenece al conjunto Diagonal y está clasificado como "Typic Ustropept", algunas de las características de los conjuntos anotados se describen a continuación.

Conjunto Payandé

Se encuentra en la jurisdicción del municipio de Villeta. La unidad comprende suelos desarrollados a partir de materiales coluvio aluviales de textura fina y media provenientes de lutitas de la formación Villeta y de areniscas. Se encuentra entre 800 y 1.200 m.s.n.m. El relieve es plano a ligeramente inclinado con pendientes menores del 7 %.

* Tomado de "Estudio semidetallado y general de Suelos del Tronsecto Armero-Facatativa. 1979 (en prensa).

La descripción del perfil característico del conjunto aparece en la página siguiente, similarmente las características químicas se anotan en la Tabla No. 1.

Conjunto Diaqual (Typic Ustropept)

Son suelos desarrollados a partir de intercalaciones de caliza y lutitas calcáreas, plaeners y areniscas; se encuentran sobre alturas de 500 y 800 m.s.n.m; el clima es cálido seco. El relieve es fuertemente quebrado con pendientes de 25 % a 50 %. Suelos superficiales a moderadamente profundos limitados por la presencia de sales o por el material parental; texturas medias y finas, excesivamente drenados; afectados por erosión moderada y severa. En las páginas siguientes (3) se anota la descripción del perfil y las características químicas aparecen en la Tabla No. 1.

Perfil No. 1 (DIAGUAL)

| | |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Conjunto Diagonal | |
| Describió | : A. Parra. |
| Epoca descripción | : Verano. XII-1-72. |
| Clasificación | : Typic Ustropept. |
| Localización | : Municipio de Utica, vereda Diagonal. Carretera Villeta-Utica. |
| Altitud | : 800 m.s.n.m. |
| Posición fisiográfica | : Montaña. |
| Relieve | : Fuertemente quebrado, pendiente 40 %. |
| Grado de erosión | : Moderada a severa. |
| Material parental | : Lutitas negras de la formación Villeta. |
| Profundidad efectiva | : Superficial. Limitante, sales. |
| Precipitación promedio anual | : 500 mm. |
| Régimen climático del suelo | : Ustic, isotérmico. |
| Drenajes | : Externo, rápido; interno, rápido; natural, excesivo. |
| Vegetación natural | : Escobo y guásimo. |
| Profundidad en cm. | |
| 0 - 12 | Color en húmedo pardo oscuro (7.5 YR 3/2); textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares, media, |

moderada; consistencia en seco muy dura, en humedo fina, en mojado ligeramente pegajosa y plástica; abundante actividad de macroorganismos; abundante presencia de raicillas; límite claro.

12 - 95
B

Color en húmedo pardo oscuro a pardo amarillento (10YR 3/3.5) 30 % de inclusiones de color blanco debidas a la presencia de carbonatos; textura franco-arcillosa; estructura en bloques subangulares, media, moderada; consistencia en seco dura, en humedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; abundante actividad de macroorganismos; abundantes raicillas; límite claro y plano.

95 - 130

Color en húmedo pardo a pardo oscuro (10YR4/3); textura al tacto arcillosa; consistencia en humedo friable; en mojado pegajosa y plástica.

Perfil No. 2 (PAYANDE)

Conjunto Payandé

| | |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Describió | : R. Jaramillo y A. Parra. |
| Epoca de descripción | : Verano. XI-20-69. |
| Clasificación | : Entic Haplustoll. |
| Localización | : Municipio de Villeta, vereda Payandé, antes del puente sobre el río Villeta, 1 km antes de Bega-zal. |
| Altitud | : 800 m.s.n.m. |
| Posición fisiográfica | : Valle estrecho coluvio-aluvial. |
| Relieve | : Ligeramente inclinado, pendiente 5 %. |
| Clase y grado de erosión | : Hidrica ligera. |
| Material parental | : Aluviones de matriz arcillo-are-nosa. |
| Profundidad efectiva | : Moderada. Limitante cascajo y piedras. |
| Precipitación promedio anual | : 1.400 mm. |
| Régimen climático del suelo | : Udico Isotérmico. |
| Drenajes | : Externo, medio; interno, rápido; natural bien drenado. |
| Vegetación natural | : Velero y payandé. |
| Inundaciones | : Ocasionales. |

Profundidad en cm.

- 0 - 70
Ah Color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro (10YR3/2), con frecuentes manchas de color pardo amarillento, (10YR5/6); textura franca; estructura en bloques subangulares, medios, grueso, moderados; consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa y ligeramente plástica; abundante presencia de microorganismos; abundantes raicillas finas; límite gradual, plano.
- 70 - 200
C Material aluvial, cascajo, gravilla, piedra con matriz arcillosa.

TABLA No. 1

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS DE LOS CONJUNTOS DIAGUAL Y PAYANDE

| | Hte. cm | Ar | L | A | Tex | pH | CO % | P ₂ O ₅ | CIC _a | Base Total | Ca | Mg | K | Na |
|------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------|---|---|------|-----|------|-------------------------------|------------------|------------|-------|-----|------|------|
| Suelo 1: Typic Ustropept | 0 - 12 Ah | 24-48-28 | | | F-Ar | 7.9 | 1.98 | 4.0 | 17.3 | 59.0 | 56.3 | 2.4 | 0.2 | 0.1 |
| | 12- 95 B | 26-46-28 | | | F-Ar | 7.9 | 1.39 | - | 17.7 | 69.7 | 66.0 | 1.6 | 0.1 | 0.2 |
| | 95-130 C | No dispersa | | | Ar | 8.0 | 0.67 | 4.0 | 9.6 | 193.5 | 190.1 | 3.3 | 0.04 | 0.04 |
| Suelo 2: Entic Haplustoll | 0 - 70 Ah | 44-36-20 | | | F | 6.3 | 1.51 | 1.51 | 35.8 | 31.7 | 28.1 | 2.8 | 0.6 | 0.2 |
| | 70-200 | Material aluvial, cascajo, gravilla y piedra con matriz arcillosa. | | | | | | | | | | | | |

TABLA No. 2
 CONTENIDO DE Ca Y Mg INTERCAMBIABLES DE ALGUNOS SUELOS
 DEL TRANSECTO ARMERO-FACATATIVA

| Perfil Nombre | Localidad Mcpio | Ca | Mg | Ca:Mg |
|------------------|--------------------|------------|-----|-------|
| | | meq/100 g. | | |
| El Recreo | Sasaima | 35.0 | 2.7 | 12.9 |
| Cune | Villeta | 30.3 | 0.8 | 37.8 |
| Fincalito | Villeta | 46.4 | 1.3 | 35.7 |
| Masata | Villeta | 49.5 | 3.4 | 14.6 |
| Mave | Villeta | 29.4 | 1.2 | 24.5 |
| Payandé | Villeta | 28.1 | 2.8 | 10.0 |
| Diagual | Utica | 56.3 | 2.4 | 23.5 |
| Encanto | Guaduas | 41.7 | 1.6 | 26.0 |
| Holanda | Guaduas | 34.6 | 2.0 | 17.3 |
| Tablón | Guaduas | 42.8 | 1.2 | 35.6 |
| Zaragoza | Guaduas | 41.2 | 0.8 | 51.5 |

Tomado de "Estudio Semidetallado y General de Suelos del Transecto Armero-Facatativa 1979 (En prensa).

TABLA No. 4

RESPUESTA DEL RABANO A LA FERTILIZACION CON Mg
PESO SECO DE LAS HOJAS EN gr/MATERA

| Fuente | Tratamiento | | (*) S u e l o 1 | | S u e l o 2 | | | | |
|-------------------------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|------|------|------|
| | Sist. | Apl. kg de MgO/ha. | Replicaciones | Replicaciones | Replicaciones | Replicaciones | | | |
| I. MgSO ₄ | - | 30 | 2.25 | 2.43 | 2.10 | 2.45 | 2.47 | 2.08 | 2.18 |
| II. MgSO ₄ | - | 30 | 2.20 | 2.36 | 2.50 | 2.45 | 2.60 | 2.75 | 2.28 |
| III. MgSO ₄ | - | 60 | 2.50 | 2.31 | 2.20 | 2.35 | 2.25 | 2.00 | 2.15 |
| IV. MgSO ₄ | - | 60 | 2.25 | 2.35 | 2.85 | 2.15 | 2.60 | 2.40 | 2.38 |
| V. MgSO ₄ | - | 120 | 2.30 | 2.71 | 2.50 | 2.05 | 3.10 | 3.25 | 1.89 |
| VI. MgSO ₄ | - | 120 | 1.60 | 2.65 | 3.50 | 2.10 | 1.95 | 2.45 | 2.15 |
| VII. MgO | - | 30 | 2.45 | 2.44 | 2.75 | 1.90 | 1.65 | 2.65 | 2.35 |
| VIII. MgO | - | 30 | 2.10 | 2.15 | 2.90 | 1.90 | 2.50 | 2.18 | 1.85 |
| IX. MgO | - | 60 | 2.60 | 2.21 | 2.90 | 2.60 | 3.15 | 2.35 | 2.11 |
| X. MgO | - | 60 | 2.30 | 2.55 | 2.50 | 2.30 | 2.68 | 3.25 | 1.85 |
| XI. MgO | - | 120 | 2.25 | 2.70 | 2.55 | 2.30 | 2.35 | 2.20 | 1.55 |
| XII. MgO | - | 120 | 2.45 | 1.73 | 2.60 | 2.25 | 2.80 | 2.70 | 2.35 |
| XIII. MgSO ₄ | - | 60 + F (**) | 2.60 | 2.82 | 2.60 | 2.80 | 2.80 | 2.12 | 2.30 |
| XIV. MgSO ₄ | - | 120 + F | 2.20 | 2.60 | 2.65 | 2.80 | 2.20 | 2.50 | 1.65 |
| XV. MgSO ₄ | Foliar | | 2.30 | 2.20 | 2.40 | 2.43 | 2.60 | 2.12 | 2.10 |

(*) Suelo 1: Typic Ustropept.

Suelo 2: Entic Haplustoll.

(**) F = Foliar.

TABLA No. 5

DATOS DEL Ca, Mg Y K ABSORBIDOS POR EL BULBO PARA EL SUELO 1
(LOS DATOS ESTAN DADOS EN MILIGRAMOS/
MATERA PARA CADA REPLICACION)

| Tratamiento | Ca | Mg | K | Ca:Mg |
|-----------------------------------------|-------|------|------|-------|
| I MgSO ₄ -L-30 Kg/ha | 8.40 | 3.40 | 28.0 | 2.47 |
| | 7.00 | 2.20 | 12.4 | 3.18 |
| | 10.00 | 3.60 | 25.0 | 2.78 |
| | 10.00 | 3.60 | 22.0 | 2.78 |
| II MgSO ₄ -In-30 | 6.50 | 2.10 | 12.4 | 3.10 |
| | 7.50 | 2.10 | 10.9 | 3.57 |
| | 7.10 | 2.80 | 18.7 | 2.53 |
| | 7.80 | 3.00 | 26.6 | 2.60 |
| III MgSO ₄ -L-60 | 8.70 | 2.90 | 17.2 | 3.00 |
| | 7.60 | 2.30 | 25.0 | 3.30 |
| | 8.40 | 3.00 | 35.8 | 2.80 |
| | 8.30 | 2.70 | 34.3 | 3.07 |
| VII MgO -L- 30 | 7.30 | 2.60 | 10.9 | 2.80 |
| | 8.20 | 2.90 | 15.6 | 2.83 |
| | 9.90 | 3.40 | 20.2 | 2.91 |
| | 6.70 | 1.90 | 9.4 | 3.52 |
| XIII MgSO ₄ -L-60 + F (') | 9.20 | 3.10 | 12.5 | 2.96 |
| | 8.10 | 3.40 | 12.5 | 2.38 |
| | 8.80 | 3.20 | 34.4 | 2.75 |
| | 6.70 | 2.40 | 10.9 | 2.79 |
| XV MgSO ₄ Foliar | 8.60 | 3.00 | 18.8 | 2.87 |
| | 10.40 | 3.80 | 20.2 | 2.73 |
| | 5.2 | 1.60 | 23.4 | 3.25 |
| | 10.4 | 4.00 | 28.0 | 2.60 |

(') F = Foliar

TABLA No. 6

DATOS DEL Ca, Mg Y K ABSORBIDOS POR EL BULBO PARA EL SUELO 2
(LOS DATOS ESTAN DADOS EN MILIGRAMOS/
MATERA PARA CADA REPLICACION)

| Tratamiento | Ca | Mg | K | Ca:Mg |
|-----------------------------------------|-------|------|------|-------|
| I MgSO ₄ -L-30 Kg/ha | 9.80 | 2.40 | 67.0 | 4.08 |
| | 8.80 | 2.40 | 54.6 | 3.67 |
| | 7.80 | 2.20 | 64.0 | 3.54 |
| | 8.60 | 2.20 | 56.2 | 3.91 |
| II MgSO ₄ -In-30 | 10.38 | 2.20 | 62.5 | 4.72 |
| | 10.60 | 2.80 | 62.4 | 3.78 |
| | 10.30 | 1.90 | 70.1 | 5.42 |
| | 10.60 | 2.60 | 54.4 | 4.07 |
| III MgSO ₄ -L-60 | 11.00 | 3.20 | 68.6 | 3.43 |
| | 10.60 | 3.20 | 59.2 | 3.31 |
| | 9.40 | 2.30 | 49.9 | 4.08 |
| | 10.00 | 2.80 | 62.4 | 3.57 |
| VII MgO -L- 30 | 9.60 | 2.20 | 62.4 | 4.36 |
| | 10.40 | 2.70 | 59.3 | 3.85 |
| | 10.00 | 3.00 | 62.4 | 3.33 |
| | 10.00 | 2.70 | 54.6 | 3.70 |
| XIII MgSO ₄ -L-60 + F (') | 9.70 | 2.40 | 51.4 | 4.04 |
| | 10.20 | 2.70 | 67.2 | 3.78 |
| | 10.40 | 3.00 | 76.4 | 3.47 |
| | 9.50 | 3.00 | 78.1 | 3.17 |
| XV MgSO ₄ Foliar | 9.60 | 2.60 | 65.6 | 3.69 |
| | 9.20 | 2.60 | 59.2 | 3.54 |
| | 11.00 | 3.00 | 20.2 | 3.67 |
| | 10.80 | 3.20 | 67.0 | 3.37 |

(') F = Foliar.

TABLA No.7

ANALISIS DE VARIACION DE LOS DATOS DE LA TABLA No. 3

| Fuentes de Variación | G.L. | S ₁ | S ₂ | Nivel de Significancia | |
|----------------------|------|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | | | S ₁ | S ₂ |
| Tratamientos | 14 | 0.18 | 0.19 | * | * |
| Error | 45 | 0.12 | 0.12 | | |

* : Significativo al 25 %

TABLA No. 8

ANALISIS DE VARIACION DE LOS DATOS DE LA TABLA No. 3
(TRATAMIENTOS DEL 1 AL 12 EN UN ARREGLO FACTORIAL.)

| Fuentes de Variación | G.L. | S ₁ | S ₂ | Nivel de Significancia | |
|----------------------|------|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | | | S ₁ | S ₂ |
| Tratamientos | 11 | 0.22 | 0.18 | | |
| A | 1 | 0.75 | 0.96 | *** | **** |
| B | 1 | 0.28 | 0.38 | * | ** |
| C | 2 | 0.06 | 0.035 | | |
| AB | 1 | 0.76 | 0.21 | *** | * |
| AC | 2 | 0.08 | 0.105 | | |
| BC | 2 | 0.04 | 0.04 | | |
| ABC | 2 | 0.15 | 0.025 | | |
| Error | 36 | 0.12 | 0.10 | | |

* Significativo al 25 %
 ** Significativo al 10 %
 *** Significativo al 5 %
 **** Significativo al 1 %

TABLA No. 9

ANALISIS DE VARIACION DE LOS DATOS DE LA TABLA No. 4

| Fuentes de Variación | G.L. | C.M. | | Nivel de Significancia | |
|----------------------|------|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | S ₁ | S ₂ | S ₁ | S ₂ |
| Tratamientos | 14 | 0.05 | 0.14 | - | - |
| Error | 45 | 0.10 | 0.12 | | |

- No hay significancia

TABLA No. 10

ANALISIS DE VARIACION DE LOS DATOS DE LA TABLA No. 4
(TRATAMIENTOS DEL 1 AL 12 EN UN ARREGLO FACTORIAL)

| Fuentes de Variación | G.L. | C.M. | | Nivel de Significancia | |
|----------------------|------|----------------|----------------|------------------------|----------------|
| | | S ₁ | S ₂ | S ₁ | S ₂ |
| Tratamientos | 11 | 0.42 | 0.89 | | |
| A | 1 | 0.17 | 0.007 | - | - |
| B | 1 | 0.03 | 0.056 | - | - |
| C | 2 | 0.035 | 0.07 | - | - |
| AB | 1 | 0.09 | 0.033 | - | - |
| AC | 2 | 0.065 | 0.31 | - | - |
| BC | 2 | 0.01 | 0.01 | - | - |
| ABC | 2 | 0.025 | 0.39 | - | - |
| Error | 36 | 0.12 | 0.14 | - | - |

- No hay significancia.

TABLA No. 11
ANALISIS DE VARIACION DE LOS DATOS DE LA TABLA No. 5
PARA EL SUELO 1

| Fuentes de Variación | G.L. | C.M. | | | | Nivel de Significancia | | | |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|------------------------|----|---|-------|
| | | Ca | Mg | K | Ca:Mg | Ca | Mg | K | Ca:Mg |
| Tratamientos | 5 | 1.28 | 0.3 | 130.2 | 0.06 | - | - | - | - |
| Error | 18 | 1.96 | 0.48 | 136.0 | 0.1 | | | | |

- No hay significancia.

TABLA No. 12
ANALISIS DE VARIANZA DE LOS DATOS DE LA TABLA No. 6
PARA EL SUELO 2

| Fuentes de Variación | G.L. | C.M. | | | | Nivel de Significancia | | | |
|----------------------|------|------|------|-------|-------|------------------------|----|---|-------|
| | | Ca | Mg | K | Ca:Mg | Ca | Mg | K | Ca:Mg |
| Tratamientos | 5 | 1.47 | 0.24 | 96.7 | 0.49 | ** | * | - | ** |
| Error | 18 | 0.37 | 0.10 | 131.7 | 0.17 | | | | |

** Significante al 5 %

* Significante al 10 %

- No significativo.

