

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**Efecto del Encalado y Respuesta al Fósforo en Suelos Acidos de Izabal
con Plantas Indicadoras de Tomate
(*Lycopersicum sculentum* L.)**

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

José Humberto Galicia Escobar

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

Ingeniero Agrónomo

EN EL GRADO ACADEMICO DE

Licenciado en Ciencias Agrícolas

GUATEMALA, FEBRERO DE 1981

01
T(441)
C-3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR EN FUNCIONES

LIC. LEONEL CARRILLO REEVES

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA.

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
VOCAL PRIMERO	Ing.Agr. Orlando Arjona
VOCAL SEGUNDO	Ing.Agr. Gustavo Méndez
VOCAL TERCERO	Ing.Agr. Fernando Vargas
SECRETARIO	Ing.Agr. Carlos N. Salcedo.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Dr. Antonio Sandoval S.
EXAMINADOR	Ing.Agr. Salvador Castillo O.
EXAMINADOR	Ing.Agr. Carlos Echeverría
EXAMINADOR	Ing.Agr. Ricardo Miyares
SECRETARIO	Ing.Agr. Carlos N. Salcedo.



UNIVERSIDAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria. Zona 12.

Apertado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

9 de febrero de 1981

Doctor
Antonio Sandoval
Decano Fac. Agronomía
Presente

Señor Decano:

En atención al nombramiento efectuado por esa Deca-
natura, nos permitimos informar a usted, que hemos ase-
sorado y revisado el trabajo de tesis "EFECTOS DEL ENCA-
LADO Y RESPUESTA AL FOSFORO EN SUELOS ACIDOS DE IZABAL,
CON PLANTAS INDICADORAS DE TOMATE (*Lycopersicum sculen-
tum* L.)" efectuado por el Bachiller José Humberto Gali-
cia Escobar.

La investigación que en ésta ocasión se presenta,
es un valioso aporte para la agricultura de las regiones
ácidas de nuestro país y que deja las bases sobre la a-
plicación de enmiendas y fertilización. Así mismo deja-
mos constancia del entusiasmo y dedicación manifestado
por el Br. Galicia Escobar.

Por lo anteriormente expuesto consideramos que el
presente trabajo de investigación, reúne todos los requi-
sitos que exige una tesis universitaria y en consecuen-
cia recomendamos que el mismo sea aprobado para su defen-
sa y discusión en el Examen General Público que el autor
debe sustentar en su acto de Graduación

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Hugo Tobías V
Profesor de Suelos
ASESOR

Ing. Agr. Victor Aragón
Profesor de Suelos
ASESOR

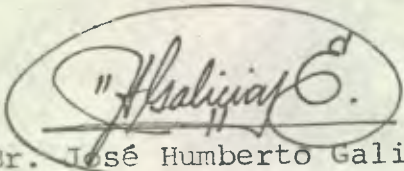
Guatemala, febrero de 1981

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador

En cumplimiento con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración para su aprobación, el trabajo de tesis titulado: "EFECTOS DEL ENCALADO Y RESPUESTA AL FOSFORO EN SUELOS ACIDOS DE YZABAL CON PLANTAS INDICADORAS DE TOMATE (*Lycopersicum sculentum* L.)".

Como requisito previo a optar el título profesional - de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el presente trabajo sea merecedor de - vuestra aceptación, me suscribo de vosotros, atentamente,


Br. José Humberto Galicia E.

TESIS QUE DEDICO

- A DIOS TODOPODEROSO
- A Mi patria GUATEMALA
- A Mi departamento natal IZABAL
- A Los agricultores que confrontan el problema con suelos ácidos.
- A La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- AL Sub-área de Uso y Manejo del Suelo y Agua y Sub-área de Química de la Facultad de Agronomía.
- AL Colegio "Liceo La Salle" de Chiquimula
- A La Escuela "Dolores Bedoya de Molina" de Bananera
- A La Escuela "Macario Rivas Sotomayor" de Chiquimula.

ACTO QUE DEDICO:

A mis padres	BLANCA ALICIA ESCOBAR DE GALICIA JOSE HUMBERTO GALICIA ZACARIAS
A mis hermanos	THELMA HISELA, NOHELIA IRACEMA, HUGO LEONEL.
A mi cuñada	LORENA VAIDEZ DE GALICIA
A mis sobrinos	ERICK ADALBERTO (q.ep.d.), LOUR- DES IBETH Y JOSE VINICIO.
A mis abuelitas	PAULA JUAREZ (q.e.p.d.) Y CAYETA <u>NA</u> ZACARIAS.
A mis tíos y primos.	
A la familia	GARCIA ALVAREZ.
A mis amigos	
A mis compañeros de trabajo	
A mis asesores de Tesis	Ing. Agr. Hugo A. Tobías Ing. Agr. Víctor R. Aragón

AGRADECIMIENTOS

- A Mis Padres, por su inquebrantable apoyo para obtener este triunfo, que sea para ellos el mejor reconocimiento a sus constantes esfuerzos.
- A Mis compañeros de trabajo y promoción, Ing. Agr. Otoniel Aquino y P.A. Marcial Guzmán A., por el constante apoyo a la superación de nuestra formación profesional.
- A Los Ingenieros Agrónomos Hugo Antonio Tobías y Víctor Rolando Aragón, por su valiosa conducción para que la elaboración del presente trabajo sea de gran utilidad en el campo del estudio de suelos.
- AL Personal de los Laboratorios de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (IC-TA).
- A La señorita NORMA L. ZELEDON por su valiosa contribución a la realización de la presente Tesis en la transcripción mecanográfica.
- A Las personas que siguieron detenidamente el desarrollo del presente estudio, prestando su desinteresada colaboración.

R E S U M E N

Los suelos de reacción ácida (pH ácido) presentan problemas en cuanto a la disponibilidad de la mayoría de nutrientes utilizados por las plantas. El encalado utilizado adecuadamente es una práctica agrícola considerada como eficiente para contrarestar los efectos dañinos en estos suelos, tendiente a la vez a mejorar el estado de fertilidad - principalmente en lo relacionado con el problema de la fijación del elemento Fósforo.

En el presente trabajo se utilizaron suelos ácidos del departamento de Izabal, enmendándolos con aplicaciones de Calcio y/o Magnesio, en relación 6:1, con niveles que oscilan entre 0.0 y 32 Ton/Ha. de enmienda. Cuatro tratamientos de Fósforo de 0.0 a 100 ppm fueron asimismo estudiados en dichos suelos. Además se le aplicó al suelo condiciones favorables para el desarrollo de plantas, siendo utilizadas como indicadoras, las plantas de tomate.

Los resultados obtenidos en los dos suelos utilizados, dan muestra de un comportamiento bastante similar. En relación a los tratamientos de cal* se logró elevar el pH del suelo de 4.8 a 7.6; asimismo se aumentó la cantidad de Calcio disponible de un nivel de 4.5 a 28.0 meq/100 g.; y el Magnesio disponible se elevó de 1.9 a 6.0 meq/100 g. Tanto el Calcio como el Magnesio intercambiables se comportaron uniformes hasta llegar al 100% de saturación de bases intercambiables (nivel que se alcanza con 8 ton/ha. de enmienda) a partir del cual, el Calcio aplicado se hace disponible, mientras el Magnesio sigue su aumento en intercambio. El Fósforo mostró un comportamiento satisfactorio en cuanto a su disponibilidad, al haber alcanzado niveles adecuados en el suelo; tal proceso fué regido no solo por los tratamientos de cal*, sino también por los propios niveles de Fósforo

* Cal= Ca + Mg

ro aplicados. Se observó que con solo la aplicación de la enmienda, el Fósforo alcanza niveles satisfactorios, sin embargo el exceso de la misma (cal*) influye en bajos niveles de disponibilidad, que eran difícilmente superados por los tratamientos de Fósforo.

De los niveles bastante bajos de los parámetros estudiados (Ca, Mg, P, altura y peso de plantas) se obtuvo un aumento en los mismos, que sobrepasaban los requerimiientos deseados, de acuerdo a los tratamientos. Los mejores niveles resultantes de Cal* y Fósforo fueron: de 4-6 Ton/Ha. de Ca+Mg en forma de carbonato, y 25 ppm de P^{+5} , aplicados respectivamente; siendo el desarrollo de las plantas indicadoras el mejor parámetro mostrado, así como los niveles de nutrientes disponibles en el suelo.

* Cal = Ca+Mg

CONTENIDO

	<u>No. Páginas</u>
I. Introducción.....	1
II. Antecedentes.....	3
III. Objetivos.....	4
IV Revisión de Literatura.....	6
4.1. La reacción o pH del suelo	
4.2. Función del Fósforo	
4.3. Función del Calcio y el Magnesio.	
4.4. Efectos del encalado	
4.5. Materiales que se utili- zan como enmiendas.	
4.6. Cantidades que pueden u tilizarse en el encalado	
4.7. Métodos de aplicación	
4.8. Epoca de aplicación de la cal	
4.9. Requerimientos del culti vo del tomate.	
V. Materiales y Métodos.....	25
5.1. Descripción general del área en estudio.	
5.1.1. Ubicación del área área de estudio	
5.1.2. Características generales	
5.2. Muestreo de suelos	
5.2.1. Fase de gabinete	
5.2.2. Fase de campo	
5.2.3. Análisis de labo ratorio.	
5.3. Montaje del ensayo	
5.3.1. Ensayo preliminar	
5.3.2. Ensayo final	

	No. pag.
VI. Resultados y discusión.....	96
6.1. Suelo York	
6.1.1. El pH y el porcentaje de <u>sa</u> turación por bases (%SB)	
6.1.2. El Calcio	
6.1.3. El Magnesio	
6.1.4. Relaciones	
6.1.5. El Fósforo	
6.1.6. Plantas indicadoras de toma <u>a</u> te	
6.2. Suelos Los Andes	
6.2.1. El pH y el porcentaje de <u>sa</u> turación por bases	
6.2.2. El Calcio	
6.2.3. El Magnesio	
6.2.4. Relaciones	
6.2.5. El Fósforo	
6.2.6. Plantas Indicadoras de toma <u>a</u> te.	
VII. Conclusiones y Recomendaciones.....	96
7.1. Conclusiones	
7.1.1. Suelo York	
7.1.2. Suelo Los Andes	
7.1.3. Integrales	
7.2. Recomendaciones	
7.2.1. Suelo York	
7.2.2. Suelo Los Andes	
7.2.3. Recomendaciones generales	
VIII. Bibliografía.....	102
IX Anexo.....	105
9.1. Factores de conversión	
9.2. Tablas de resultados	

I. INTRODUCCION

Guatemala es un país con dependencia agrícola, situado en la faja de América tropical, donde los bajos niveles de fertilidad, lo mismo que la acidez mostrada en algunos suelos, es una de las causas principales - del bajo grado de rendimiento en los cultivos en general, y se hace mas notorio entre los pequeños y medianos agricultores, que son el mayor porcentaje en nuestro país.

Las regiones con problemas de acidez, están caracterizadas principalmente por sus altas precipitaciones pluviales, simultáneamente con altas temperaturas, dichas propiedades están representadas en los departamentos de Izabal, El Petén, Alta Verapaz, El Quiché y en - lo que ahora se le ha venido a denominar la Franja - transversal del Norte. Estas áreas aportan al país, - productos agrícolas de diversa índole, tales como: productos alimenticios básicos (maíz, sorgo, arroz, etc.) productos de exportación (café, cardamomo, banano, y otros), productos para la agro-industria (hule, madera, etc.), así como también se encuentran grandes explotaciones ganaderas de tipo extensivo.

El presente trabajo fue realizado en suelos del departamento de Izabal, correspondientes a la serie de suelos Quiriguá según Simmons (17) y series Virginia y York según Boccheciamp (3), en el área comprendida entre los municipios de Los Amates y Morales, el río Motagua y la Sierra de las Minas, representando una extensión de 31,013 hectáreas.

Este trabajo es una continuación del estudio realizado por Tobías (23), para lo cual se tomó de base sus resultados, mapeo y recomendaciones; y para mayor referencia y correlación al presente trabajo, se sugiere la lectura del mencionado estudio.

II. ANTECEDENTES

El departamento de Izabal es una área del país don de se encuentra una gran parte de los suelos de Guatemala la con problemas de acidez. Esta región es de relevante importancia, dado a su potencial de producción de cultivos, por cuanto aporta al mercado, productos para consumo y dieta guatemalteca, y cultivos de agro-exportación que son una fuente de divisas para el país, así como productos de materias primas para la industria.

En estudios realizados sobre la "Evaluación preliminar de los suelos de Guatemala en cuanto a su acidez y alcalinidad, se ha considerado la problemática de la acidez, recomendando para su corrección, hacer investigación por medio de enmiendas de cal (14).

También se realizó una investigación sobre los "Efectos del encalado en suelos ácidos del departamento de Izabal", donde se determinó que con enmiendas de cal se puede incrementar el pH del suelo. A la vez se recomendó efectuar esta práctica de encalado para estudios en invernadero y en el campo directo, aplicada a un determinado cultivo. Se recomienda estudiar el comportamiento del Aluminio y el Hierro a diferentes valores de pH, así como analizar el comportamiento del elemento fósforo en lo que respecta a su fijación (23).

Finalmente en un estudio de "Evaluación de la fijación y disponibilidad del Fósforo en 14 series de suelos de Guatemala" se menciona al Calcio y al Magnesio (elementos de enmienda en el encalado), como cationes de intercambio que juegan un papel importante en la fijación del Fósforo (10).

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar la respuesta en dos suelos de la serie Quiriguá (según Simmons) o series York y Virginia (según Boccheciamp) a las aplicaciones de enmiendas de Calcio y Magnesio, y la fertilización fosforada sobre el rendimiento en materia seca en el cultivo de tomate.

3.2. Objetivos Específicos

- a.) Evaluar la reacción del suelo (pH) de acuerdo a las diferentes aplicaciones de Calcio y Magnesio.
- b.) Evaluar el comportamiento químico en el suelo, como consecuencia de las aplicaciones de Calcio y Magnesio, sobre el % de SB, determinando de ésta forma el estado de fertilidad del suelo
- c.) Determinar la disponibilidad del elemento Fósforo conforme las aplicaciones de Calcio y Magnesio.
- d.) Evaluar la relación Calcio/Magnesio (Ca/Mg) respecto de las enmiendas realizadas, tendientes a mejorar dicha relación.

- e.) Observar el comportamiento de la planta indi
cadora a los diferentes tratamientos realizaa
dos (cal y Fósforo).
- f.) Determinar el rendimiento en materia seca de
las plantas indicadoras de tomate, conforme
los tratamientos realizados al suelo.

3.3. Hipótesis

Las aplicaciones de Ca, Mg y P mejoran el
estatus de fertilidad del suelo y favorecen un
adecuado desarrollo del cultivo de tomate.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. La reacción o pH del suelo

Sorensen citado por Perdomo y Hampton (15) propuso en 1909 que se expresara la reacción de sistemas, en términos de unidades de pH. Así se ha definido el pH, como el logaritmo del recíproco de la concentración de iones de Hidrógeno asociados.

Millar, Turk y Foth (13) expresan que la acidez del suelo tiene dos componentes: el Hidrógeno activo o en solución y el Hidrógeno intercambiable o de reserva.

Según Teuscher y Adler (20), cuando se determina la reacción de un suelo (acidez o alcalinidad) - midiendo el valor de pH, estableciéndose por ese mismo hecho la concentración de hidrogeniones de dicho suelo. Teuscher y Adler (20) continúan diciendo, que si predominan los hidrogeniones, las condiciones son acidas, lo cual se expresa mediante cifras de pH menores que siete; al contrario, la preponderancia de iones oxhidrilo indica alcalinidad, expresada en este caso mediante valores de pH mayores de siete.

Coleman y Thomas en 1967 - citados por Drosdoff Auber y Colter (5) - con base en trabajos realizados por químicos en suelos, se demostró que el Aluminio -intercambiable es mantenido muy firmemente por los coloides. Nye y otros en 1961, comprobaron que existía muy poco Aluminio en la solución del suelo, has

ta que el Aluminio intercambiable llegaba a alcanzar el sesenta por ciento de los cationes intercambiables totales de arcillas (5).

Del mismo modo Evans y Kamprath, citados por Drosdoff, Auber y Colter (5), en 1970 comprobaron que con los suelos superficiales era necesaria una saturación del sesenta por ciento de Aluminio intercambiable para que estuviera presente una gran cantidad de Aluminio en la solución del suelo.

Tisdale y Nelson (22) señalan que el suelo se comporta de forma parecida a un ácido débil tamponado, y que de acuerdo con ello puede resistir cambios considerables en el pH. De manera que cuando se agrega una base a un suelo ácido -dice Millar, Turk y Foth (13)- el Hidrógeno en solución se neutraliza y algo del Hidrógeno intercambiable se ioniza para restablecer el equilibrio, aumentando - así lentamente el pH.

Tamhane et al (18) hace mención de los efectos que produce la acidez del suelo sobre las plantas, enumerándolos así:

- Directos:

- a.) Efectos tóxicos de los iones de Hidrógeno sobre los tejidos de la raíz.
- b.) Influencia de la acidez del suelo sobre la permeabilidad de las membranas de la planta para con los cationes, y

- c.) Perturbación en el equilibrio entre los constituyentes básicos y ácidos a través de las raíces.

Indirectos:

- a.) Indisponibilidad de diversos nutrimentos
- b.) Solubilidad de elementos tóxicos (como Aluminio, Hierro y Manganeso).
- c.) Desfavorece la actividad de microorganismos.

En cuanto a los factores que influyen en la reacción del suelo, Teuscher y Adler (20), han postulado que estos son: tipo climatológico principalmente; la topografía por su influencia en el drenaje; y ciertos elementos minerales u otros compuestos que pueden o no estar presentes. Entre los factores que tienen un efecto acidificante en el suelo están (20):

1. La lluvia

Por la presencia de cierta cantidad de ácidos (carbónico, nítrico y sulfúrico) en disolución en ella, que tienen un efecto acidificante moderado sobre la capa labrantía.

2. Materia Orgánica

Que está presente en todo suelo; en el cual no existe Carbonato de Calcio (CaCO_3); contiene ácido carbónico que participa en el proceso de hidrolisis, aumentándose la concentración

de hidrogeniones en la solución, y esta última vuelve a ser más ácida.

3. Acidez de fertilizantes

La cual se refiere a la residualidad de los mismos, específicamente el Sulfato y el Nitrato de Amonio. Esto se debe a que los microorganismos del suelo, al atacar los compuestos amoniacales, forman ácidos nítrico y sulfúrico.

La reacción del suelo es una propiedad química importante, no existiendo casi ningún proceso del mismo que no esté íntimamente ligado a su carácter de acidez, neutralidad o alcalinidad. Las propiedades físicas, químicas y biológicas son influenciadas por la reacción del suelo (7).

En la actualidad, las propiedades químicas demuestran sin lugar a dudas, que la reacción o pH del suelo, afecta de modo notable la asimilación de los nutrimentos (20); con lo cual Perdomo y Hampton (15) reconocen la disponibilidad de Fósforo y la producción de nitratos, baja, - cuando el suelo es moderado o altamente ácido; así, los iones de Calcio, Magnesio y Potasio, - sencillamente no están presentes en cantidades adecuadas en suelos moderados o fuertemente acidificados (15).

Thompson (21) apunta que la solubilidad de las sales de Nitrógeno inorgánicas, es elevada en todo el intervalo de pH que puede presentar

el suelo. Sin embargo la mineralización del Nitrógeno orgánico presenta un máximo en el intervalo de seis a ocho de pH.

El potasio asimilable de un suelo ácido puede ser suprimido por tratamiento con cal; mas - sin embargo el exceso de Carbonato cálcico tam - bién suprime la actividad del Potasio, por lo - tanto el intervalo de pH de 7.5 a 8.5 no es ade - cuado para el Potasio; también en un suelo con pH de 7.5 a 8.5 no es adecuado para el Potasio; también en un suelo con pH superior a 8.5, la cantidad de Potasio asimilable es elevada (21).

La asimilabilidad del Zinc, el Cobre, el Manganeso y el Boro, con frecuencia queda drástica - mente reducida cuando los suelos altamente meteo - rizados reciben una aplicación de cal que lleva su pH por encima de seis (5).

4.2. Función del Fósforo

El Fósforo es un nutriente vegetal imprescin - dible, de vital importancia para la formación de - substancias propias del organismo, como para el metabolismo funcional (16).

Pero el Fósforo, según Scharrer (16), se ab - sorbe en forma del compuesto hidroxilado más oxi - dado, esto es como ión fosfato de las sales primarias y secundarias del ácido orto-fosfórico.

La carencia de Fósforo en las plantas se mani

fiesta en el desarrollo vegetativo y en el generativo (semillas y frutos respectivamente), al igual - que en las hojas ocurre el fenómeno de la llamada "hiperclorofilia", es decir, las hojas se colorean de verde oscuro, que puede volverse verde sucio a grisado. Algunas veces también ocurre la formación de antocianos (glucósidos antociánicos) y las hojas muestran una coloración pardo rojiza (16).

El contenido de ácido fósforico en los suelos está formado por compuestos inorgánicos y orgánicos mencionando como importantes entre los inorgánicos: el apatito, la vivianita y los fosfatos aluminicos; y de las formas orgánicas se presentan la fitina, - fosfátidos (lecitina) y nucleoproteínas. Además de ordinario los compuestos mas finamente divididos - son los más ricos en ácido fosfórico, mientras que las partículas del suelo de más de un milímetro de tamaño de grano, lo contienen poco; a la vez el ácido fosfórico está repartido en el suelo en forma de aglomerados globulosos (16).

Scharrer (16), refiriéndose al Fósforo, menciona como fuente principal de éste en el suelo, al mineral apatito (Fósforo tricálcico), siendo este mineral muy poco soluble, pero la transformación de éste para que sea fácilmente asimilable por las plantas, se lleva a cabo mediante la acción disolvente - en el suelo por los iones de Hidrógeno del ácido carbónico, separado en la respiración de los microorganismos y de las plantas.

Yufera y Carrasco (25) hacen mención que los -

suelos muy orgánicos poseen la mayoría de su Fósforo formando parte de la materia orgánica, pero ésta disminuye con la profundidad. Perdomo y Hamp-ton (15) hacen ver que el Fósforo puede estar o no presente en suelos moderada o fuertemente ácidos, pero aún si el Fósforo total es adecuado, se encontrará en formas insolubles y no disponibles.

En cuanto a la solubilidad del Fósforo, Thompson (21) escribe que ésta disminuye a un pH inferior a 6.5 y según Scharrer (16) a 5.3, a razón por la cual el Hierro y el Aluminio se encuentran en solución debido al bajo valor de pH, y a este valor, la solubilidad del Fósforo se ha reducido tanto que puede ser precipitado por cualquiera de estos elementos (21). Thompson (21) hace referencia que entre valores de 6.5 y 7.5 la solubilidad del Fósforo es máxima, y por encima de 7.5 la solubilidad de éste es muy baja, debido a que el Calcio puede provocar su precipitación.

La fijación del Fósforo soluble por la materia orgánica ocurre al ser consumido por microorganismos y acumulado al suelo en forma orgánica y luego en humus (25). Yufera y Carrasco (25) dicen que los iones fosfato, además de fijarse directamente a las arcillas en sus posiciones de intercambio catiónico, pueden hacerlo a través de cationes bivalentes.

La fijación de los iones fosfatos ocurre rápidamente, por lo que la cantidad de estos iones solubles en la solución del suelo, disminuye con el tiempo; y prácticamente del Fósforo aplicado, todo

el que no es absorbido queda fijado en los suelos, siendo muy poco el que se pierde por lavado (25).

En experiencias de Yufera y Carrasco (25) en cuanto a las aplicaciones de fertilizantes fosforados, se llegó a determinar que la cantidad de Fósforo que es aprovechada por los cultivos, no excede del veinticinco por ciento de la cantidad aplicada; y el suelo acumula una gran cantidad de Fósforo total, el cual se solubiliza lentamente, siendo utilizado paulatinamente por los cultivos en años sucesivos a tal grado que permite disminuir y a veces suprimir el aporte de Fósforo en el abonado.

4.3. Función del Calcio y el Magnesio

Estos elementos, conjuntamente con Potasio y Sodio, desempeñan un papel en los fenómenos de sinergismo y antagonismo de los iones, que se traduce en un estado de imbibición en las plantas (16).

Scharrer (16) indica que el Ca^{++} y Mg^{++} junto con HPO_4^- y SO_4^- , son iones hidrófobos y contribuyen a un desinchamiento de la planta; en contraposición los iones hidrófilos, como Sodio, Potasio, Cloro, Nitrato, actúan como factores de hinchamiento.

La cantidad de Calcio y Magnesio asimilables sufren una reducción si el pH es superior a 8.5, debido a que el Sodio y el Potasio los sustituyen por precipitación del Calcio y el Magnesio en for

ma de carbonatos (21).

Olsen y Berger citados por Thompson (21), indican que tanto el Sodio como el Calcio disminuyen la solubilidad del Boro a valores de pH elevados, mientras que el Molibdeno aumenta con el tratamiento por cal.

Gaucher (9) menciona que el Calcio fijado con el complejo absorbente, constituye el Calcio cambiabile del suelo y el Calcio de las soluciones del suelo representa el Calcio soluble. En principio -sigue diciendo Gaucher (9)-, la caliza cede a las soluciones del suelo los iones Calcio, que provocan la neutralización de las valencias ácidas de las arcillas y del humus del complejo absorbente.

En cuanto al funcionamiento del Calcio y el Magnesio en el crecimiento vegetal, tenemos:

1. Calcio

Ión relativamente inmóvil que se encuentra en cantidades mayores en los tejidos más viejos de las plantas, por lo consiguiente la deficiencia se muestra primero en los renuevos de la planta (15).

Según Scharrer (16), los iones de Calcio reprimen la absorción de agua y favorecen la transpiración.

El efecto primario de la acción fisiológica

ca del Calcio, viene dado por la actividad coloidal de este ión dentro de la planta; a la vez el Calcio protege a la planta de los ácidos orgánicos que le son tóxicos, como el ácido oxálico, el cual se neutraliza por formación del oxalato cálcico insoluble (16).

También, el Calcio parece ser un elemento necesario para el adecuado funcionamiento y crecimiento de las raíces de las plantas. Sirve en la síntesis del protoplasma y se necesita para la división celular (15).

Los factores que afectan la absorción de Calcio por las plantas son:

- a.) El grado de saturación de Calcio de los coloides del suelo.
- b.) La cantidad total de Calcio disponible
- c.) La naturaleza y proporción relativa de los cationes complementarios, tales como el Magnesio y el Potasio.
- d.) La naturaleza del complejo en sí, y
- e.) La especie de la planta (15).

2. Magnesio

Ión bastante móvil que se encuentra en mayores cantidades en la fruta, en la semilla y en las hojas de la planta (15).

Scharrer (16) al referirse al Magnesio, -

lo sitúa dentro de las acciones coloidales en donde considera que desempeña el papel principal. A la vez hace ver que el Magnesio no se presenta solo como ión en la planta, sino también en combinación orgánica en la clorofila.

Perdomo y Hampton (15) mencionan que el Magnesio se requiere para la síntesis del aceite vegetal y grasas, formando parte de algunas proteínas; además funciona como un catalítico, siendo requerido para la transferencia del Fósforo, Hidrógeno y el Carbono. Otra de las funciones importantes es la de servir en el metabolismo del Fósforo.

4.4. Efectos del encalado

Según Millar et al (13), el interés primario del encalado reside en neutralizar los iones H intercambiables, antes que los que se encuentran en solución, debido a que estos últimos necesitan poca cantidad de enmienda por la disolución en que se encuentran; mientras, Perdomo y Hampton (15) toman como propósito fundamental de la aplicación de cal en los suelos, corregir la acidez y suministrar Calcio y Magnesio; mediante esta práctica el suelo aumentará su estado de saturación de bases.

Entre otros efectos mencionados por varios autores tenemos:

- a.) La adición óptima de Calcio al suelo, influen
cia la absorción de otros nutrientes (15), -
mencionando Drosdoff (5) al Molibdeno como e
lemento beneficiado en su asimilabilidad.
- b.) Solo al mejorar la reacción del suelo ácido
por el encalado, los fosfatos de Aluminio y
de Hierro se transforman en fosfato cálcico
absorvible por la planta (16).
- c.) Si el suelo es adecuadamente manejado, la a-
plicación de cal estimula la actividad micro-
biológica en el suelo (15) pues según Gaucher
(9) al neutralizar la acidez, permite el desa-
rrollo de las bacterias humificantes y nitri-
ficantes.
- d.) Paralelamente, el Calcio provoca la flocula-
ción de los coloides arcillosos y húmicos y
así se favorece la estabilidad de la estruc-
tura y la permeabilidad de los suelos (9).
- e.) Según experiencias de Drosdoff et al (5), en
los casos en que en los suelos existían canti-
dades sustanciales de Aluminio intercambiable,
la asimilabilidad del Fósforo de los fertili-
zantes fue incrementada por la aplicación de
cal.
- f.) En cuanto a efectos dañinos, Perdomo y Hamp-
ton (15), mencionan que un exceso de cal re-
sulta en una deficiencia de Fósforo, Mangane-
so, Hierro, Boro y algunas veces Potasio, a-

demás el encalado tiende a causar la floculación de los coloides del suelo.

- g.) El Aluminio, Hierro y Manganese se tornan insolubles (18).
- h.) Refiriéndose nuevamente al Fósforo, Drosdoff (5) añade: "Puesto que el Calcio se reemplaza fácilmente en los sitios que dependen del pH, un exceso de Calcio en las superficies radiculares puede hacer precipitar al elemento "Fósforo".
- i.) Descompone rápidamente la materia orgánica (18).
- j.) La asimilabilidad del Zinc, el Cobre, el Manganese y el Boro, con frecuencia queda drásticamente reducida cuando los suelos altamente meteorizados reciben una aplicación de cal que lleva su pH muy por encima de seis (5).

4.5. Materiales que se utilizan como enmiendas

Entre los posibles materiales que se pueden utilizar para la práctica del encalado, podemos enumerar los siguientes:

1. Piedra Caliza ($\text{-CaCO}_3\text{-}$): Perdomo (15), Gaucher (9) y Tamhane (18), coinciden en que la piedra caliza es la fuente principal de Calcio.

Gaucher (9) amplía diciendo que puede tener su origen de caracteres petrográficos o bien

origen biológico.

Entre otros materiales, Perdomo y Hampton (15) mencionan los siguientes:

2. Oxido de cal o cal viva ($-CaO-$).
3. Hidróxido de Calcio ($-Ca(OH)_2-$): cal apagada, cal muerta o cal hidratada.
4. La concha molida de ostra, que también es citada por Thompson (21).

Además, Tamhane et al (18) mencionan los siguientes:

5. Piedra caliza dolomítica ($-CaMg(CO_3)_2-$)
6. Ceniza de madera
7. Escorias de altos hornos
8. Ciertos fertilizantes: Tales como sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio, fosfatos amónicos y amonio, tienden a volver más ácido la reacción del suelo (17). Sin embargo la cianamida de Calcio, - el Nitrato de Sodio y el Nitrato de Calcio, tienden a hacer el suelo menos ácido (6,17).
9. Yeso ($SO_4Ca \cdot 2H_2O-$): Roca sedimentaria, la cual procede de elementos constituyentes de los suelos y es frecuente de los suelos halomorfos. No recomendable.

10. Bicarbonato de Calcio ($(-\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}-$): Tiene su origen en la disolución que sufre la caliza en el agua cargada de anhídrido carbónico, proceso que ocurre en la litósfera.
11. Otros: Thompson (21) menciona los siguientes materiales calizos: carburo de Calcio, cal re-fundida, cal de las factorías de azúcar, -cal de la purificación de aguas y margas.

Finalmente es de tomar en cuenta para cualquier selección de materiales para el encalado, debe de estar determinada por el costo, la cantidad necesaria para corregir la acidez, así como el contenido de nutrientes para las plantas, además del Calcio (6); - sin olvidar la calidad de la fuente, la distancia entre la fuente y el campo de encalar, finura y otras características más.

4.6. Cantidades que pueden utilizarse en el encalado

Thompson (21) estima que la cantidad de Carbonato de Calcio (CaCO_3) necesaria para neutrali-zar la mayor parte del ión Hidrógeno intercambiable retendio en el retículo cristalino de la arcilla y en la materia orgánica, se basa en la capacidad de intercambio catiónico y en el tanto por ciento de saturación por bases, a distintos valores de pH.

Coleman y otros, citados por Drosdoff (5), en 1958 indicaron que las recomendaciones para la aplicación de cal, lógicamente se deben basar sobre la cantidad de Aluminio intercambiable en el suelo. Kamprath citado por Drosdoff (5) en 1970 comprobó que las proporciones de cal sobre la base de los miliequivalentes de Aluminio intercambiable por 1.5 dieron como resultado la neutralización del 85 por ciento del Aluminio intercambiable en suelos que contenían de dos a siete por ciento de materia orgánica. Al aumentar el pH de 5.5 a 6.0, parte de los iones Hidrógeno asociados con la materia orgánica y con los óxidos hidratos, se ionizan y reaccionan con la cal; por este motivo se utiliza el factor de 1.5.

4.7. Métodos de Aplicación

Tisdale y Nelson (2) sustentan el criterio de que las partículas de fuentes de cal no pueden moverse en el suelo, y en consecuencia deben ser colocadas justo donde son necesarias, para lo cual Perdomo y Hampton (15) especifican que la enmienda deberá ser aplicada en la superficie del suelo, para luego ser incorporada.

El grado de finura es igualmente importante, a causa de que la velocidad con que los diversos materiales reaccionarán, es dependiente de la superficie en contacto con el suelo (22).

Tamhane et al (18) aseguran que la forma más eficaz de utilizar la cal es aplicándola en canti

dades pequeñas cada uno o dos años, y en lo cual Fassbender (7) sustenta el mismo criterio.

En experiencias de Abruña et al (1) en 1964, observaron que el rendimiento del pasto Napier a la aplicación superficial de cal, fue tan eficaz como la misma cantidad dividida en dos y aplicada a intervalo de dos años.

Por último Thompson (21) recomienda que el tratamiento con cal deberá ir acompañado con incorporación de materia orgánica y rotación de cultivos, porque con los años puede disminuir el rendimiento de los cultivos, inclusive menor que el de los suelos no tratados.

4.8. Epoca de aplicación de la cal

Fassbender (7) informa que los materiales de enmienda aplicados a suelos tropicales se movilizan progresivamente en un proceso muy intenso.

Drosdoff (5) es del criterio que las precipitaciones pluviales, la evapotranspiración, la frecuencia e intensidad de las temporadas de sequía, las características de intercambio de cationes del suelo, la absorción del agua y las características dinámicas del suelo, todo influye sobre la rapidez con que el Calcio y el Magnesio son lavados, y por consiguiente es de tomar en cuenta todas estas condiciones para conocer el momento de efectuar la aplicación de las fuentes de Calcio y Magnesio.

Thompson (21) informa que en el momento de la

aplicación de cal, debe tomarse en cuenta que el suelo esté relativamente seco, asimismo cumpliendo con lo anterior, la caliza puede aplicarse en cualquier época del año. Refiriéndose a la insolubilidad de la enmienda, Thompson (21) asegura que el carácter insoluble en el momento de la aplicación no puede perjudicar a ningún cultivo.

4.9. Requerimientos del cultivo del tomate

Anderlini (2), Folquer (8) y Gudiel (12), - coinciden en decir que los terrenos que más se prestan al cultivo del tomate son los neutros a ligeramente ácidos (pH de 5.8 a 7.0).

Las exigencias vegetativas de la planta en microelementos es en pequeña cantidad, y a ésto se debe que difícilmente pueden existir deficiencias sensibles de ellos en el suelo (2).

Las investigaciones de Anderlini (2) han llegado a la conclusión que las recomendaciones en - cuanto al abonado del tomate por hectárea, son las siguientes: 1.5 a 3.5 quintales métricos de sulfato amónico ($-(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4-$) o sea 3.75 a 8.75 quintales en peso; de 6 a 10 quintales métricos de superfosfato (18-20% P_2O_5) o sea 15 a 25 quintales en peso y 2 a 4 quintales métricos de sulfato de potasa - (K_2SO_4) o sea de 5 a 10 quintales en peso.

De acuerdo a Gudiel (12) la cantidad y época de aplicación de fertilizante es como sigue:

Antes del trasplante, al momento de la siem
bra o 10 días después de la misma, hacer la pri
mera fertilización, aplicando 6-8 qq/manzana de
fórmula compuesta (que puede ser 15-15-15).

Después de que las flores han cuajado y los
frutos empiezan a desarrollarse, hacer la segun
da fertilización aplicando un fertilizante sim
ple nitrogenado (urea), en cantidad de 3-4 qq/
mz. o bien 1/4 de onza por planta.

El tomate es una planta poco exigente en -
cuanto a la calidad del suelo, pero si se busca
precocidad deben preferirse los suelos arenosos
a franco-arenosos, siempre y cuando se tenga un
buen drenaje (2).

El fotoperiodismo y termoperiodismo revisten
importancia para su desarrollo vegetativo, así,
las altas y bajas temperaturas provocan la caída
de las flores, afectando a la vez el color de los
frutos (2).

Anderlini (2) menciona que el agua es neces
ria a lo largo del desarrollo del cultivo, sin -
embargo las lluvias inciden a la caída de las flo
res y proliferación de enfermedades. Vientos se
cos y calientes inducen la absición de las flores.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Descripción General del área en estudio

5.1.1. Ubicación del área de estudio

El área de estudio para el presente trabajo se encuentra en el departamento de Izabal, específicamente entre los municipios de los Amates y Morales. Sus limitaciones son: Al Norte y Nor-oeste por la carretera CA-9 (que de la ciudad de Guatemala conduce a Puerto Barrios) y la Sierra de las minas; al Sur y Sur-este por la montaña del Espíritu Santo. En toda su longitud es atravesada por el río Motagua.

5.1.2. Características generales

El área de donde provienen los suelos utilizados para el presente estudio, comprende de las aldeas de York y Los Andes ambas pertenecientes al municipio de Morales en el departamento de Izabal, y cuyas características son las siguientes:

a.) Geográficas

La ubicación geográfica es entre 15° 25' a 15°24' de Latitud Norte; y 88° 55' a 88° 59' de Longitud Oeste (11)
La altitud está considerada entre los -

100 y 200 metros sobre el nivel del mar (11). Son terrenos que poseen poca pendiente, así como una red hidrográfica popoco definida formándose grandes planicicies con pequeñas ondulaciones y montañas bajas (15).

b.) Geológicas

La gran mayoría de suelos del área se han formado sobre esquistos arcillosos y cenizas volcánicas a elevaciones medias (15); así como también de rocas metamórficas serpentinitas y aluviones del período cuaternario (11). Pertenececen a la provincia geológica denominada Cordillera centroamericana.

c.) Climáticas

La temperatura media anual del área es de 25 grados centígrados, con una precipitación pluvial media al año de 2500 milímetros. La humedad relativa es del 80% y los vientos alcanzan una velocidad media de 10.8 km/hora provenientes del Norte (19).

En general el clima es considerado por Thorntwhaite citado por el Atlas Geográfico Nacional (11) como cálido con invierno benigno no muy húmedo, con vegetación selvática y sin estación seca bien definida.

d.) Edafológicas

La mayor parte del área del departamento de Izabal pertenece a la Provincia fisiográfica de la zona de las tierras bajas del Petén-Caribe. Casi todos los suelos están lixiviados en cuanto a sus bases, de aquí el carácter de acidéz de los mismos. Estos suelos se han desarrollado sobre materiales no consolidados o sobre arcilla esquistosa también tienen importancia los valles formados por depósitos aluviales.

Estos suelos poseen mal drenaje, color café, con suelo superficial de textura franco arcillosa a franco limosa, friable con profundidad aproximada de 10 a 20 centímetros.

El subsuelo presenta moteamientos, café rojizo, grisáceo y amarillento, es de textura arcillosa y alcanzan una profundidad aproximada de 60 a 80 centímetros.

La serie de suelos Quiriguá (Qr) - constituye un área de 24,962 hectáreas, que hacen el 2.76% del total de tierra del departamento de Izabal (15).

Boccheciamp (3) realizó una clasificación detallada de los suelos de I-

zabal, y describe dos series: Suelos serie Virginia y serie York, dentro de la serie Quiriguá.

Sobre los suelos de la serie Virginia menciona que la capa superficial es de color café grisáceo muy oscuro, de reacción ligeramente ácida y textura mediana. Los horizontes subyacentes son de color café grisáceo-oscuro moteados su textura es gruesa y permanecen saturados con agua la mayor parte del tiempo; estos suelos pueden alcanzar niveles freáticos a profundidad de 30 a 50 centímetros.

Los suelos de la serie York, Bocheciamp (3) los define como de textura fina en los primeros 80 a 100 centímetros.

La capa superficial es de color café rojizo. Los horizontes subyacentes son de color amarillo y gris, poseen una textura gruesa, son de reacción ácida y permanecen saturados la mayor parte del tiempo.

e.) Agronómicas

La vegetación natural predominante son los bosque de hoja ancha de diversas especies tropicales. Los cultivos observados durante la mayor parte del año son:

maíz, arroz, hule, banano, plátano, piña, cítricos, yuca y cocoteros. Últimamente se pueden encontrar grandes extensiones de pastos cultivados, debido a las explotaciones extensivas de ganado bovino y equino que se vienen realizando.

f.) Socioeconómicas

El departamento de Izabal posee una población de 170,000 habitantes, lo que hace una relación de 18.8 habitantes por kilómetro cuadrado. La mayoría de la población de este departamento, se dedica a la agricultura (80%); el 20% restante se dedica al comercio y a la industria, especialmente se encuentra gran mano de obra utilizada en la industria del turismo. El Ingreso per-cápita anual es bajo al igual que el nivel educacional en general (17).

5.2. Muestreo de Suelos

Comprenderá tres fases:

5.2.1. Fase de gabinete

Para el presente trabajo se tomó el mapa definitivo del área elaborado por Tobías (23) que es la más reciente información de las principales características de los suelos de dicha área.

De la recopilación bibliográfica anterior se identificaron los tipos de suelos que presentaban los problemas de pH bajo, así como niveles bajos de Calcio y Magnesio, y estos suelos se localizaron y escogieron para efectuar el estudio. Los lugares escogidos para el efecto fueron: Bananera, Tikal, Arapahoe, Choctaw, Virginia, York y Los Andes, todos ellos aldeas del municipio de Morales.

5.2.2. Fase de campo

Con base en la información obtenida en la fase anterior, se procedió a visitar el área en estudio en el departamento de Izabal. Se efectuaron reconocimientos y muestreos de los suelos o puntos escogidos, entre los municipios de Los Amates y Morales, delimitando el área en estudio por la carretera CA-9 y el río Motagua.

Primeramente reconocido el punto del tipo de suelo escogido por medio de barrenamientos, se procedió a hacer una calicata para efectuar el estudio de las características de todos los horizontes posibles existentes en el suelo "in situ", principalmente las de naturaleza física, obteniendo así toda la información respecto al perfil del

suelo. Asimismo se tomó el suelo necesario de cada horizonte para los análisis de laboratorio, como la cantidad de suelo cultivable suficiente para montar el ensayo en invernadero.

Para poder efectuar el análisis de las muestras obtenidas, se contó con la colaboración del laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) del Ministerio de Agricultura y del laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En resumen se tomaron únicamente dos suelos, los cuales presentaron las características deseadas de pH ácido, así como niveles bajos de Calcio y Magnesio y que fueron los suelos de York y los Andes (se hará referencia por el nombre de la aldea de procedencia). Las características generales de estos suelos se observan en los cuadros 1 y 2.

5.2.3. Análisis de Laboratorio

A cada una de las muestras obtenidas en el muestreo de suelos de puntos seleccionados se les hicieron los siguientes análisis:

a.) Determinación de textura por el método -

CUADRO No. 1

Datos del Suelo York

Características	H O R I Z O N T E S		
	A	B ₂	B ₃
Profundidad	0-15 cms	15-35 cms.	35 cms a más
Color	10YR 4/2	10YR 4/4	7.5YR 5/6
Textura*	Franco arenoso	Franco arcilloso	Franco arcilloso
Materia orgánica*	2.3%	--	--
Aluminio intercambiable** (meq/100 grs de suelo)	0.10	0.08	0.10
pH**	5.3	5.8	6.0
Fósforo asimilable (ppm)**	6.50	4.25	3.25
Ca disponible (meq/100 gr)**	7.40	8.00	7.00
Mg disponible (meq/100 gr)**	1.70	2.6	3.30
Potasio disponible (ppm)**	30	10	0.5
Ca intercambiable (meq/100 grs. de suelo)**	3.00	1.80	2.30
Mg Interc. (meq/100 gr)**	1.2	0.80	1.25
Na Interc. (meq/100 gr)**	0.55	0.66	0.57
K Interc. (meq/100 gr)**	0.16	0.20	0.37
CTI**	9.34	8.83	12.27
%SB	52.68	38.87	37.39

* Análisis efectuado en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Agronomía

** Análisis efectuado en el Laboratorio de Nutrición Vegetal de ICTA.

CUADRO No. 2

Datos del Suelos Los Andes

Características	H O R I Z O N T E S			
	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂
Profundidad	0-10 cms	10-22 cms	22-40 cms	40 cms a más
Color	10YR 3/2	10YR 3/1	7.5YR 5/6	7.5YR 5/4
Textura*	Franco arciloso	Franco arciloso	Franco arcilloso	Franco arciloso
Materia orgánica*	2.45%	1.90%	--	--
Aluminio intercambiable (meq/100 gr de suelo)**	0.10	0.44	1.28	1.64
pH**	5.8	4.8	4.8	5.0
Fósforo asilable (ppm)**	4.25	2.25	3.00	3.00
Ca disponible (meq/100)**	2.00	0.80	0.40	0.40
Mg disp. (meq/100 gr)**	2.30	1.60	1.50	2.00
Potasio disp. (ppm)**	40	20	20	20
Ca intercambiable (meq/100 grs. de suelo)**	2.50	0.80	0.60	1.50
Mg Interc. (meq/100 gr)**	2.20	1.50	1.75	3.50
Na Interc. (meq/100 gr)**	0.55	0.55	0.63	1.09
K Interc. (meq/100 gr)**	0.10	0.05	0.05	0.12
H Interc. (meq/100 gr)**	5.85	6.16	6.53	9.49
CTI**	11.20	9.06	9.56	15.70
%SB	47.73	32.84	33.24	39.52

* Análisis efectuado en el Laboratorio de Edafología de la Facultad de Agronomía

** Análisis efectuado en el Laboratorio de Nutrición Vegetal de ICTA.

Bouyucús.

- b.) Determinación de materia orgánica por el método de combustión húmeda de Walkly-Black.
- c.) Determinación de la capacidad de intercambio catiónico (CTI) por el método de Peech; solución extractora de Acetato - de Amonio 1.0 normal tamponizada a pH - 7.0
- d.) Determinación de pH por el método potenciométrico, relación suelo/agua de 1:2.5
- e.) Determinación de elementos disponibles: Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio por el método de Maelich (Carolina del Norte)
- f.) Determinación de bases intercambiables: Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio por absorción atómica:
- g.) Determinación de color con la tabla Munsell.
- h.) Extracción del Aluminio intercambiable por el método de Lin y Coleman (1960) con solución salina neutra de cloruro - de potasio.

Además se efectuó el análisis foliar a las plantas indicadoras de tomate, al final del ensayo.

5.3 Montaje del ensayo

5.3.1. Ensayo Preliminar

Este consistió especialmente para encontrar el tipo de maceta, cantidad de suelo y suministro de agua de riego. Para el efecto se utilizaron variantes en lo que respecta a cada uno de los renglones mencionados anteriormente.

El problema principal se encontró en el suministro de la humedad necesaria al suelo dentro del invernadero, para mantenerlo en similares condiciones en que se desarrolla en el departamento de Izabal. Se determinó el uso consuntivo por maceta (evapotranspiración) dando el resultado de aplicar 100 mililitros del agua destilada por cada dos días, para mantener con la suficiente humedad el suelo dentro del invernadero.

Se determinó el porcentaje de germinación de la semilla de tomate a utilizar y el resultado fue de 87%, considerado satisfactorio.

5.3.2. Ensayo Final

Ya seleccionados los dos suelos a

utilizar, a cada uno se le sometió a los puntos que a continuación se detallan:

a.) Cantidad de suelo: Se utilizó un kilogramo de suelo para cada tratamiento simultáneo de cal y Fósforo (cantidad de suelo considerada como representativa para un cultivo y suficiente para effectuar los análisis correspondientes) con tres repeticiones, usando macetas número 2 distribuídas por una fábrica de artículos plásticos de la ciudad de Guatemala.

El total de suelo utilizado (debido a la interacción cal Fósforo-repeticiones) fue de 96 kilogramos para cada suelo, en igual número de macetas. Es de anotar que todo el suelo utilizado fue -tamizado a 2 mm., es decir con un tamiz con malla de 9 mesh.

b.) Tratamientos realizados:

- Cal: Se colocaron ocho tratamientos de Calcio más Magnesio, aplicados en una -relación 6:1 (relación necesaria para subir el nivel de Calcio) utilizando

como fuentes de enmienda:
Carbonato de Calcio (CaCO_3) tipo reactivo y Carbonato de Magnesio (MgCO_3) tipo reactivo.

Se utilizó la forma carbonatada tanto para el Calcio como el Magnesio, por ser la más inmediata para la disponibilidad y absorción en el suelo. El motivo de utilizar materiales de enmienda tipo reactivo, es para evitar errores en la precisión del efecto, tanto para el Calcio como del Magnesio en el presente estudio, debido a la gran variación de la calidad de los productos comerciales de enmienda de uso frecuente en la agricultura.

Los niveles utilizados en el trabajo experimental son los siguientes (ver cuadro No. 3)

CUADRO No. 3

Niveles de Encalado Utilizados

Trata- miento No.	meq/100 gr de suelo			mgr/100 grs de		Tons/hectárea	
	Ca+Mg	Relación 6:1		suelo		CaCO ₃	MgCO ₃
		Ca	Mg	CaCO ₃	MgCO ₃		
1 (Co)	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 (C ₁)	2	1.72	0.28	86.00	14.00	1.72	0.23
3 (C ₂)	4	3.43	0.57	171.50	28.50	3.43	0.48
4 (C ₃)	6	5.14	0.86	257.00	43.00	5.14	0.72
5 (C ₄)	8	6.86	1.14	343.00	57.00	6.86	0.95
6 (C ₅)	12	10.29	1.71	514.50	85.50	10.29	1.43
7 (C ₆)	16	13.12	2.88	653.50	114.00	13.12	2.41
8 (C ₇)	32	27.43	4.57	1371.50	228.50	27.43	3.43

Las razones por las cuales se eligie-
ron los niveles que aparecen en el -
cuadro No. 3, son:

Por alcanzar un rango bastante
amplio de enmienda (de 0.0 a 32 ton/
Ha); el comportamiento del suelo al
encalado en cuanto a la disponibi-
lidad y fijación, tiene una tendencia
de tipo cuadrática: Según Fassben-
der (7) la curva de titulación y la
capacidad tampón del suelo, se mani-
fiestan conforme enmiendas de Calcio
y Magnesio aplicados en diferentes
niveles; Según Tobías (23) con estos

niveles se obtuvieron buenos resultados que permitieron hacer un análisis del Calcio y Magnesio y el resto de elementos.

La cantidad total a utilizar en el ensayo es de: 407.64 gramos de Carbonato de Calcio y 68.46 gramos de Carbonato de Magnesio.

Fósforo

Los tratamientos de Fósforo fueron cuatro, utilizando como fuente de éste, Fosfato ácido de Sodio (Na_2HPO_4) tipo reactivo.

Los niveles utilizados en el trabajo experimental son los siguientes (ver cuadro No.4)

Cuadro No.4

Niveles utilizados de Fósforo

	Fósforo a aplicar			
	PARTES POR MILLON P^{+5}	P_2O_5	meq de P^{+5}	mg de Na_2HPO_4
1 (P_0)	00	00	0.000	0.000
2 (P_1)	25	57	0.088	12.492
3 (P_2)	50	114	0.176	24.983
4 (P_3)	100	229	0.352	49.967

Se utilizaron estos niveles por considerarse que cubrían un rango bastante amplio en cuanto a las exigencias del cultivo del tomate (ver inciso 5.9) que es la planta indicadora, así como la cantidad de Fósforo disponible existente en el suelo (ver cuadros No. 1 y 2)

La cantidad total a utilizar de la fuente fue de 87.442 miligramos de Na_2HPO_4 .

c.) Aplicación de la cal

Las cantidades de Calcio y Magnesio - (cuadro No.3) se aplicaron individualmente a cada tratamiento y repetición, agregando 100 mililitros de agua destilada para homogenizar los tratamientos incluyendo el testigo.

La aplicación de agua destilada se realizaba cada dos días, logrando de esta manera mantener los suelos con humedad suficiente (a capacidad de campo), facilitando las reacciones químicas en el mismo. Así se permitió imitar las condiciones de humedad que mantienen estos suelos en el área del departamento de Izabal.

d.) Período de incubación

Ya aplicadas las enmiendas de Calcio

y Magnesio al suelo, éste se dejó por un período de incubación de 45 días, contados a partir del día de la aplicación hasta el día en que se procedió a sembrar. El período de 45 días se consideró como el tiempo adecuado para lograr los procesos de intercambio iónico en las partículas coloidales del suelo, así mismo porque las recomendaciones para la aplicación de fertilizantes se deben realizar a los 30 días posteriores a la enmienda o encalado de los suelos.

e.) Siembra

Al concluir el período de exposición de la enmienda al suelo (incubación) se procedió a realizar la siembra del cultivo de tomate. Para ello se utilizaron semillas de tomate de la variedad ROMA VF, colocando cuatro semillas por maceta, para después de germinadas dejar únicamente dos plantas por maceta.

La variedad utilizada es de gran aceptación comercial y será únicamente utilizada con fines de experimentación.

f.) Planta indicadora

El motivo de utilizar la planta

de tomate (*Lycopersicum sculentum* L.) como planta indicadora es debido a - que ésta presenta un crecimiento rápido, a la vez manifiesta marcadamente las deficiencias por escasez de - nutrimentos, o sea que la respuesta es objetiva a las deficiencias. Además no requiere de mucha protección a nivel de invernadero contra plagas y enfermedades.

g.) Fertilización

Se efectuó a los diez días después de efectuada la siembra, los tratamientos se aplicaron individualmente, tanto de Fósforo (ver cuadro No. 4) como los niveles constantes de Nitrógeno y Potasio, diluidos en agua destilada para cada una de las macetas.

Los niveles de Nitrógeno y Potasio fueron:

- Nitrógeno: 125 ppm de N. la fuente utilizada fue UREA tipo reactivo.
Cantidad utilizada por maceta: 267.9 mgr.
Cantidad total utilizada: 51.43 gramos.
- Potasio: 250 ppm de K_2O . La fuente utilizada fue cloruro de -

potasio (KCl) tipo reactivo.

Cantidad utilizada por maceta: 477.6 mgr.

Cantidad total utilizada: 91.60 gramos

- h.) La duración del ensayo fue hasta que las plantas indicadoras de tomate alcanzaron la prefloración, es decir aproximadamente 60 días después de la siembra.
- i.) El experimento se montó en el invernadero de la Facultad de Agronomía (ver foto No. 1), con el objeto de obtener temperaturas homogéneas y uniformes (aproximadamente 25°C) y mantener así las condiciones de temperatura imperantes del lugar de origen de los suelos.
- j.) Llegando el período de floración (60 días) de las plantas de tomate, se procedió a cortarlas a ras del suelo.

Luego se realizó el muestreo correspondiente del ensayo, a cada una de las macetas; las muestras se secaron a la sombra, se tamizaron a 2 mm y finalmente se hicieron los análisis de labora-

Fotografía No. 1



Interior del invernadero de la Facultad de Agronomía, mostrando el inicio de el ensayo.

torio (ver resultados en el ANEXO)

k.) Los resultados fueron evaluados de la siguiente manera:

- Al suelo:

Dichos análisis consistieron principalmente en cuantificar los elementos de Calcio, Magnesio y Fósforo, así como el pH y otros que aparecen en el capítulo IX "ANEXO" y que sirvieron para su interpretación.

- A la Planta

Los resultados se evaluaron en los siguientes parámetros:

Crecimiento: Altura, número de hojas y número de ramas o foliolos.

Apariencia: Vigorositad, coloraciones y síntomas en general.

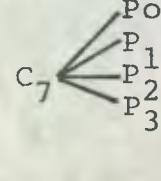
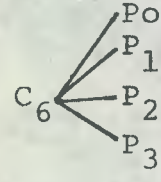
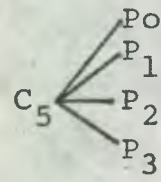
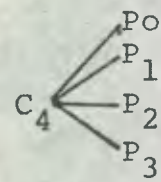
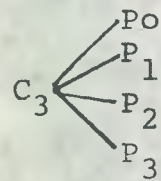
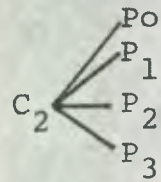
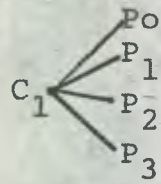
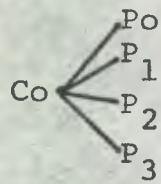
Cuantificación de peso: en húmedo (al arrancar las plantas) - y en seco (secada al horno a 65° C.)

Análisis foliar: De los diferentes
elementos

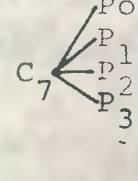
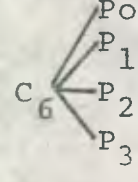
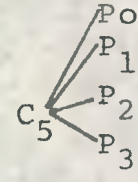
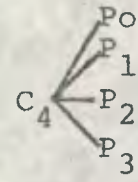
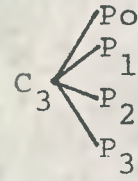
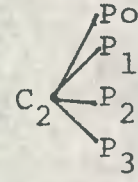
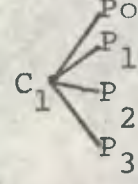
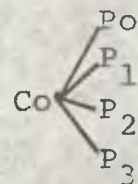
- 1.) El análisis estadístico se realizó mediante un "experimento factorial 8 x 4 con un diseño completamente al azar", con ocho tratamientos de cal, cuatro tratamientos de fósforo y tres repeticiones. Siendo - los tratamientos de cal las siete dosis de Calcio más Magnesio y un testigo; y los tratamientos de - Fósforo fueron tres dosificaciones y un testigo.

ESQUEMA DEL ENSAYO

Suelo York



Suelo Los Andes



VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1. Suelo York

6.1.1. El pH y el porcentaje de saturación por bases (%SB)

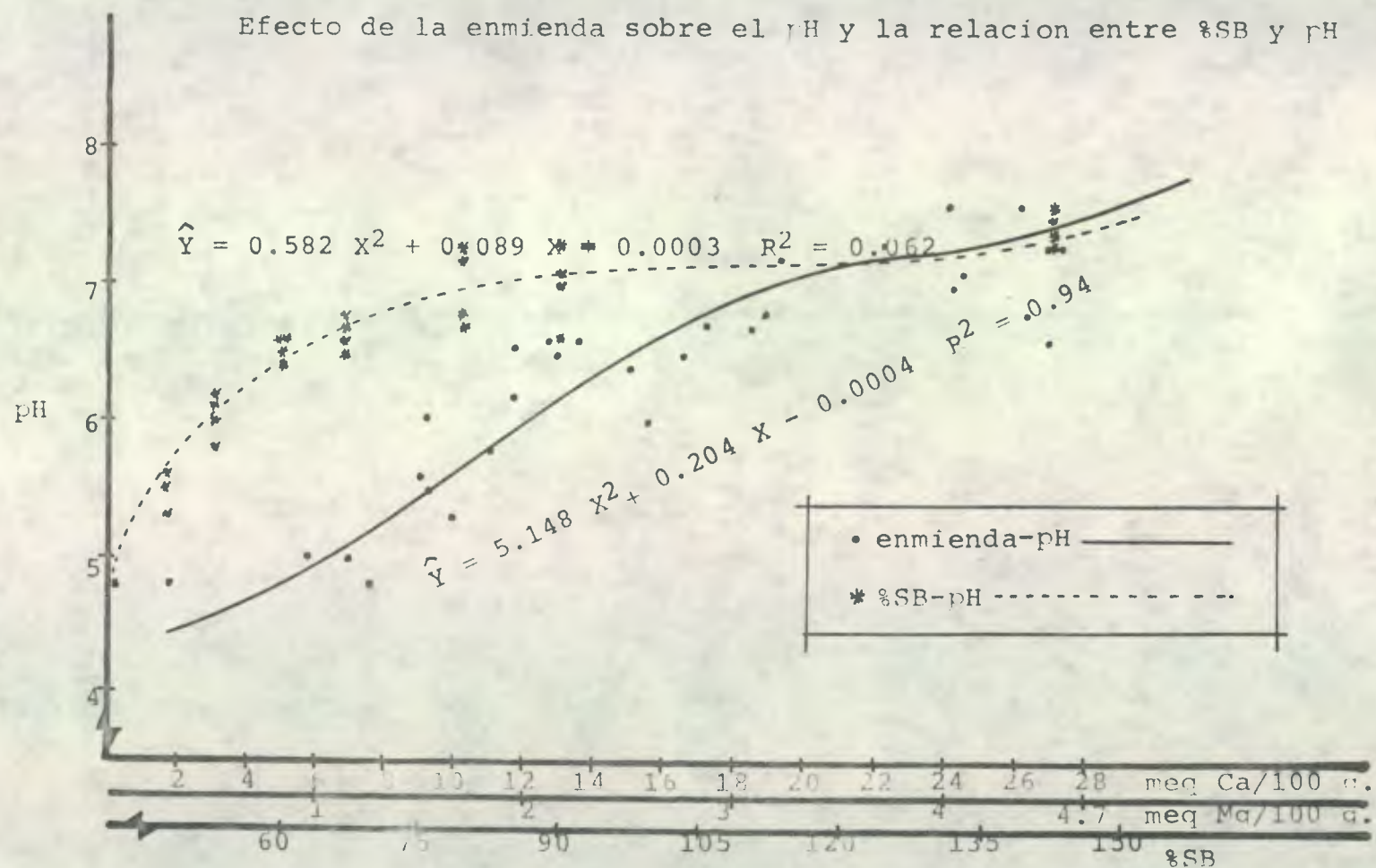
Mediante los datos obtenidos relacionados con la respuesta del pH a la enmienda, se observó que de un pH original de 4.9 se aumentó con el mayor tratamiento de Calcio más Magnesio (32 meq/100 gr de suelo) a un pH de 7.5; el aumento más significativo se encuentra hasta el tratamiento C₄ o sea de 8 meq de Ca + Mg. (ver gráfica No. 1)

El mejor tratamiento observado es el de 6 meq de Ca más Mg por cada 100 gramos de suelo.

La saturación por bases originalmente era de 48% y con el máximo tratamiento de cal se elevó hasta un valor de 150%. Es de hacer notar que el CTI (Capacidad de Intercambio Catiónico) de estos suelos es bastante bajo (12 meq/100 gr), y además se aplicaron fuentes de Fósforo, Nitrógeno y Potasio, lo que viene a ocasionar el aumento del porcentaje de saturación por bases. El máximo incremento del %SB se logra con una enmienda de 16 meq., a partir de los cuales el incremento es menor en la saturación por bases. (ver gráfica No.2) Los niveles adecuados del porcentaje de saturación por bases oscila entre 80 y 95% para fines de fertilidad, de suelos, niveles que se alcanzan con los

GRAFICA No. 1

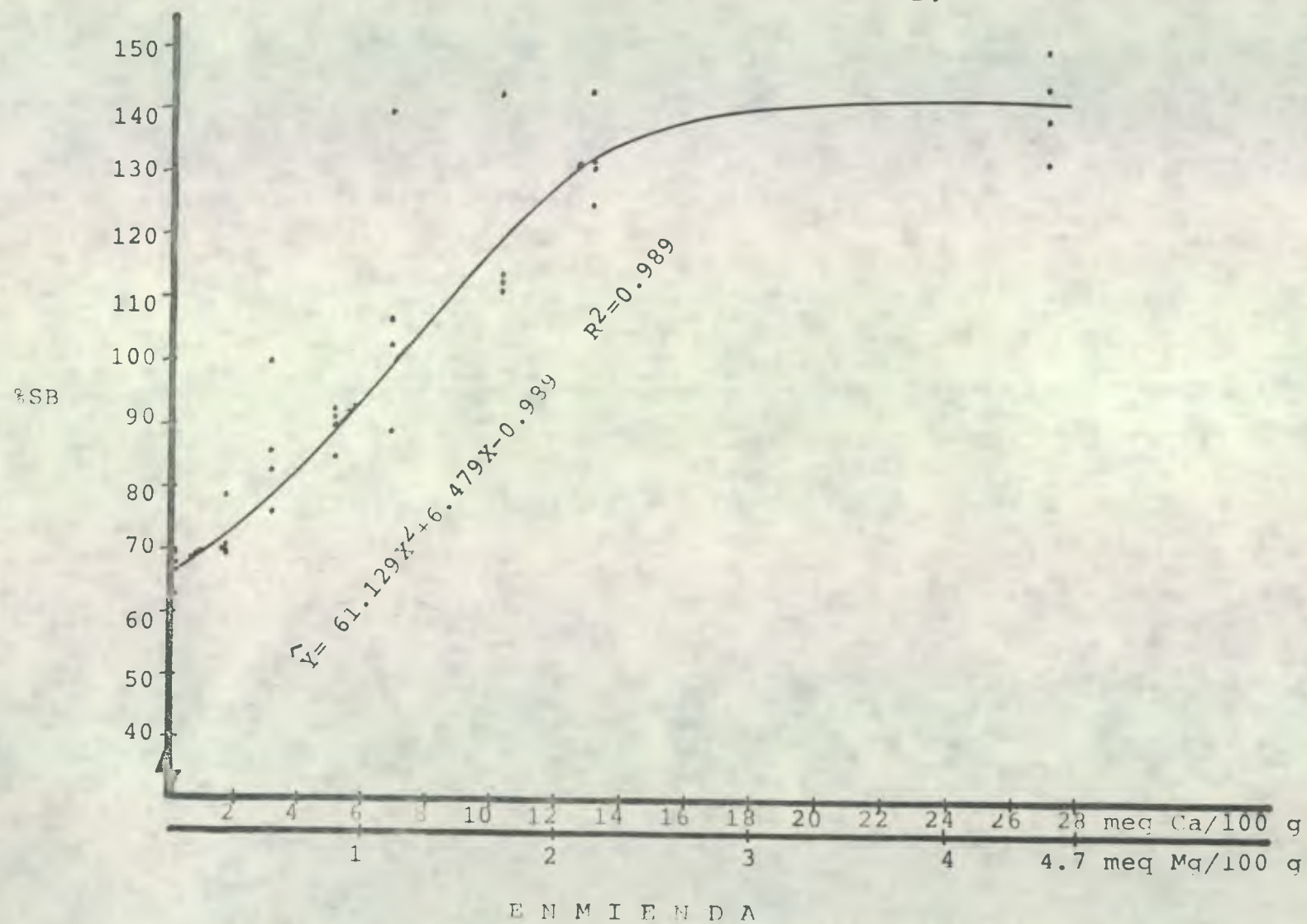
Efecto de la enmienda sobre el pH y la relación entre %SB y pH



ENMIENDA Y %SB

GPAFICA No. 2

Efecto de la enmienda sobre el %SB.



tratamientos de 4 y 6 meq de Ca + Mg/100 gr (C_2 y C_3 respectivamente).

Relacionando el comportamiento de estos dos factores, (%SB y pH) se puede mencionar que los niveles adecuados del porcentaje de saturación por bases (80 y 95%) son alcanzados a pH razonables (6 y 6.6) - para el desarrollo de los cultivos y en los cuales la mayoría de los nutrimentos están disponibles, si es que existen dentro del suelo. La gráfica No. 1, puede utilizarse también, para determinar la necesidad del encalado, para llevar el suelo a un pH favorable para el desarrollo de cultivos.

En el análisis estadístico efectuado a los valores de pH se obtuvo una alta significancia* entre los tratamientos de cal, no así entre los tratamientos de fósforo.

Para el análisis estadístico efectuado a los valores de %SB se repitió algo similar al pH, es decir que se obtuvo una alta significancia* para los tratamientos de cal, no a sí en los tratamientos con Fósforo, con lo cual se infiere que el Fósforo no tiene influencia sobre el %SB, por encontrarse en forma de fosfato (anión).

* 5% de probabilidad de error

6.1.2. El Calcio

El Calcio analizado en sus dos aspectos: intercambiable y disponible, se comporta de la siguiente manera:

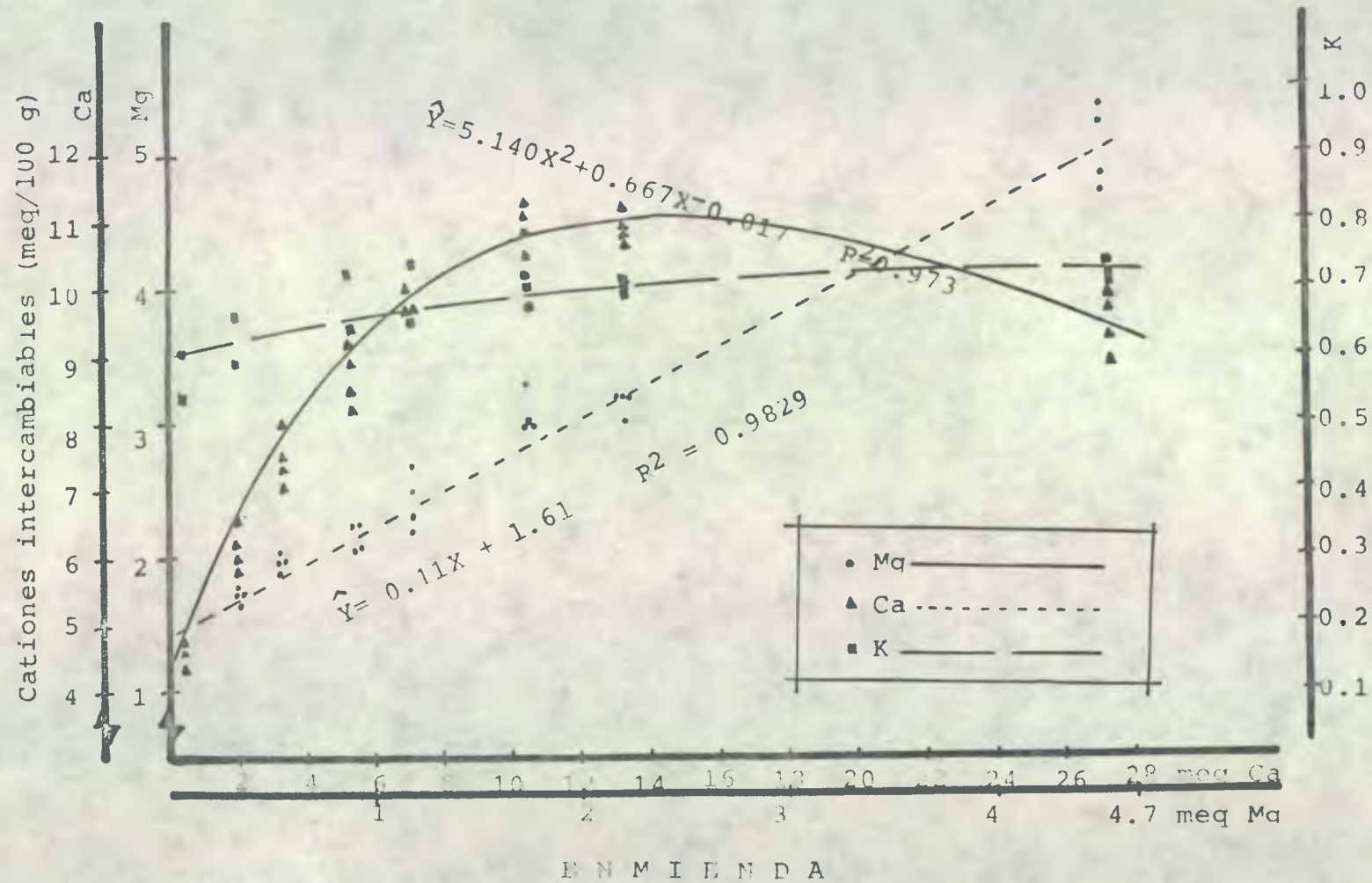
a.) Calcio Intercambiable

Antes de emitir discusión, es de anotar que este suelo York, posee una baja capacidad de intercambio catiónico (CTI 12/meq/100 gr) factor en el cual reside el comportamiento básico del - Calcio intercambiable.

El valor mínimo del Calcio intercambiable era de 4.3 meq/100 gr, y se logró aumentar hasta 11.3 meq/100 gr. con el tratamiento de 12 meq de Ca + Mg (C_5), a partir del cual los niveles de Calcio intercambiable empiezan a disminuir muy lentamente, comportamiento que se debe a la saturación por bases del suelo conforme su - CTI. (ver gráfica No.3) La acción del Calcio intercambiable, al llegar al 100% de saturación de bases, empieza a quedar en forma disponible

GRAFICA No. 3

Efecto de la enmienda sobre cationes intercambiables.



con la solución del suelo. Tomando en cuenta el CTI del suelo y la cantidad de Calcio intercambiable que puede existir en el, específicamente sobre el %SB, se obtiene que el mejor tratamiento para alcanzar el nivel adecuado de Calcio intercambiable son los de 4 y 6 meq de enmienda aplicados (C_2 y C_3 respectivamente).

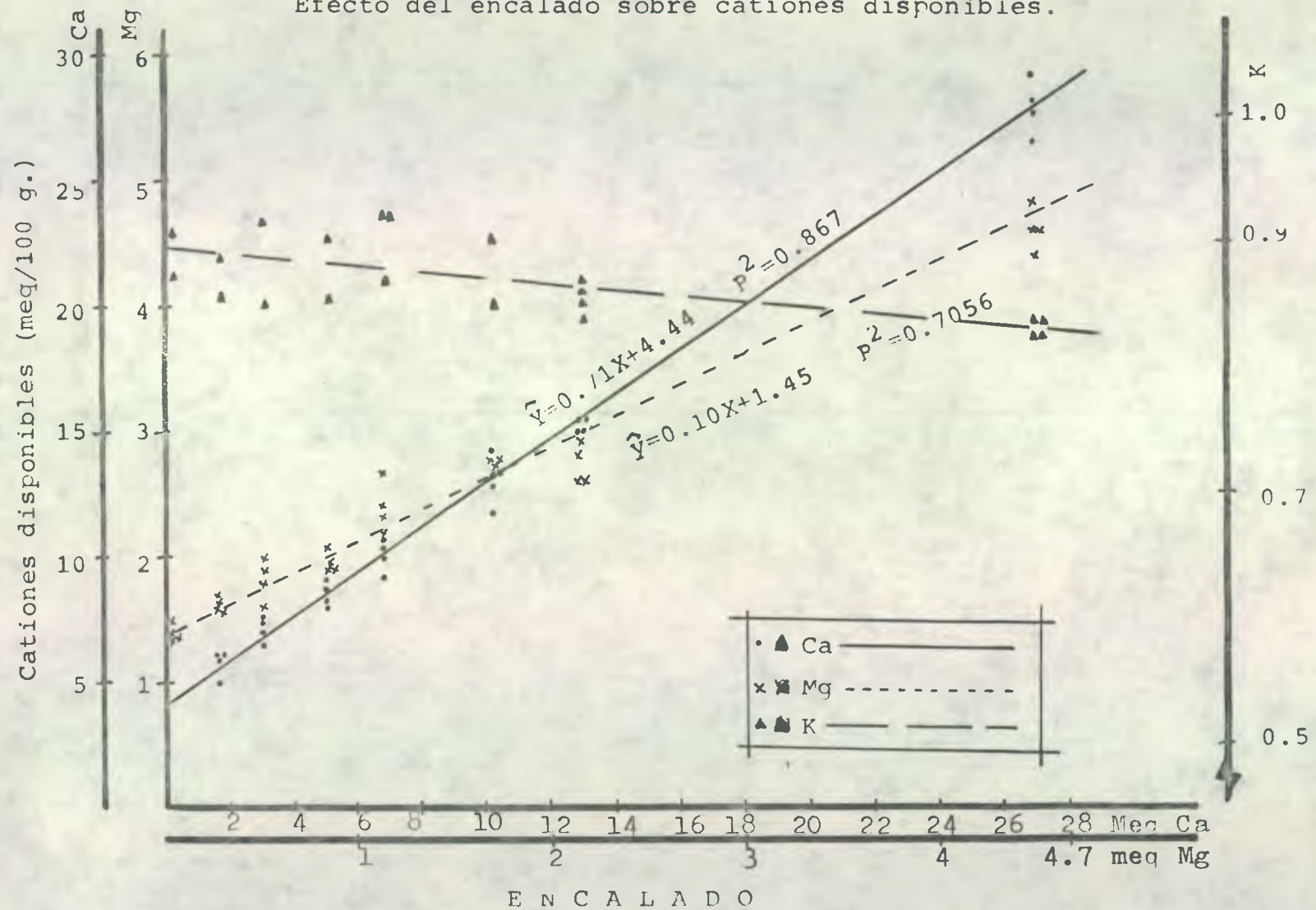
b.) Calcio Disponible

El Calcio disponible tiene un aumento uniforme, el valor original era de 4.9 meq., llegándose a elevar a 28.0 meq/100 gr. (ver gráfica No. 4) con 32 meq de enmienda.

En la gráfica No. 5, se puede observar que el Calcio intercambiable y el disponible guardan cierta relación, hasta que el primero alcanza el valor de 11.3 meq/100 gr. a partir del cual aumenta desproporcionadamente el Calcio disponible, mientras el Calcio intercambiable se estabiliza o mantiene. Esto se explica por el CTI que po

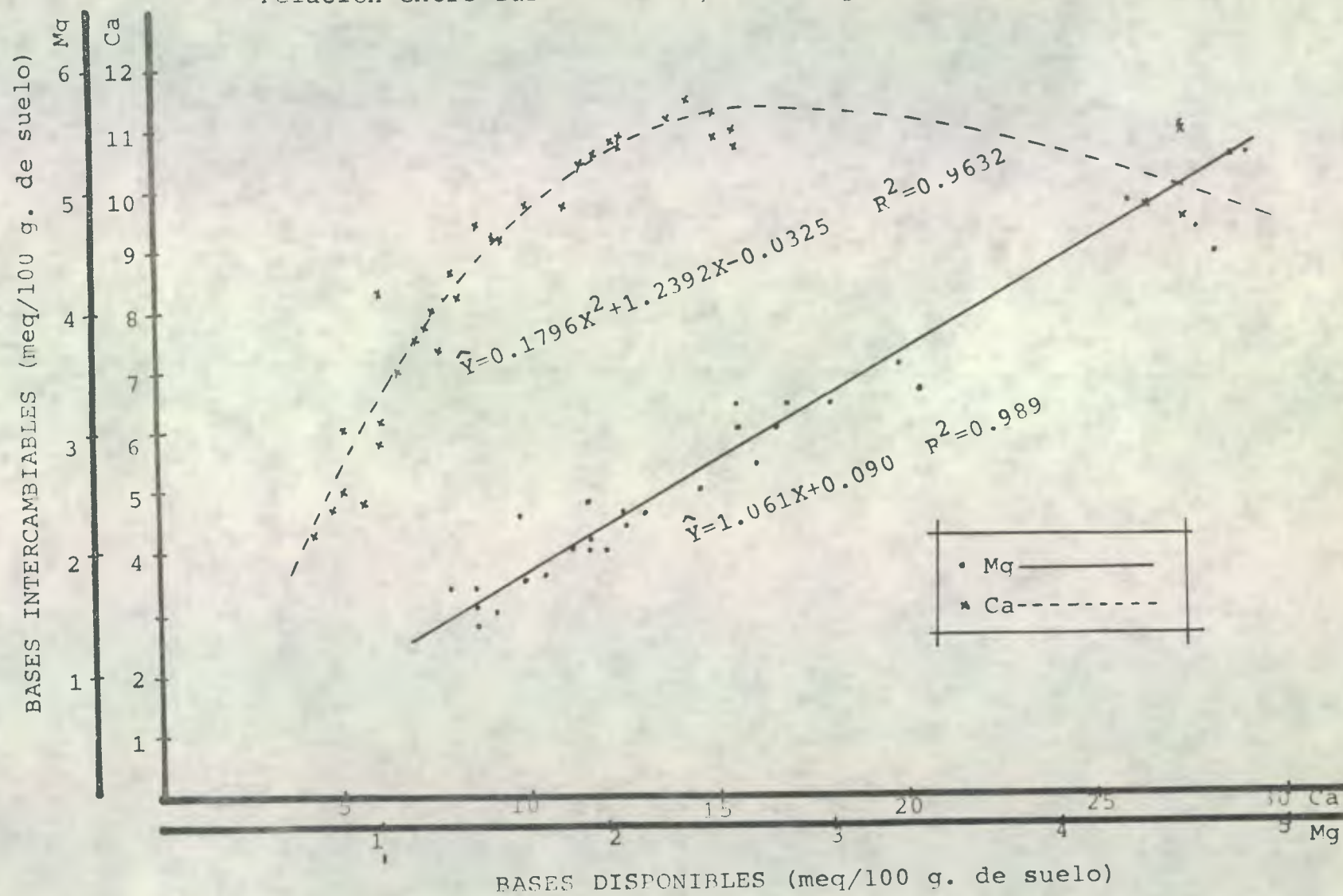
GRAFICA No. 4

Efecto del encalado sobre cationes disponibles.



GRAFICA No. 5

Relación entre las bases disponibles y bases intercambiables.



see el suelo (12 meq/100 gr) cuando el Calcio que se intercambia alcanza o llega cerca-namente a este nivel, ya no puede seguirse intercambiando y entonces el aplicado en la enmienda aposteriori, se vuelve disponible. Nuevamente se aprecia que el Calcio disponible adecuado recae en los tratamientos de 4 y 6 meq de Ca + Mg (C_2 y C_3 respectivamente)

En el análisis estadístico se observa que tanto los - tratamientos con cal como de Fósforo, tienen una alta significancia* sobre el Calcio - disponible y no así sobre el Calcio intercambiable, donde los tratamientos de cal muestran una alta significancia y con los tratamientos de Fósforo no existe significancia. Esto se puede atribuir a que el Fósforo se fija únicamente con moléculas de Calcio disponible y no con el Calcio intercambiable.

* 5% de probabilidad de error

6.1.3. El Magnesio

El Magnesio posee dos fases de comportamiento:

a.) Magnesio intercambiable

El bajo CTI que posee este suelo (12 meq) fue una barrera para el comportamiento del Calcio intercambiable, no así para el Magnesio intercambiable que se desarrolla libremente. Así podemos encontrar que el valor mínimo del Mg intercambiable era de 1.8 meq/100 grs. y con el máximo tratamiento de cal (4.57 meq de - Mg) se logró aumentar hasta un nivel de 5.65 meq. También se puede observar que el aumento del Magnesio intercambiable es creciente uniformemente (ver gráfica No. 3). El aumento puede deberse al obstáculo que presenta el CTI al Calcio intercambiable, tal y como se puede observar en la gráfica No.3, en el cual puede estar sucediendo el proceso de dolomitización.

Guardando una relación con el mejor nivel de Calcio intercambiable obtenido, se determina que el nivel de Magnesio intercambiable se obtiene en los tratamientos C_2 y C_3 (4 y 6 meq de Ca + Mg respectivamente).

b.) Magnesio disponible

Según la gráfica No. 4 podemos observar que el Magnesio disponible aumenta con todos los tratamientos de cal efectuados, a -partir de un nivel de 1.8 meq/100 grs. hasta llegar al nivel de - 4.8 meq/100 grs, con el máximo -tratamiento.

Encontramos que el mejor nivel de Magnesio disponible se encuentra entre los tratamientos de 4 y 6 meq de Ca + Mg/100 grs.

En la gráfica No. 5 se ilustra el comportamiento lineal del Magnesio disponible en contraposición - con el Calcio disponible.

Con base en el análisis estadístico, en el cual se observa una alta significancia* tanto de los tratamientos de cal como de Fósforo, lo que significa que el Magnesio intercambiable y disponible tienen dependencia a estos dos tratamientos. La manera como se explica es que - con los tratamientos de cal resulta lógico, pues al aplicar una fuente de Magnesio, se aumenta éste en el suelo; pero con el Fósforo, al aplicarlo al suelo, éste posiblemente

* 5% de probabilidad de error

disminuya el Magnesio aplicado y por consiguiente el Magnesio intercambiable y/o disponible, pues lo utiliza para formar moléculas insolubles de Fósforo en el suelo.

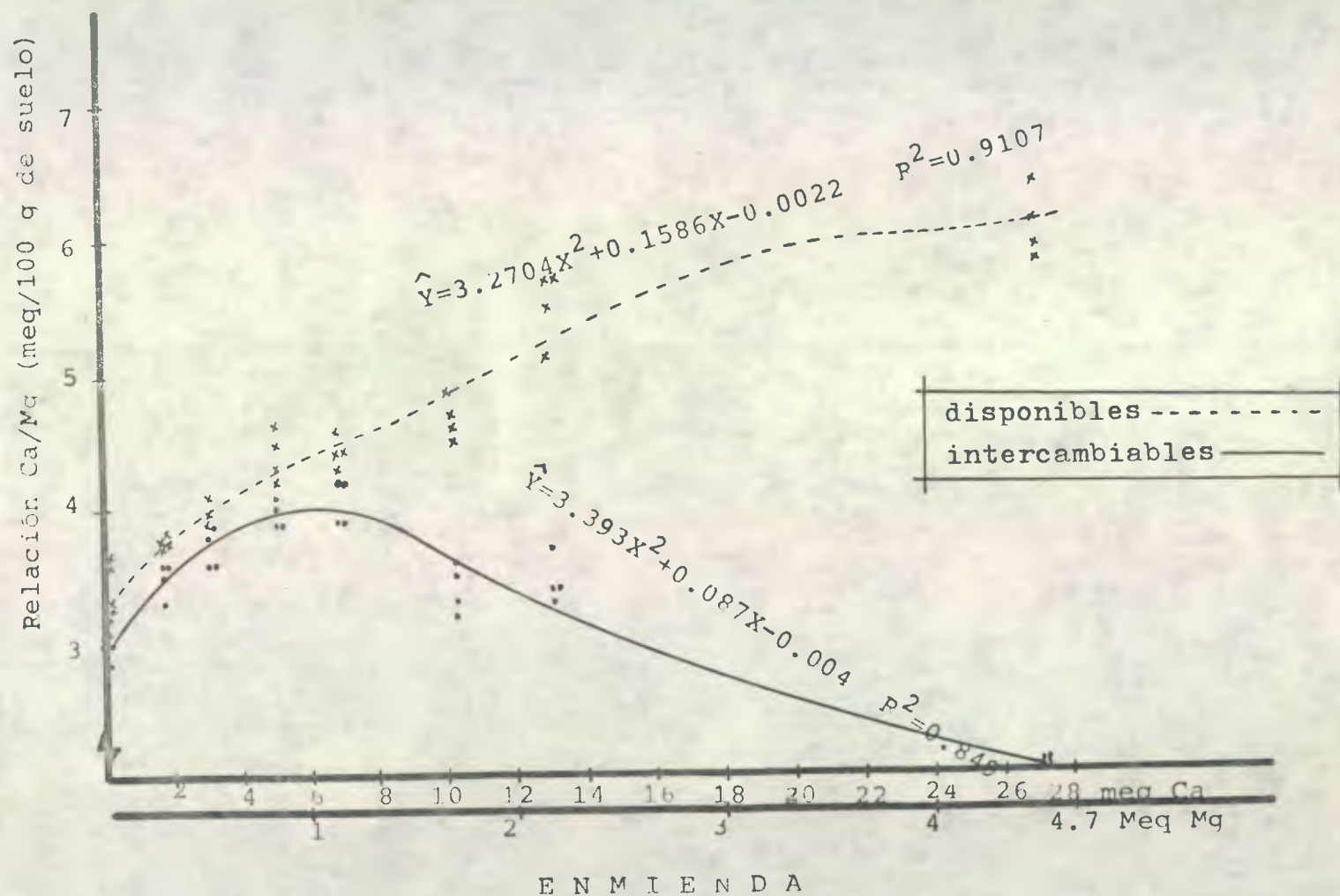
6.1.4. Relaciones

Es de recordar que la relación de enmienda Ca: Mg fue de 6:1 relación que dirige el comportamiento posterior.

Al analizar la gráfica No. 6, se puede observar que la relación - Ca/Mg intercambiable al inicio del ensayo era de 3.1:1, a partir de este punto el aumento es bastante uniforme, guardando la misma relación hasta llegar al punto donde el Calcio no puede seguir intercambiándose debido al CTI del suelo, y la relación empieza a disminuir. La relación más alta que se pudo lograr fue de 4.2:1 lo que demuestra el comportamiento defectuoso en la relación Ca/Mg intercambiables; además se puede inferir que llegando la relación a su valor máximo 4.2:1, que es donde el %SB corresponde a 94%, ya que el intercambio es mínimo y la relación empieza a disminuir, debido a que hay un desplazamiento del Mg por

GRAFICA No. 6

Efecto de la enmienda sobre la Relación Ca/Mg



el Ca. y este Ca desplazado pasa a la solución del suelo.

En la gráfica No. 6 se puede observar que la relación Ca/Mg disponibles era de 3.1 a 1, y se aumentó hasta un nivel de 6.4:1 con el máximo tratamiento de cal (32 Meq de Ca + Mg). Esta gráfica nos ilustra la relación que guardan dos variables. Se puede notar que la relación de enmienda aplicada (6:1) vino a equilibrar una relación deseada (4:1) y solamente con los últimos tratamientos vino a prevalecer la relación de aplicación 6:1.

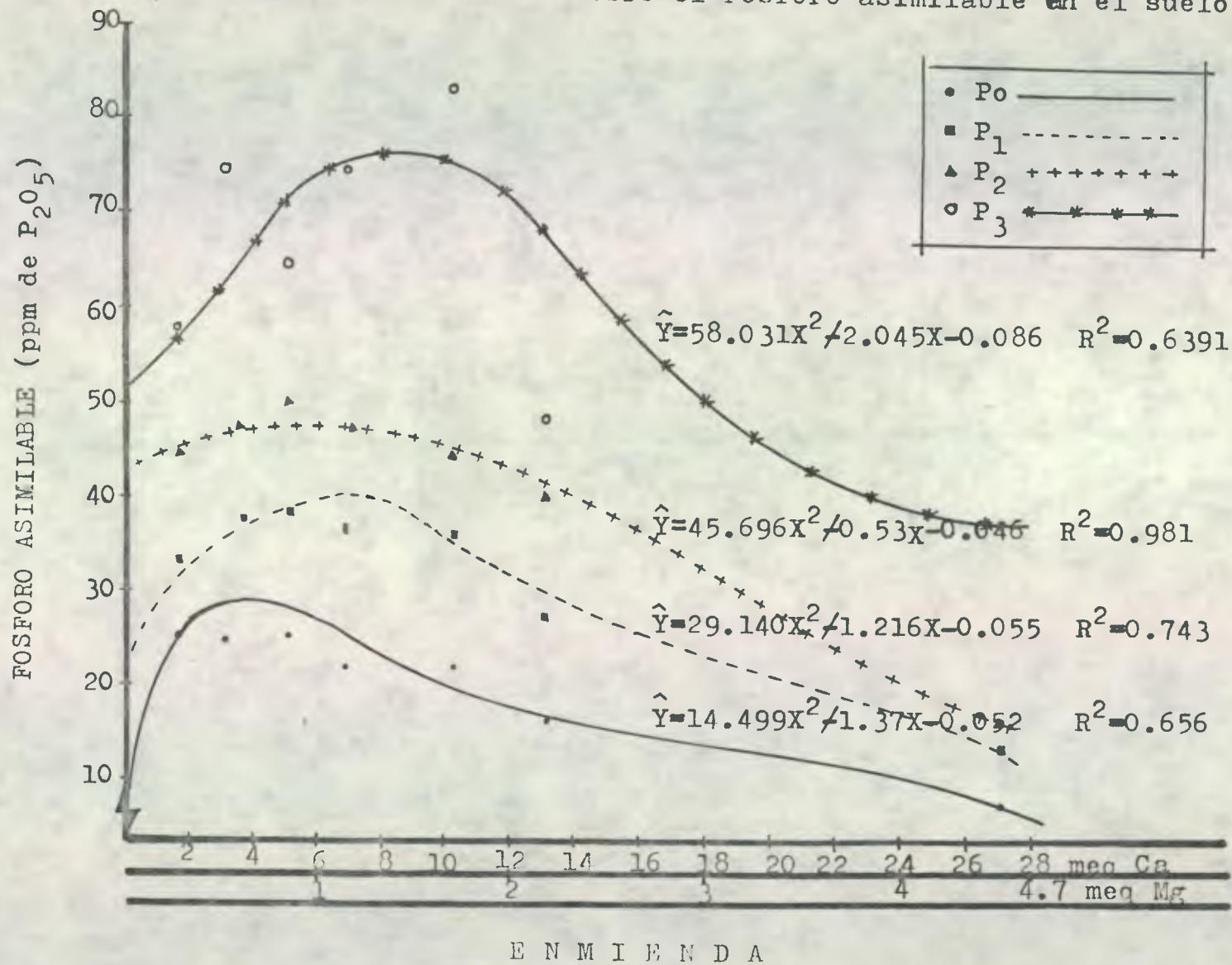
Puede estimarse que las mejores relaciones de Ca/Mg disponibles, se logran con el tratamiento de 4 meq de Ca + Mg / 100 grs o sea C_2 (ver gráfica No. 6).

6.1.5. El Fósforo

El comportamiento del Fósforo asimilable o disponible con respecto a los tratamientos de cal puede observarse en la gráfica No. 7. En esta gráfica se representa el Fósforo asimilable con sus cuatro tratamientos realizados en el ensayo, descritos en el cuadro No. 4. Conforme los tratamientos rea-

GRAFICA No. 7

Efecto del encalado sobre el Fósforo asimilable en el suelo.



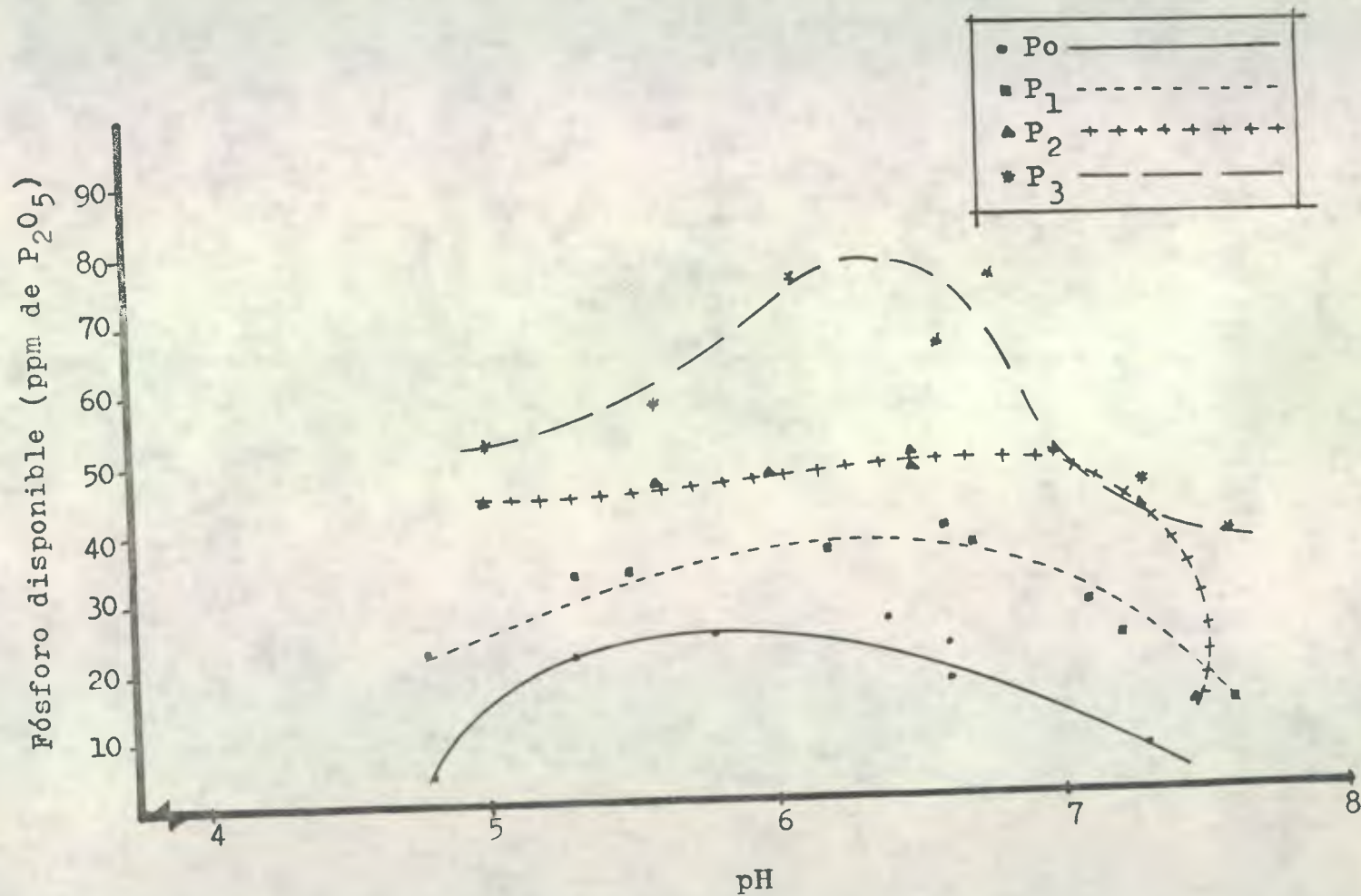
lizados, se puede observar que la disponibilidad del Fósforo aumenta con las aplicaciones de Calcio y Magnesio; a un nivel de 8 meq/100 g. de enmienda en el tratamiento de 100 ppm de Fósforo, 5 meq en el de 50 ppm, 7 meq en el de 25 ppm y 3.2 meq en el de 0.0 ppm de Fósforo aplicado, a partir de los cuales el Fósforo disponible decrece. También se observó que de un nivel de 6.5 ppm de Fósforo disponible se elevó hasta un nivel de 31 ppm, solamente con aplicaciones de cal. El exceso de aplicación de Ca/Mg - hace que disminuya la disponibilidad del Fósforo, inclusive a un nivel menor que el cual se encontraba originalmente (ver gráfica No. 7) debido a la formación de fosfatos tricálcicos y magnésicos insolubles.

Con respecto a los tratamientos de Fósforo realizados, se nota la respuesta a cada uno de ellos; su comportamiento es regido mediante las aplicaciones de enmienda.

En la gráfica No. 8 puede observarse como la disponibilidad - del Fósforo aumenta entre los niveles de 4.8 a 6.0 de pH de 6.0 a - 7.2 de pH la disponibilidad de este elemento se mantiene coincidiendo a

GRAFICA No. 8

Relación entre el pH y el Fósforo disponible.



la vez con los niveles mas altos de disponibilidad del mismo. A partir de pH 7.2, la disponibilidad del Fósforo disminuye grandemente.

Se explica el comportamiento del Fósforo disponible de la manera siguiente: Con los primeros tratamientos de calcio más Magnesio, se incrementa el pH, aumentando a la vez la disponibilidad del Fósforo, debido a que este elemento a niveles bajos de pH (ácidos) se encuentra insoluble por asociación con los sesquióxidos (Aluminio principalmente) y conforme se aplican las bases de Calcio y Magnesio, se desplaza al Aluminio y por lo consiguiente el Fósforo se hace disponible. Pero a la formación de fosfatos tricálcicos insolubles, formados a partir de la aplicación excesiva de cal.

La disponibilidad del Fósforo coincide con los tratamientos de 4 y 6 meq de Ca y Mg realizados (C_2 y C_3) siendo el mejor tratamiento de Fósforo aplicado el de 25 ppm (P_1), por mantener el nivel adecuado de Fósforo disponible en el suelo que son los requerimientos de P en la mayoría de cultivos principalmente granos básicos y frutales.

Conforme el análisis estadístico efectuado, se observó una alta significancia* tanto para los tratamientos de cal y Fósforo, como por la interacción de ambos.

6.1.6. Plantas indicadoras de tomate

Los factores de importancia considerados son:

a.) Peso de materia seca de las plantas

Tanto los tratamientos de Fósforo como los de Calcio más Magnesio aumentan el peso de las plantas. Se observa un incremento en el peso de las plantas hasta con el tratamiento de 4 meq de Ca / Mg, a partir del cual el peso por planta empieza a disminuir (ver gráfica No. 9), posiblemente debido a la disponibilidad de algunos elementos apertecidos por la planta.

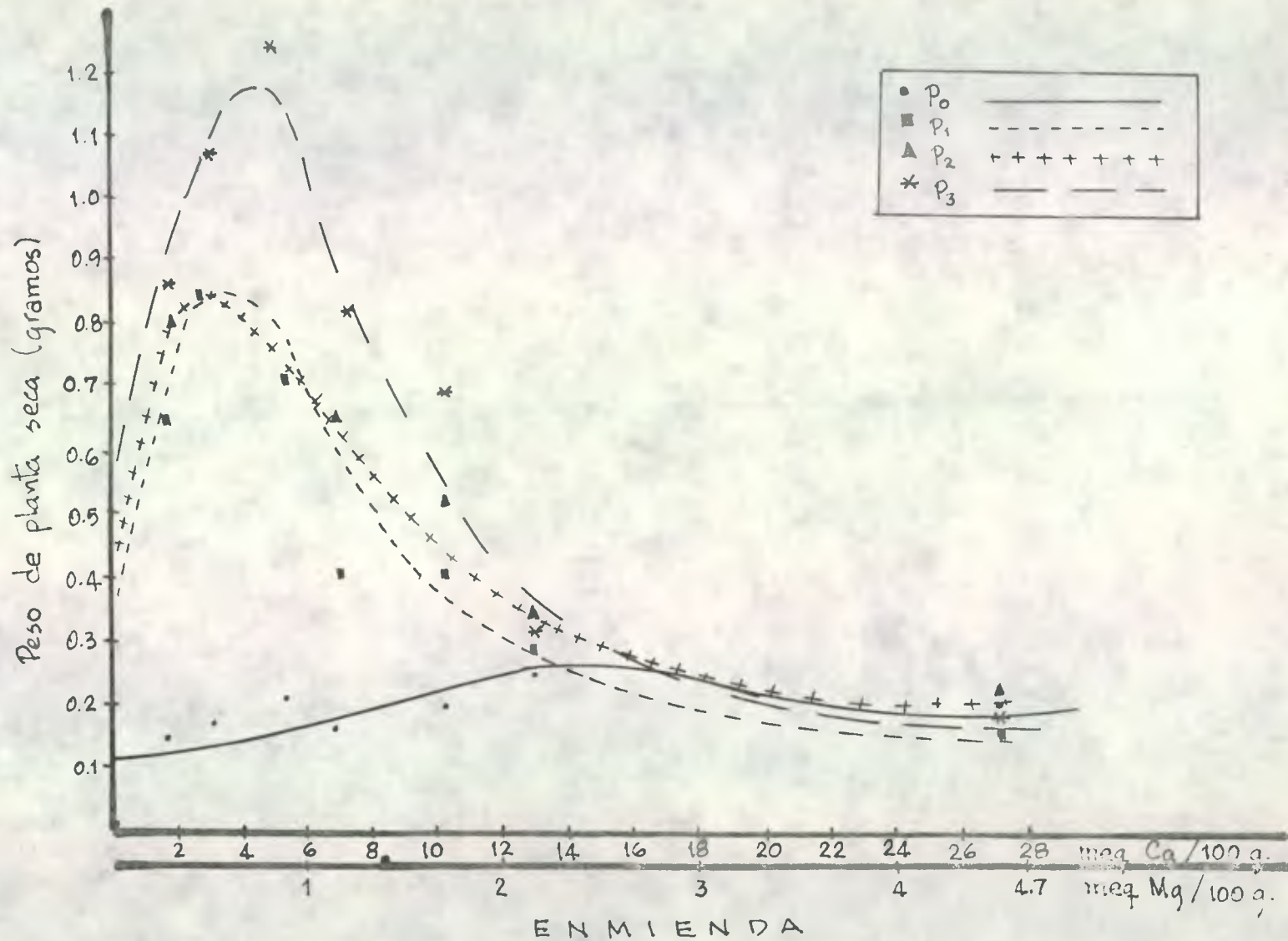
El mayor peso por planta se alcanzó con los niveles de 4 meq de Calcio más Magnesio (C_2) y con el tratamiento de 25 ppm de Fósforo aplicados (P_1)

En el análisis estadístico se

* 5% de probabilidad de error

GRAFICA No. 9

Efecto de la enmienda sobre el peso de plantas.



obtuvo una alta significancia* tanto - con los tratamientos de Fósforo y Cal como por la interacción de ambos.

b.) Altura de las plantas

Tanto los tratamientos de Fósforo como los de Calcio más Magnesio aumentan la altura de las plantas.

El crecimiento en altura se observa creciente hasta con 4 meq de Ca/Mg/100 grs., a partir del cual empieza a disminuir (ver gráfica No. 10).

Las plantas alcanzan su mayor altura con el tratamiento de 4 meq de Ca/Mg/100 gr (C_2) y con el tratamiento de 25 ppm de Fósforo aplicados (P_1) (ver fotografía No.2)

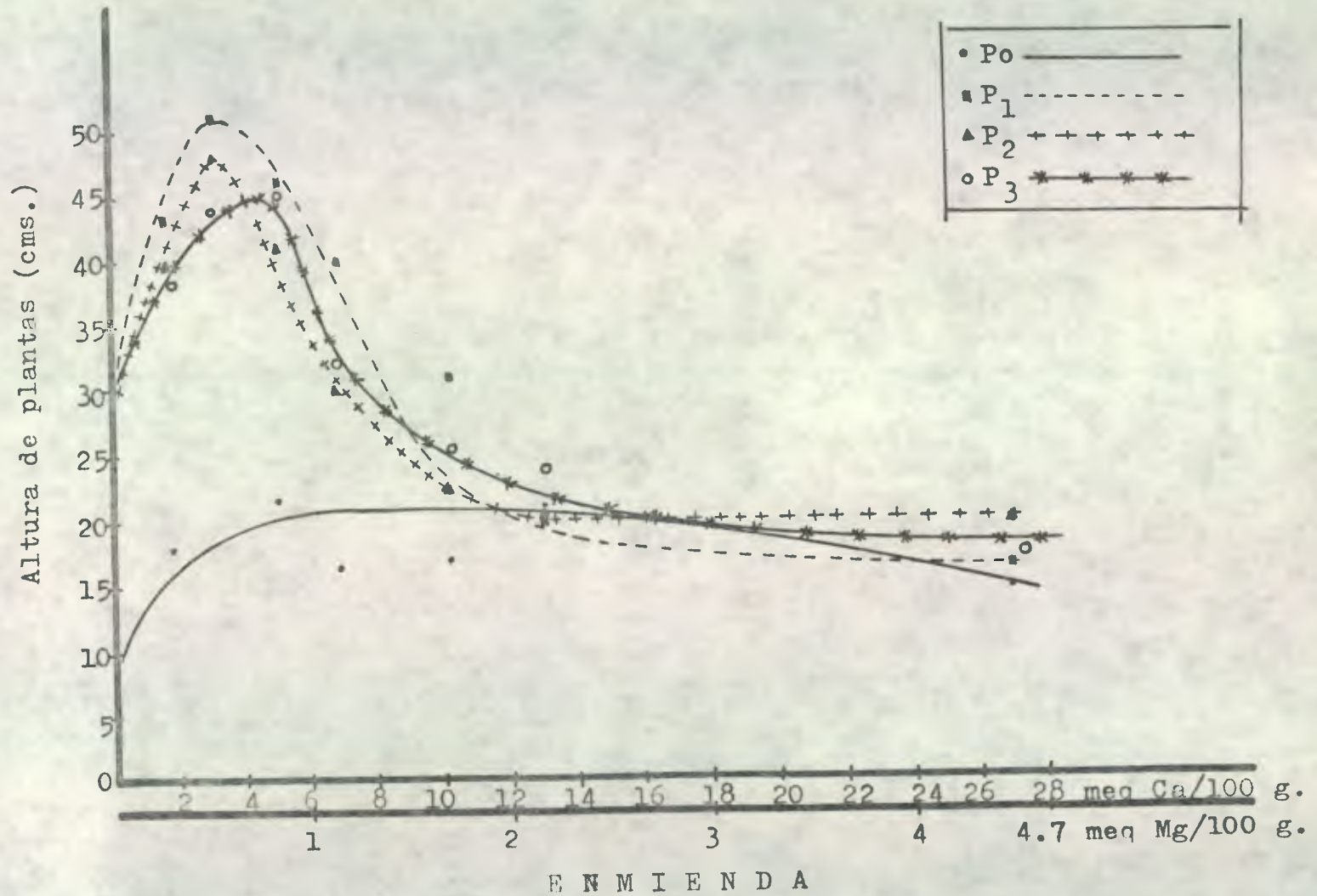
El análisis estadístico demuestra una alta significancia* en la altura de plantas por los tratamientos de Fósforo y cal, como por la interacción de ambos.

Aunque los parámetros de peso por planta y altura de las mismas, no demuestran un índice de producción, son factores que se pueden cuantificar y graficar, para demostrar la mejor respuesta de las plantas indicadoras a los diferentes tratamientos realizados.

* 5% de probabilidad de error

GRAFICA No. 10

Efecto de la enmienda sobre la altura de plantas.



FOTOGRAFIA No. 2



Plantas con el mismo tratamiento de Calcio más Magnesio (4 meq/100 grs de suelo -C₂-) y los cuatro tratamientos diferentes de Fósforo, mostrando que el tratamiento de Fósforo de 25 ppm sobresale sobre los demás en el crecimiento de las plantas.

Durante el ensayo se pudo observar que los suelos sin ningún tratamiento con cal no permitieron ni siquiera la germinación de alguna semillas sembradas, a la vez que presentaron obstáculos con el desarrollo de las plantas; mientras que los suelos tratados con 2 hasta 12 meq de Ca/Mg presentan condiciones favorables para el desarrollo de las plantas; y con los tratamientos mayores a los 12 meq de enmienda también presentan problemas al desarrollo de las plantas (ver fotografía No. 3). Tanto los testigos (tratamientos sin cal) como los máximos tratamientos por cal (16 y 32 meq de Ca/Mg/100 grs), sus plantas presentaron una coloración púrpura, síntoma que evidencia la deficiencia de elemento Fósforo, por lo que se justifica el comportamiento de la gráfica No. 10.

El exceso de cal (16 y 32 meq de enmienda) muestra una característica muy especial en las plantas, pues inducen el verticilado y corrugamiento de las mismas, a la vez que muestran una deficiencia marcada de boro (ver fotografía No. 4)

En el análisis foliar efectuado a las plantas de tomate, no se presentó ninguna variación, pues las plantas ob

FOTOGRAFIA No.3



Suelos con un mismo tratamiento de Ca/Mg (12 meq/100 grs) y los cuatro tratamientos diferentes de Fósforo. Se puede observar el poco desarrollo mostrado por las plantas con altas - dosificaciones de cal.

FOTOGRAFIA No. 4



Plantas sin desarrollo y verticiladas, ho-
jas corrugadas mostrando la deficiencia -
de Boro en plantas de tomate, ocasionada
por el exceso de cal (16 y 32 Ton/Ha).

tuvieron los elementos que necesita
ron conforme las aplicaciones realiz
zadas y las existentes en el suelo.
(ver datos en el ANEXO)

6.2. Suelo los Andes

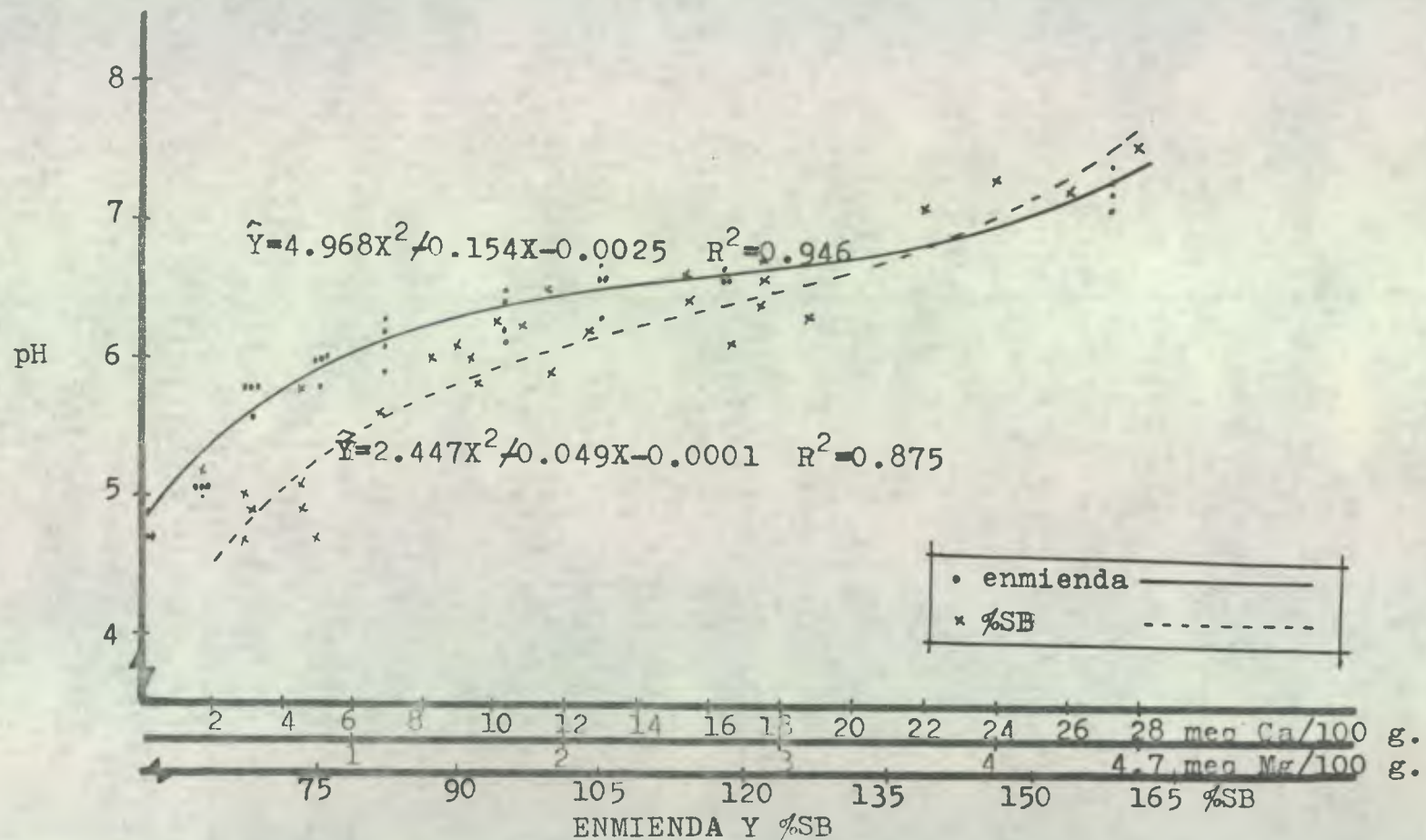
6.2.1. El pH y el porcentaje de saturación por bases (%SB)

La respuesta del pH a la enmienda en este suelo, pudo observarse de un pH original 4.7 a un pH de 7.4, incremento que se obtuvo con el mayor tratamiento de Calcio más Magnesio (32 meq/100 gr); es de hacer notar que el suelo se comportta como un ácido débil (ver gráfica No. 11), y al ser rectificado con enmiendas de Calcio más Magnesio, se llega a la zonna Tampón o Buffer, nivel que se alcanza con los tratamientos de 6, 8 y 12 meq/100 gr, de base aplicada, pudiéndose estimar que el primero (6 meq) como el mejor tratamiento.

La saturación de bases original, era de 67%, lográndose elevar a 162% con el - máximo tratamiento de Calcio más Magnesio (32 meq/100 gr). En este suelo se vuelve a presentar la dificultad de la baja capacidad de intercambio catiónico o CTI, tenniéndose valores promedios a 15.8 meq., - llevando con poca enmienda a valores de - saturación del suelo. Es de anotar que

GRAFICA No. 11

Efecto de la enmienda sobre el pH y la Relación entre %SB y pH.



los niveles adecuados del %SB con fines de fertilidad, oscilan entre 80 y 95%, niveles que se alcanzan con los tratamientos de 6 y 8 meq de Calcio más Magnesio por cien gramos (C_3 y C_4) respectivamente) (ver gráfica No. 12)

Relacionando el comportamiento de los factores: %SB y pH puede observarse que los niveles adecuados del %SB (80 y 95%) son alcanzados a pH de 5.7 a 6.2 - (ver gráfica No. 11)

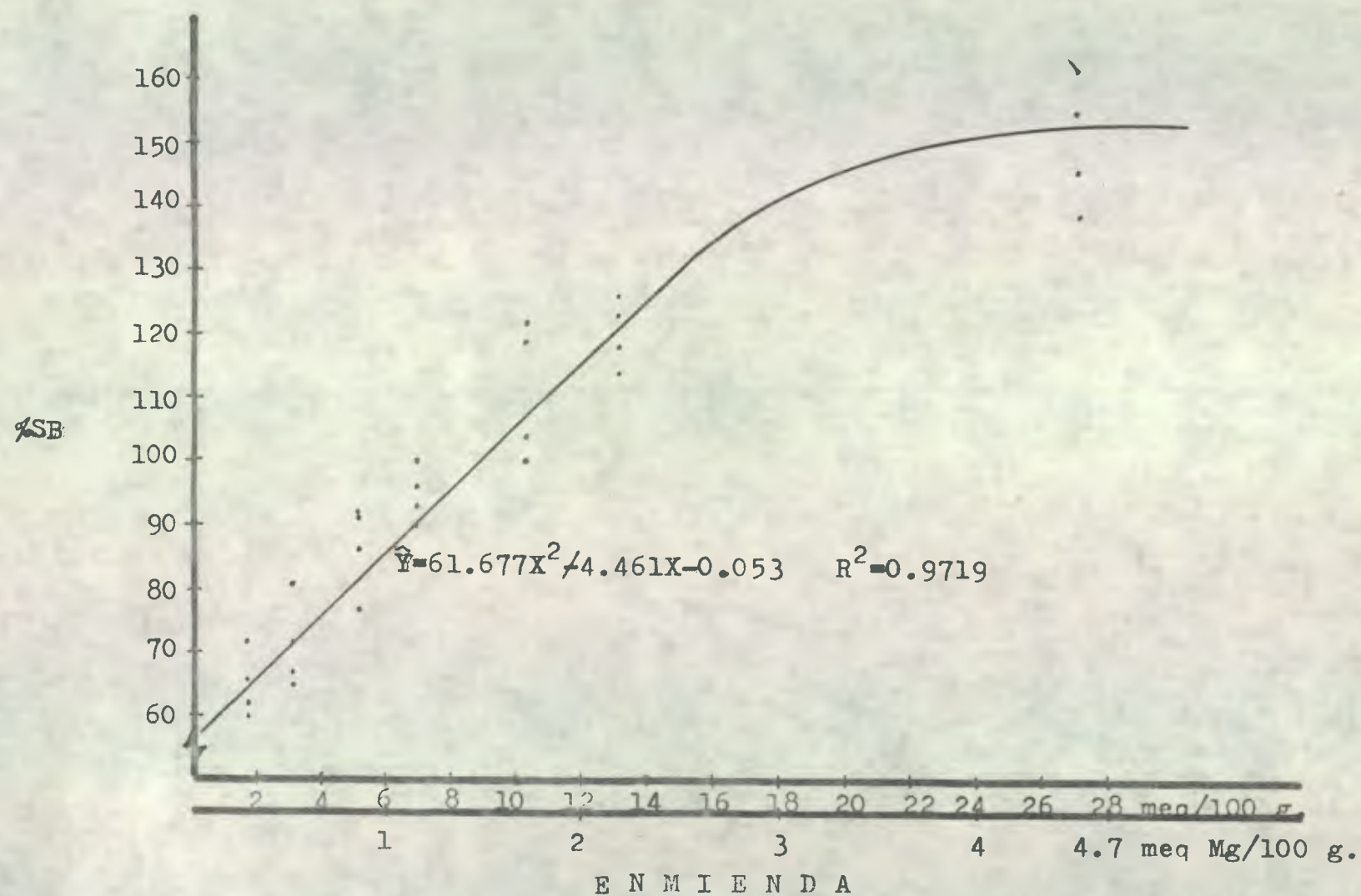
La gráfica No. 11 también puede utilizarse para determinar la necesidad de enmienda para elevar el pH del suelo a un nivel razonable y apto para el desarrollo de cultivos.

El análisis estadístico efectuado a los valores de pH dió como resultado una alta significancia para los tratamientos de Fósforo, lo que nos dice que el elemento Fósforo no tiene influencia sobre el incremento del pH del suelo. Asimismo se observó una alta significancia (probabilidad de error del 5%) de los tratamientos de cal con respecto al testigo.

Para el análisis estadístico efectuado a los valores del %SB se obtuvo una alta significancia para los tratamientos de cal, no así para los tratamientos de Fósforo. Asimismo se observó una alta signi

GRAFICA No. 12

Efecto de la enmienda sobre el %SB.



ficancia de los tratamientos de cal con respecto al testigo, con excepto de los tratamientos de 2 y 4 meq de Ca / Mg/100 grs., con los cuales no se obtuvo ninguna significancia (5% de probabilidad de error).

6.2.2. El Calcio

El elemento Calcio analizado en sus aspectos: intercambiable y disponible, - se comporta de la siguiente manera:

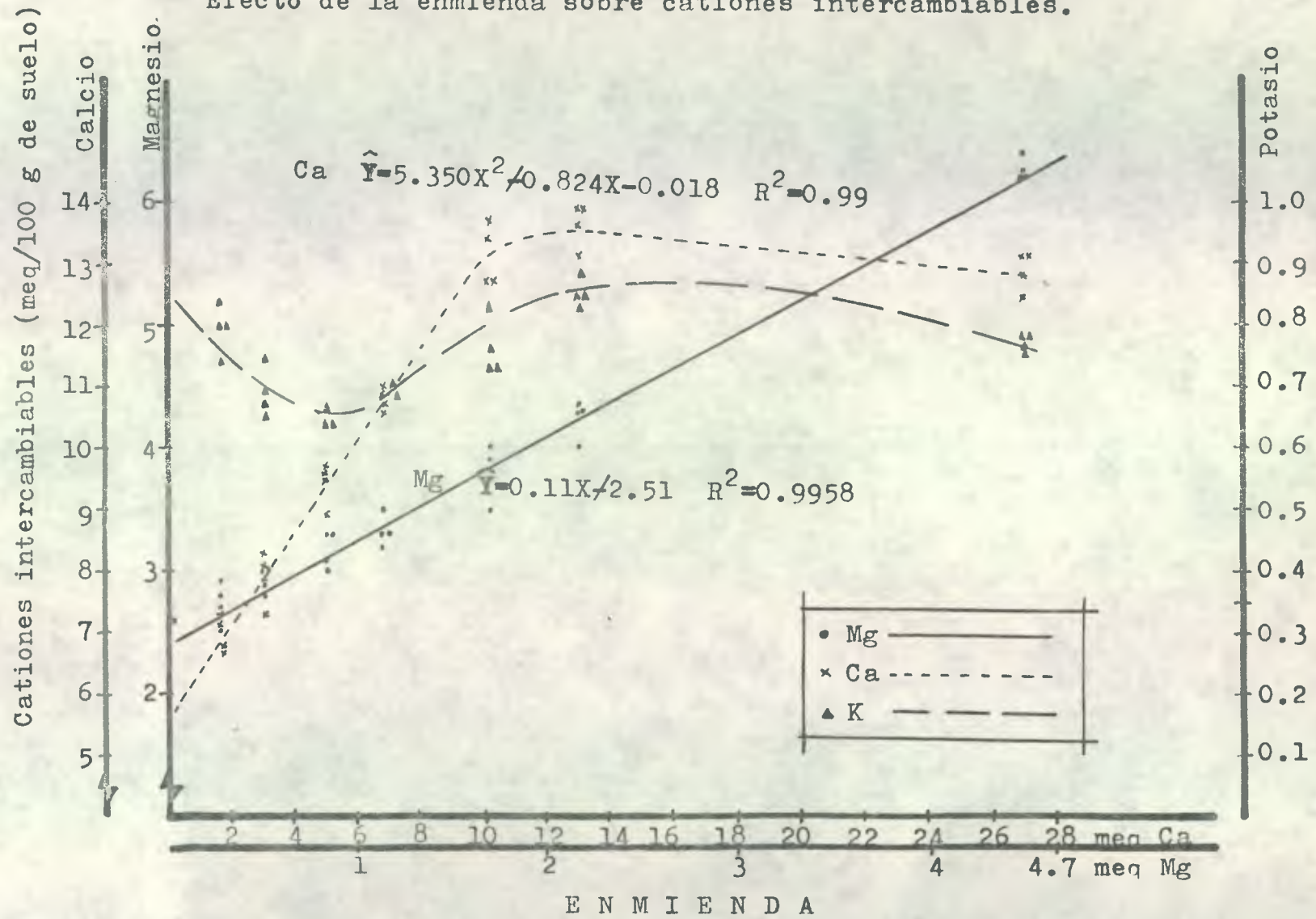
a.) Calcio Intercambiable

El valor original del Calcio intercambiable era de 5.3 meq/100 gr., lográndose llevar a un nivel de 13.9 meq, con el tratamiento C₆ (13.12 meq de Ca/100 grs), disminuyendo a partir de este tratamiento los valores del Calcio intercambiable (ver gráfica - No. 13).

La gráfica No. 14 demuestra el comportamiento del Calcio intercambiable con el Calcio disponible, con la cual se observa que el Calcio inter-cambiable disminuye y el Calcio disponible aumenta. Este fenómeno puede - explicarse debido a la baja capacidad de intercambio catiónico que posee este suelo (CTI igual a 15.8 meq/100 gr)

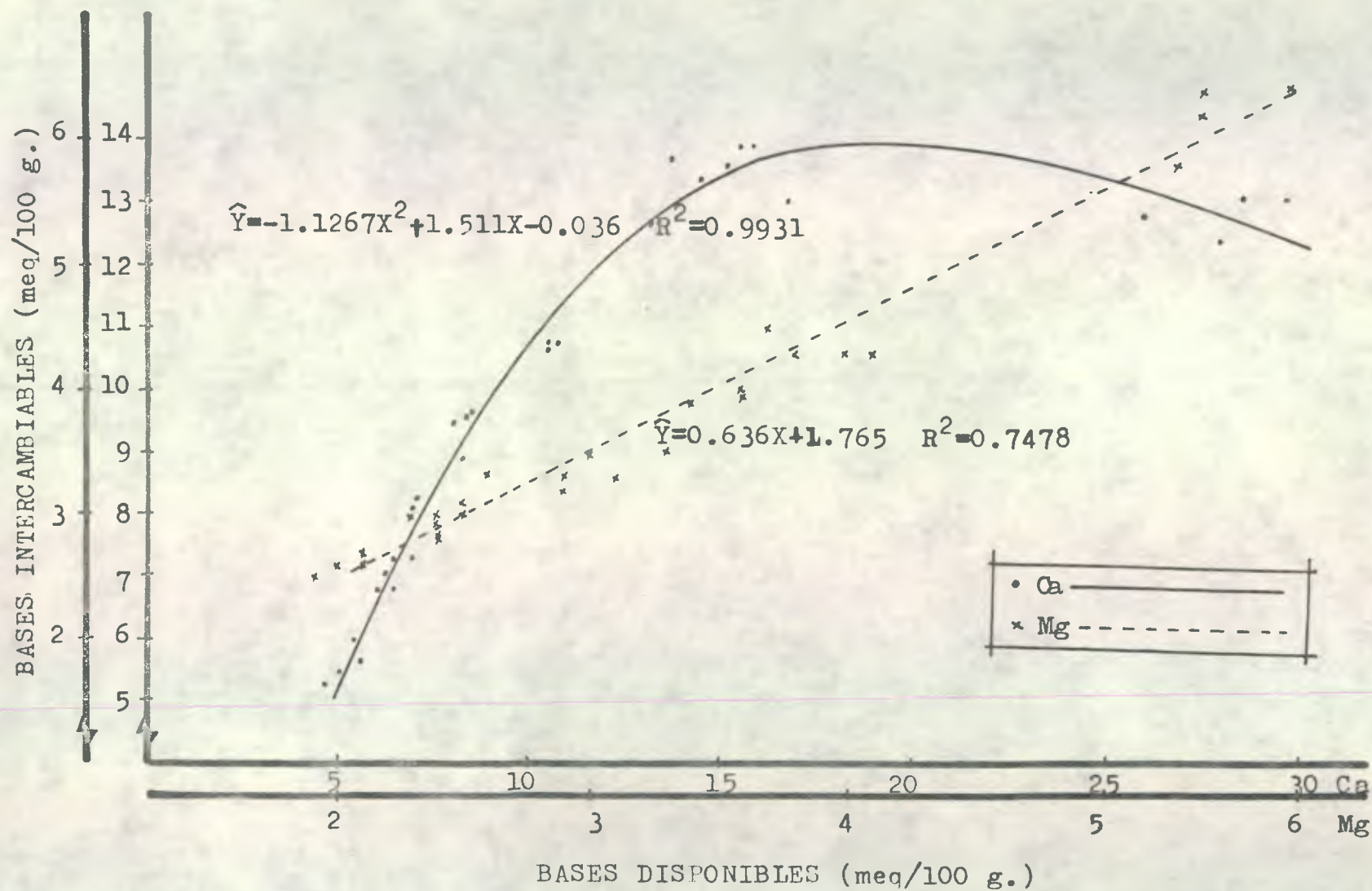
GRAFICA No. 13

Efecto de la enmienda sobre cationes intercambiables.



GRAFICA No. 14

Relación entre Bases disponibles y Bases intercambiables.



conforme se aplican los niveles de enmienda se va llegando a la saturación del suelo a partir del cual el suelo ya no puede seguir intercambiando y todo lo aplicado en exceso se hace disponible.

Tomando en cuenta el bajo CTI que posee el suelo y el %SB que debe cubrir el Calcio intercambiable, puede apreciarse que los mejores tratamientos resultaron ser de 4 y 6 meq de Ca / Mg aplicados (C_2 y C_3 respectivamente).

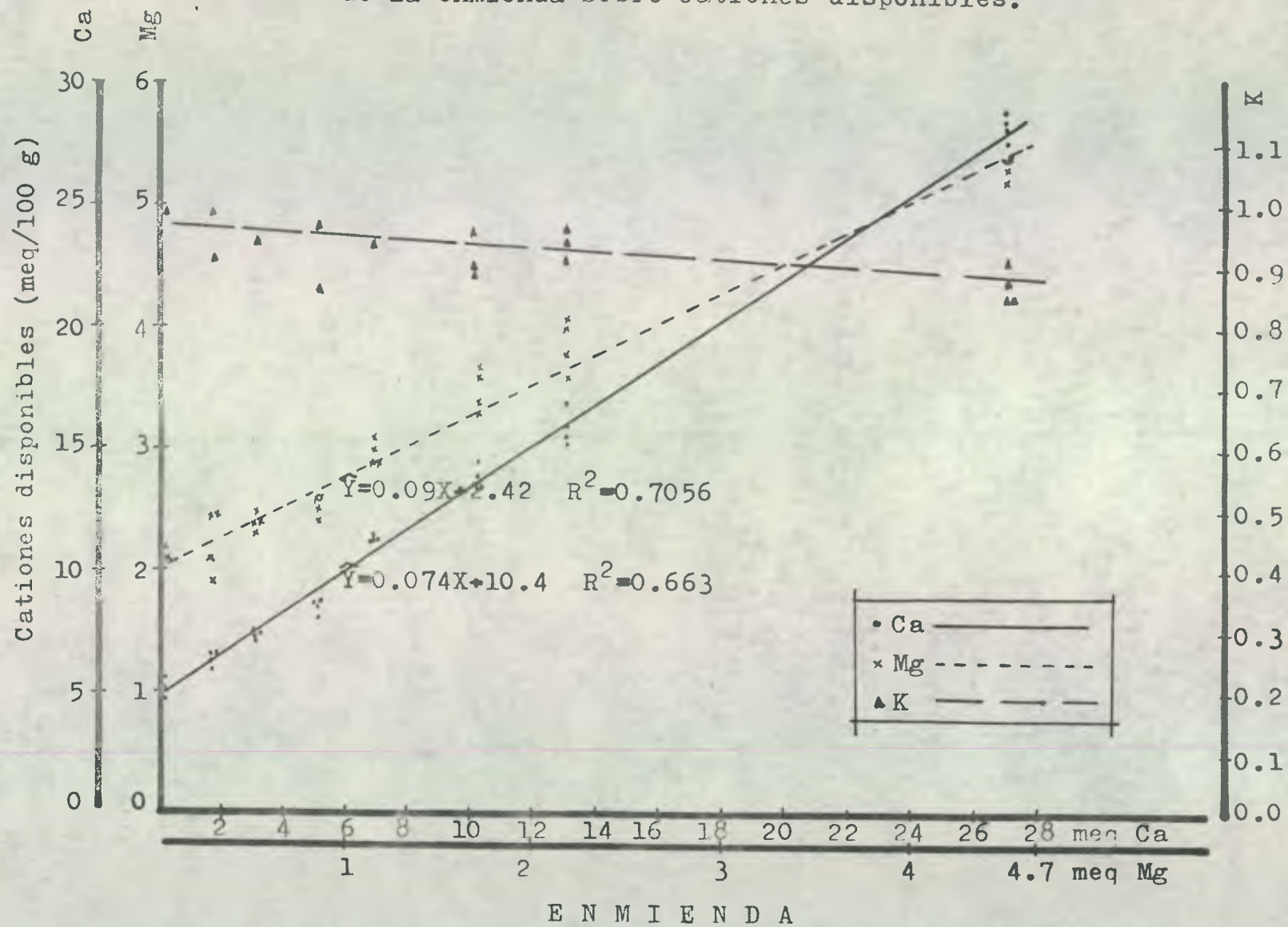
b.) Calcio disponible

Puede observarse un aumento uniforme del Calcio disponible (ver gráfica No. 15). El valor original era de 4.8 meq/100 gr., pudiéndose alcanzar un nivel de 29.9 meq con el máximo tratamiento de Calcio (27.43 meq/100 grs).

La gráfica No. 14 muestra como el Calcio intercambiable y el disponible guardan una relación ascendente - hasta que el Calcio intercambiable alcanza un valor de 14 meq/100 grs, a partir del cual el Calcio disponible aumenta deliberadamente, mientras el intercambiable se estabiliza o mantiene.

GRAFICA No.15

Efecto de la enmienda sobre Cationes disponibles.



Esto sucede debido a la saturación a que que se lleva el suelo, por el bajo CTI - que posee en donde ya no puede intercambiarse más Calcio, y al hacer nuevas aplicaciones, todo el Calcio aplicado se vuelve disponible. Los tratamientos que cumplen con un nivel de Calcio disponible adecuado, son los de 4 y 6 meq de Ca / Mg (C_2 y C_3) respectivamente.

En el análisis estadístico se observa que para el Calcio disponible, tanto los tratamientos de cal como de Fósforo tienen significancia; (con 5% de probabilidad de error) mientras que para el Calcio intercambiable únicamente muestran - alta significancia los tratamientos de - Cal, y con los tratamientos de Fósforo no existe significancia, pudiéndose atribuir ésto a que el elemento Fósforo se fija únicamente con partículas de Calcio disponible y no así con Calcio intercambiable.

Se obtuvo una alta significancia de los tratamientos de Calcio más Magnesio respecto del testigo.

6.2.3. El Magnesio

Al igual que el Calcio, el Magnesio muestra dos fases de comportamiento:

a.) Magnesio intercambiable

De un valor original de 2.6 meq/100

gr de Calcio intercambiable, se logró elevar hasta un valor de 6.4 meq con el máximo tratamiento de cal (4.57 - meq de Mg) (ver gráfica No. 13). El comportamiento del Magnesio intercambiable con respecto del Calcio intercambiable puede observarse en la gráfica No. 13, en donde el aumento del Magnesio intercambiable se acompaña con niveles permanentes de Calcio intercambiable.

Para mantener una relación adecuada con el mejor nivel de Calcio intercambiable obtenido, se puede determinar que el nivel de Magnesio intercambiable se alcanza con los tratamientos C_2 y C_3 (4 y 6 meq de Ca / Mg /100 grs respectivamente).

b.) Magnesio disponible

Conforme la gráfica No. 15 se puede observar el comportamiento del Magnesio disponible que aumenta con todos los tratamientos de cal efectuados; - partiendo de un nivel original de 2.0 meq/100 grs a un nivel de 6.0 meq alcanzado con el máximo tratamiento de Magnesio (4.57 meq aplicados)

Conforme el análisis estadístico se pudo encontrar que para el Magnesio

intercambiable existe una alta significancia (probabilidad de error: 5%) con los tratamientos de cal y Fósforo, no así para el Magnesio disponible, en el cual únicamente se presenta una alta significancia con los tratamientos de cal.

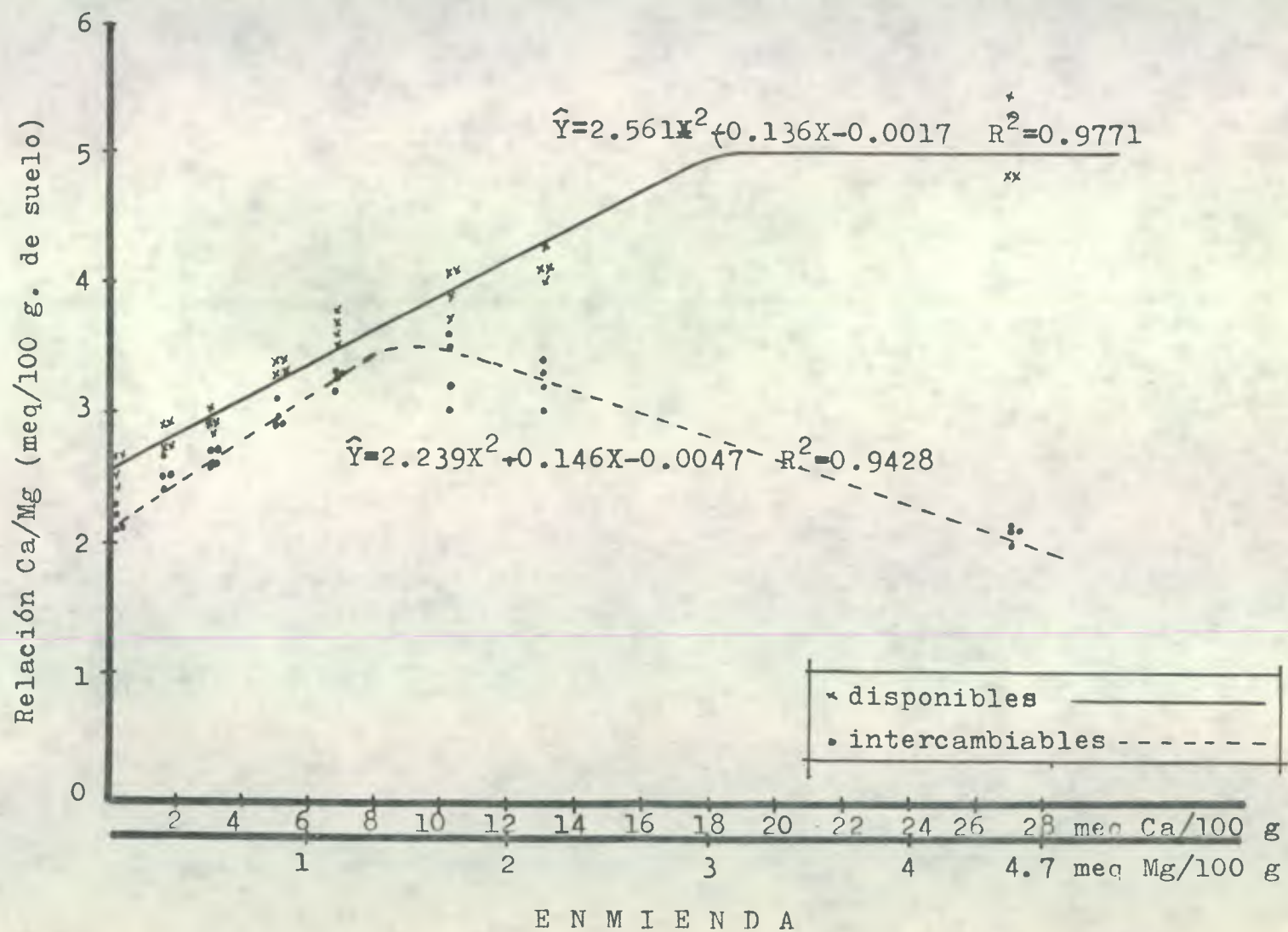
En el Magnesio disponible resultaron significativos únicamente los cuatro últimos tratamientos de cal con respecto del testigo, así como no se encuentra significancia entre cada uno de los tratamientos. El Magnesio intercambiable muestra una alta significancia de tratamientos con cal con respecto del testigo, exceptuando el primer tratamiento en el cual no se observa significancia.

6.2.4. Relaciones

Analizando la gráfica No. 16 puede observarse que la relación que guardan los valores originales es de 2.1:1 en cuanto a Ca/Mg intercambiables se refiere, mostrando un comportamiento uniforme de acuerdo a la enmienda aplicada, pero al llegar al último tratamiento la relación se equilibra a favor del Magnesio, por el problema del bajo CTI que posee el suelo, llegándose a obtener una relación de 3.2:1, mostrando de esta manera el comporta-

GRAFICA No. 16

Efecto de la enmienda sobre la Relación Calcio/Magnesio.



miento no adecuado en la relación Ca/Mg intercambiables.

La gráfica No. 16 muestra la relación que guarda el Calcio y el Magnesio disponibles. De un valor original de 2.4:1 se logró aumentar el nivel de 5.5:1 valor que se alcanza con el máximo tratamiento de cal (32 meq de Ca/Mg por 100 grs) Puede estimarse, como partiendo de una relación de enmienda de 6:1 puede lograrse una relación adecuada de Ca/Mg igual a 4:1. Se puede estimar que la mejor relación Ca/Mg se logra con los tratamientos C₄ y C₅ (8 y 12 meq de Ca/Mg/100 gr aplicados respectivamente) (ver gráfica No. 16).

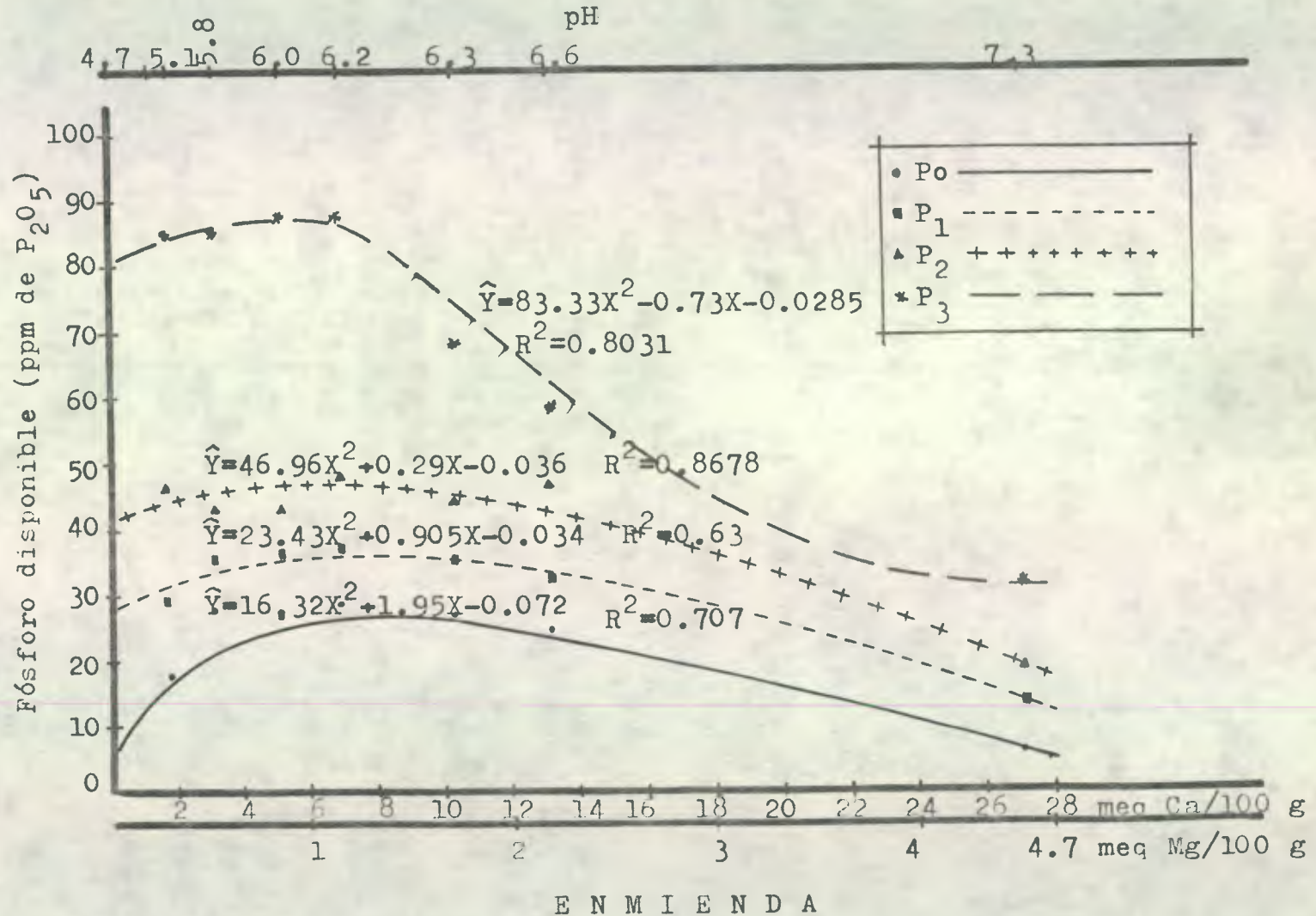
6.2.5. El Fósforo

El comportamiento del Fósforo asimilable con respecto de los niveles de enmienda realizados puede observarse en la gráfica No. 17. Aquí se aprecia el comportamiento de cada uno de los tratamientos de Fósforo realizados según cuadro - No. 4.

Se puede observar que la disponibilidad de Fósforo aumenta conforme se realizan las enmiendas de cal, hasta llegar a un nivel de 8 meq/100 gr, a partir de es

GRAFICA No. 17

Efecto de la enmienda sobre el Fósforo disponible en el suelo y la Relación entre pH y Fósforo disponible.



te tratamiento el Fósforo disponible decrece, debido a la fijación del mismo. Se observa que de un nivel original de 4.5 ppm de Fósforo disponible en el suelo, se elevó a un nivel de 29 ppm, únicamente con aplicaciones de cal.

Respecto a los tratamientos de Fósforo realizados, se pudo observar la respuesta en el suelo, elevándose el nivel de la disponibilidad de este elemento en el suelo.

Las aplicaciones de enmienda, rigen el comportamiento del Fósforo haciéndolo más disponible o bien fijándolo, pues con el exceso de Calcio más Magnesio la disponibilidad del Fósforo disminuye, incluso a un nivel menor que el encontrado originalmente.

La gráfica No. 17 muestra como la disponibilidad del Fósforo se comporta con el aumento del pH debido a las aplicaciones de cal), observándose que de 4.7 a 5.1 y de 6.9 en adelante de pH, el nivel de Fósforo es bajo. No así entre pH de 5.1 a 6.9, rango en el cual el Fósforo se mantiene disponible, alcanzándose los niveles más altos de disponibilidad.

La mayor disponibilidad del Fósforo coincide con las enmiendas de 4,

6 y 8 meq/100 gr (C_2 , C_3 y C_4) respectivamente). Mientras que el mejor tratamiento de Fósforo es el de 25 ppm de Fósforo aplicado (P_1), manteniéndose así los niveles adecuados de disponibilidad de Fósforo el suelo.

El análisis estadístico demuestra una alta significancia, (5% de error) tanto de los tratamientos de cal como de los de Fósforo. Se obtuvo que entre los tratamientos de cal no existe significancia, mientras que entre los tratamientos de Fósforo sí existe tal significancia, a la vez que se obtiene en estos últimos una alta significancia de los tratamientos con respecto del testigo.

6.2.6. Plantas indicadoras de tomate

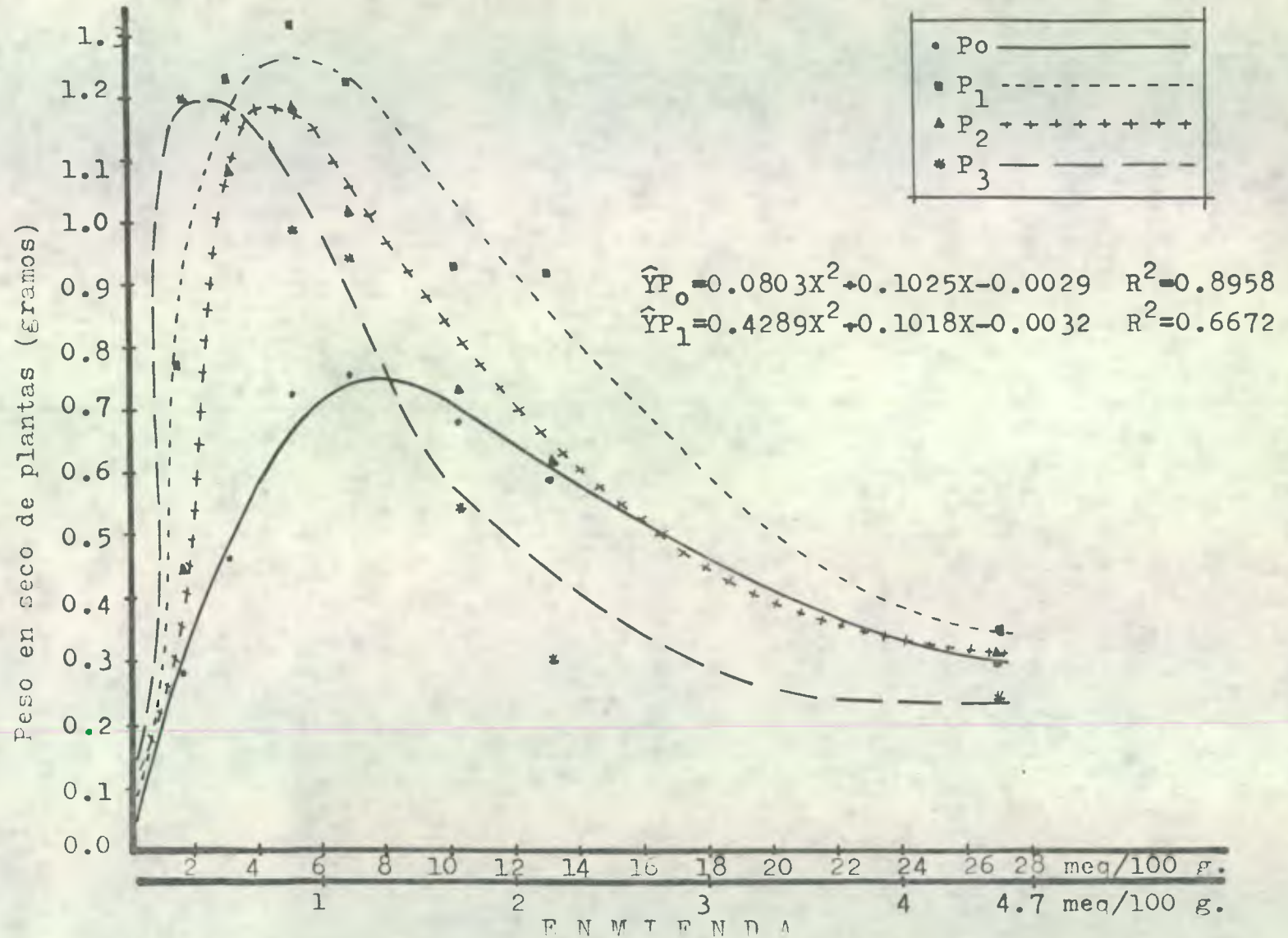
a.) Peso de las plantas secadas al horno:

Se observa un aumento en peso por planta, tanto por los tratamientos de Calcio más Magnesio como por los de Fósforo. Se observó un incremento en peso de plantas hasta con 6 meq/100 grs. de enmienda (C_3), a partir del cual el peso empieza a disminuir (ver gráfica No. 18)

Los tratamientos de cal que dan un mayor peso por planta son los de 4

GRAFICA No. 18

Efecto de la enmienda sobre el peso de plantas.



y 6 meq/100 gr aplicados (C_2 y C_3) independientemente el tratamiento con 25 ppm de Fósforo resulta ser el favorable para el incremento en peso.

El análisis estadístico demuestra - respuesta significativa, (con 5% de probabilidad de error) tanto para los tratamientos de cal, como para los de Fósforo. Todos los tratamientos de cal resultaron ser mejores que el testigo, excepto el último tratamiento (32 meq de cal aplicada); y todos los tratamientos de Fósforo son más significativos que el testigo.

b.) Altura de Plantas

Tanto los tratamientos de Fósforo como los de Calcio más Magnesio, influyen en la altura de las plantas (ver fotografías Nos. 5 y 6).

El crecimiento en altura de las plantas aumenta hasta con 6 meq de enmienda aplicada, a partir de la cual empieza a disminuir. Las plantas alcanzan su mayor altura con el tratamiento de 6 meq de Ca/Mg/100 gr y con el tratamiento de 100 ppm de Fósforo aplicado (ver gráfica No. 19).

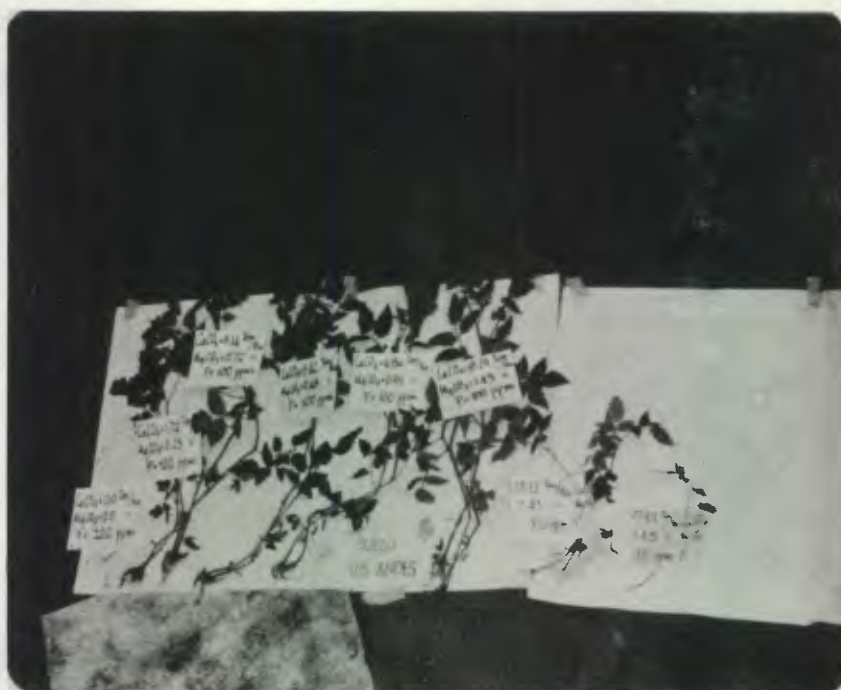
El análisis estadístico demuestra una alta significancia para la altura de

FOTOGRAFIA No. 5



Plantas mostrando los cuatro diferentes tratamientos de Fósforo y un solo nivel de Calcio más Magnesio, donde se puede observar el crecimiento en altura de las plantas conforme las aplicaciones de Fósforo y un buen nivel de encalado.

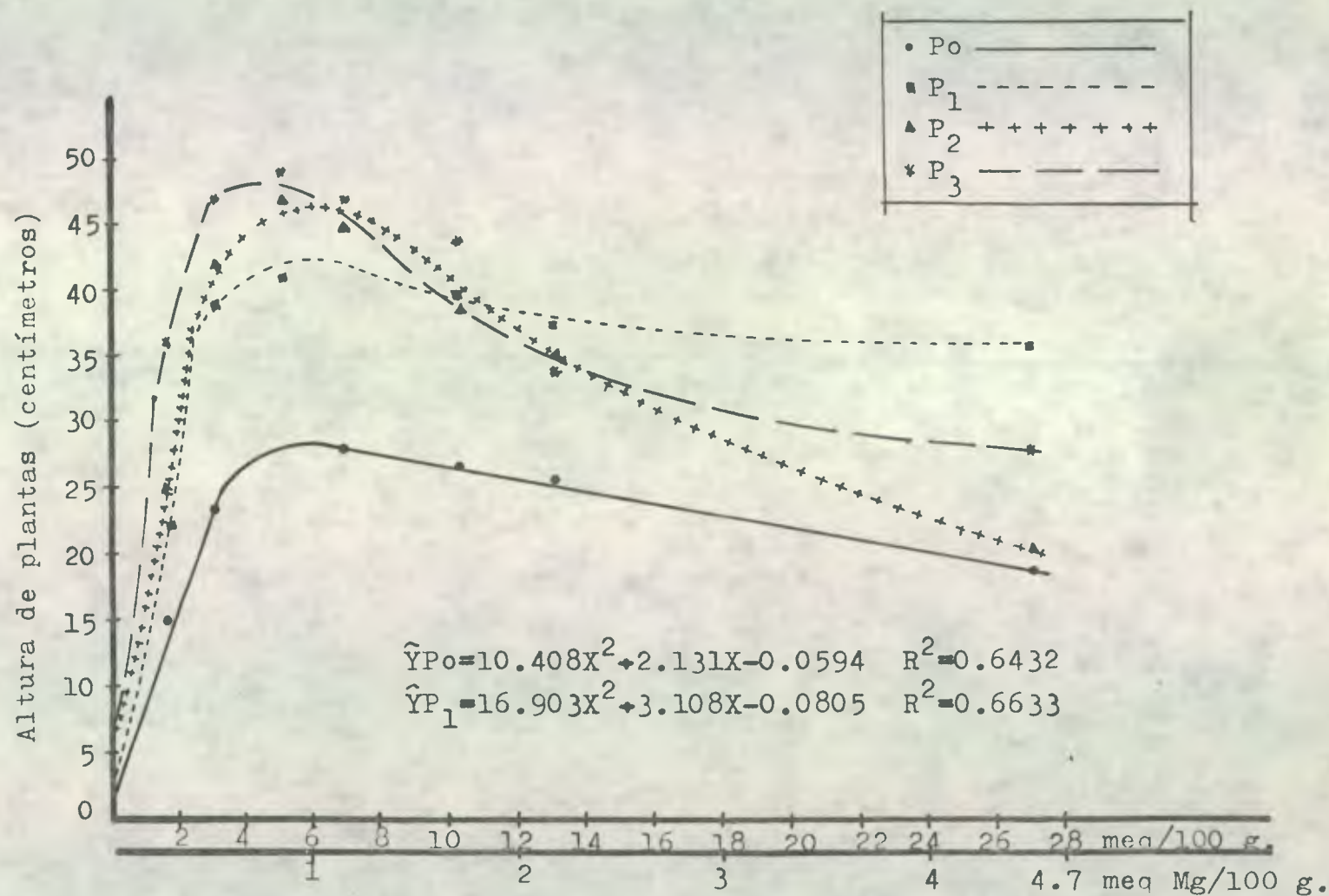
FOTOGRAFIA No. 6



Plantas de tomate mostrando los diferentes tratamientos de Calcio más Magnesio con un mismo nivel de Fósforo, en las cuales puede observarse el crecimiento en altura de las plantas, conforme el encalado, notándose que suelos ácidos como con exceso de cal no permiten el desarrollo de las mismas.

GRAFICA No. 19

Efecto de la enmienda sobre la altura de plantas.



plantas, tanto del Fósforo como los tra
tamientos de cal efectuados. Así como
se obtiene una respuesta significativa
de los tratamientos de Fósforo y cal -
con respecto del testigo.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

7.1.1. Suelo York

- a.) El pH de este suelo se logró incrementar de 4.8 (ácido) a pH 6.7 (prácticamente - neutro) con una enmienda de 8 meq/100 g., equivalentes a 6.86 toneladas de Carbonato de Calcio más 0.95 toneladas de Carbonato de Magnesio.
- b.) Con 8 meq de enmienda se alcanza la saturación del suelo de bases intercambiables (100%SB) partiendo del nivel original del suelo de 48%SB.
- c.) El nivel óptimo del Calcio intercambiable para este suelo (9.2 meq/100 g de suelo), tomando en cuenta el bajo CTI que posee y de acuerdo a la saturación por bases, se alcanza con 6 meq de enmienda.
- d.) A partir de 16 meq de enmienda ya no existe intercambio de Calcio quedando todo en forma disponible; situación que se presenta por el bajo CTI que posee este suelo.
- e.) El Magnesio intercambiable da un valor de 2.3 meq/100 g con 6 meq de enmienda, teniendo para este mismo valor de enmienda una relación Ca/Mg intercambiables equivalente a 4:1.

f.) Tanto el Calcio como el Magnesio disponibles alcanzan su nivel óptimo en el suelo (11.3 y 3.8 respectivamente) con 6 meq de enmienda, guardando a la vez su relación de 4:1 considerada como favorable dentro del suelo.

g.) El Fósforo disponible puede llegar de 4.8 a 25 ppm de P_2O_5 , al aplicarle una enmienda de 6 meq/100 g de suelo, a partir de la cual disminuye la disponibilidad de este elemento por formación de complejos insolubles, a la vez se induce la carencia del elemento Boro.

7.1.2. Suelo Los Andes

a.) El pH inicial de este suelo era de 4.7, lográndose elevar a un pH de 6.6 con una enmienda de 16 meq/100 g, equivalentes a 13.12 Tons. de Calcio y 2.41 Tons. de Magnesio, ambos en forma de carbonato.

b.) Con 8 meq de enmienda se alcanza el 100% de saturación de bases en el suelo teniendo 67% originalmente.

c.) El nivel óptimo de Calcio intercambiable para éste suelo se alcanza con 8 meq de enmienda (6.86 Tons de $CaCO_3$ y 0.95 Tons. de $MgCO_3$).

- d.) A partir de 16 meq de enmienda, ya no se observa intercambio de Calcio, tendiendo a ser todo disponible, debido al CTI.
- e.) El Magnesio intercambiable era de 2.6 - meq/100 g, y con 12 meq de enmienda (1.43 Ton de $MgCO_3$) da un valor de 4 meq/100 - g, lográndose en este mismo valor de enmienda una relación Ca/Mg intercambiables e equivalentes a 3.4:1 y la relación Ca/Mg disponibles igual a 4:1.
- f.) El Fósforo disponible va de acuerdo a el pH del suelo según la enmienda hecha, así tenemos que se alcanza un valor de 27 ppm de Fósforo con una aplicación de 6 meq de enmienda en el tratamiento de 25 ppm de - Fósforo, a partir del tratamiento P_1 empieza a disminuir la disponibilidad de este elemento.

7.1.3. Integrales

- a.) Las aplicaciones de Calcio más Magnesio inciden en el aumento del pH, %SB, Ca y Mg - intercambiables y/o disponibles, Fósforo - disponible en el suelo, así como en peso y altura de plantas.
- b.) Las aplicaciones de Fósforo inciden en la cantidad de Fósforo disponible en el suelo, así como en peso y altura de plantas.

- c.) A mayor CTI de un suelo, tanto más diffi
cil es corregir el pH y mayor problema
para guardar una relación Ca/Mg deseada.
- d.) En suelos con alto CTI, existe menor fi
jación de Fósforo.
- e.) El Aluminio intercambiable, respónsable
de la acidez, desaparece conforme se rea
lizan las incorporaciones de cal (C₁)

7.2. Recomendaciones

7.2.1. Suelo York

- a.) Conforme las aplicaciones efectuadas de
Calcio más Magnesio, se recomienda incorpor
par de 6 a 8 toneladas/Ha, en forma de
Carbonato, en la relación que mas se adapte
al suelo a enmendar.
- b.) La siembra de un cultivo deberá efectuarse
después de un período de por lo menos
45 días después de incorporada la cal.
- c.) La fertilización con elementos mayores -
(N-P-K) debe ir de acuerdo al CTI y %SB
que presente el suelo, a la vez que debe
hacerse al momento o después de efectuada
la siembra.
- d.) La fertilización con Fósforo es aconsejable
hacerla en cantidades no mayores de
25 ppm de Fósforo, para evitar la forma-

ción de compuestos insolubles e inaprovechables por la plantas.

- e.) La práctica de encalado y fertilización no pueden hacerse en forma total, debido a la baja capacidad de intercambio catiónico que posee el suelo (CTI= 12.8 meq/100 g de suelo), pudiéndose efectuar en forma fraccionada la fertilización, conforme el ciclo del cultivo.

7.2.2. Suelo Los Andes

- a.) Se recomienda incorporar de 8 a 12 toneladas de Calcio más Magnesio en forma de Carbonato, en relación que mejor considere.
- b.) Se realicen las fertilizaciones pertinentes al cultivo 45 días después de incorporada la cal, teniendo el cuidado de controlar el porcentaje de saturación por bases conforme el CTI del suelo.
- c.) La fertilización con Fósforo debe hacerse en cantidades no mayores a 25 ppm de Fósforo puro.
- d.) Es aconsejable fraccionar la fertilización, conforme el ciclo del cultivo, debido a la baja capacidad de intercambio que posee el suelo (CTI = 16 meq/100 g. de suelo).

7.2.3. Recomendaciones Generales

- a.) Para la práctica de encalado, en los suelos del area de estudio se recomienda aplicar 2 Ton/Ha el primer año y 1 Ton. adicional por año, tomando en cuenta la textura, y debiendo controlar el pH y los nutrientes disponibles en el suelo.
- b.) Considerar la posibilidad en incorporar áreas de suelos ácidos, para el establecimiento de producción de cultivos y observar la -residualidad de la enmienda por un tiempo no menor a un año.
- c.) Llevar el presente trabajo a ensayo de campo e investigar de acuerdo a los resultados del presente trabajo.
- d.) Estudiar la respuesta al encalado en distintas series de suelos y/o regiones con suelos ácidos de Guatemala.
- e.) Determinar la cantidad, calidad y rendimiento, de los diferentes materiales de enmienda que se encuentran en el mercado.

VIII BIBLIOGRAFIA

1. ABRUÑA, F. ; PEARSON, R. y PEREZ, R. Respuesta del maíz y del frijol al encalamiento en oxisoles y ultisoles de Puerto Rico. In Manejo de Suelos de la América tropical. North Carolina State, University of Soils of the Tropic, 1975. 582 p.
2. ANDERLINI, R. El cultivo del tomate. 3a ed. Madrid, Mundiprensa, 1976. 211 p.
3. BOCHECIAMP, R.A. Estudio de suelos en la parte Noroeste del departamento de Izabal, Guatemala, - USDA/INTA, 1967. 151 p. (Inédito)
4. BROLO LUNA, J.C. Evaluación preliminar del contenido de Fósforo y Potasio disponibles en los suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía 1976. 50 p.
5. DROSDOFF, M.; AUBERT, G. y COULTER, J.K. Suelos de las regiones tropicales húmedas. Buenos Aires, Marymar, 1974. p. 171-187.
6. ESTADOS UNIDOS, DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA. El encajado de los suelos. 2a. ed. México, Centro Regional de Ayuda Técnica/Agencia para el Desarrollo Internacional, 1970. 35 p.
7. FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en América Latina. San José, Costa Rica, IICA/OEA, 1978. 398 p.
8. FOLQUER, F. El tomate; estudio de la planta y su producción comercial. Buenos Aires, Hemisferio Sur, 1976. 104 p.
9. GAUCHER, G. El suelo y sus características agronómicas. Barcelona, OMEGA, 1971. 647 p.

10. GONZALES SPILLARI, J.A. Evaluación de la fijación y disponibilidad de Fósforo en 14 series de suelos de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1970. 31 p.
11. GUATEMALA, MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS/ INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Atlas geográfico nacional. Guatemala, 1962.
12. GUDIEL, V.M. Manual agrícola Superb. 4a ed. Guatemala, Superb, 1974-75. 151 p.
13. MILLAR, C.E.; TURK, L.M. y FOTH, H.D. Fundamentos de la ciencia del suelo. México, CECSA, 1975 527 p.
14. MIYARES JORDAN, R.E. Evaluación preliminar de los suelos de Guatemala en cuanto a su acidéz y alcalinidad. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1977. 56 p.
15. PERDOMO, R. y HAMPTON, H.E. Ciencia y Tecnología del suelo. Guatemala, Centro de Producción de Materiales de la Universidad de San Carlos 1970. 366 p.
16. SCHARRER, R. Química agrícola Nutrición de las Plantas, suelos y fertilizantes. México, UTEHA, 1960. v.1: 173 p.
17. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M. y PINTO, J.H. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Guatemala, José de Pineda Ibarra, 1959. 1000 p.
18. TAMHANE, R.V.; MOTIRAMANI, D.P. y BALI, Y.P. Suelos: su química y su fertilidad. México, Diana, 1978. 483 p.

19. Tarjetas de control de estaciones metereológicas de Guatemala. Guatemala, INSIVUMEH, 1970-1975.
20. TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. México, CECSA, 1976. 510 p.
21. THOMPSON, L.M. El suelo y su fertilidad. Barcelona Riverté, 1976. 409 p.
22. TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, Montaner y Simon, 1970. 760 p.
23. TOBIAS VASQUEZ, H.A. Efectos del encalado en suelos ácidos de Izabal. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. 68 p.
24. U.S.A., NATIONAL PLANT FOOD INSTITUTE. Manual de fertilizantes. 2a ed. México, Limusa, 1974 292 p.
25. YUFERA, P.E. y CARRASCO, J.M. Química agrícola. Suelos y Fertilizantes. Madrid, Alhambra, 1973. v.1: 470 p.



30.6.0
[Handwritten signature]

IX ANEXO

9.1 Factores de Conversión

En el presente ensayo se utilizó como fuente de enmienda el Carbonato de Calcio (CaCO_3), pudiéndose utilizar en la práctica óxido o bien hidróxido de Calcio (CaO y Ca(OH)_2 respectivamente), presentando a continuación las conversiones necesarias.

$\text{MgCO}_3 = 119\%$ de CaCO_3 (no recomendable)

CaO (cal viva) = 179% de CaCO_3

$\text{Ca(OH)}_2 = 135\%$ de CaCO_3

9.2. Tablas de Resultados de los suelos utilizados en el ensayo (ver hojas siguientes)

DETALLE DE LOS TRATAMIENTOS DEL CULTIVO DE LA YERBA

Tratamientos	C10	C0P1	C0P2	C0P3	C1P0	C1P1	C1P2	C1P3	C2P0	C2P1	C2P2	C2P3	C3P0	C3P1	C3P2	C3P3	C4P0	C4P1	C4P2	C4P3	C5P0	C5P1	C5P2	C5P3	C6P0	C6P1	C6P2	C6P3	C7P0	C7P1	C7P2	C7P3
Carbohidrato asimilable (ppm)	4.5	11.7	44.4	51.7	21.7	33.8	45.7	37.5	24.3	30.0	47.3	74.7	74.0	39.5	50.0	65.0	27.1	30.6	42.3	75.0	72.9	35.7	45.0	84.2	17.3	27.7	40.5	49.0	6.6	13.3	16.3	37.8
Carbohidrato disponible (ppm)	373	402	347	383	400	323	357	338	375	313	340	328	383	323	363	335	390	335	370	370	380	380	363	390	347	337	348	342	330	337	335	330
Carbohidrato disponible (meq/grs)	4.5	5.5	4.3	5.0	6.0	5.0	6.1	6.1	7.0	6.5	7.5	7.6	8.2	8.0	9.4	8.8	10.0	9.2	11.0	11.6	11.9	12.7	14.4	13.9	15.1	15.0	15.5	15.5	26.1	28.3	29.1	27.7
Carbohidrato disponible (g/1000000)	1.4	1.5	1.4	1.4	1.6	1.3	1.7	1.6	1.8	1.6	1.9	2.0	1.9	1.9	2.1	1.9	2.2	2.1	2.4	2.7	2.8	2.8	3.3	3.4	2.6	2.6	2.8	3.0	4.4	4.6	4.6	4.6
Calcio	4.68	4.6	4.27	4.99	8.3	6.03	6.18	5.79	7.47	7.03	8.03	7.28	8.23	8.6	9.15	9.38	9.7	9.23	9.66	10.4	10.5	10.8	11.4	11.1	11.2	10.1	10.9	10.6	9.65	8.77	10.4	9.2
Magnesio	1.55	1.52	1.43	1.71	2.28	1.67	1.77	1.75	2.05	1.82	2.03	2.0	2.1	2.08	2.35	2.36	2.32	2.2	2.46	2.7	3.03	3.03	3.51	3.31	3.02	3.22	3.17	3.2	4.82	4.67	5.35	5.22
Fosforo	0.7	0.69	0.54	0.61	0.9	0.66	0.59	0.54	0.74	0.62	0.55	0.52	0.73	0.64	0.59	0.57	0.74	0.65	0.59	0.61	0.73	0.72	0.60	0.64	0.71	0.70	0.71	0.69	0.71	0.72	0.73	0.70
Nitrogeno	0.16	0.29	0.34	0.48	0.17	0.27	0.33	0.39	0.16	0.27	0.37	0.45	0.18	0.32	0.41	0.38	0.19	0.29	0.33	0.49	0.18	0.28	0.36	0.40	0.27	0.30	0.33	0.40	0.32	0.38	1.38	0.47
Porcentaje de materia seca por planta (g/1000000)	70	40	63	68	79	71	70	71	83	86	100	76	91	68	90	92	89	107	103	140	114	111	143	113	143	132	125	131	144	131	151	139
Porcentaje de materia seca por planta (g/1000000)	0.11	0.35	0.24	0.62	0.14	0.85	0.48	0.69	0.16	0.86	0.66	1.00	0.30	0.71	0.53	1.05	0.18	0.64	0.40	0.45	0.16	0.60	0.72	0.20	0.32	0.25	0.72	0.35	0.23	0.20	0.24	0.19
Porcentaje de plantas (en gramos)	6.0	5.0	29	19.7	21.3	43	38.3	39	18	50.7	48.3	43.3	22.3	45.3	41.3	46.1	12.3	39.5	30.1	32	13	16.8	31.1	10.1	30.2	21	20.1	24.3	19.5	16.1	19.8	17.7

Relación de los Tratamientos: ver cuadros A 3 y 4.

Los datos de altura fueron suministrados por el Laboratorio de Nutrición Vegetal de I. A.

RESULTADOS DEL ANALISIS FOLIAR DE LAS PLANTAS DEL SUELO YORK **

ELEMENTOS TRATAMIENTOS	%					P P H			
	P	Ca	Mg	K	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
CoPo	0.35	0.58	0.23	0.75	0.069	500	34	54	240
CoP ₁	0.24	2.00	0.54	3.54	0.253	1100	48	104	810
CoP ₂	0.30	2.08	0.67	3.60	0.379	2100	86	104	1120
CoP ₃	0.35	2.04	0.55	3.00	0.365	1700	44	94	150
C ₁ Po	0.05	1.42	0.47	1.38	0.069	900	34	58	240
C ₁ P ₁	0.24	2.36	0.62	3.90	0.276	1100	38	108	410
C ₁ P ₂	0.33	2.40	0.68	4.26	0.356	1000	38	90	530
C ₁ P ₃	0.35	2.36	0.61	3.48	0.425	1400	42	82	540
C ₂ Po	0.14	3.80	1.23	2.64	0.138	1500	62	146	730
C ₂ P ₁	0.31	2.60	0.68	3.84	0.264	2600	54	104	420
C ₂ P ₂	0.35	2.60	0.72	2.07	0.333	1400	50	104	450
C ₂ P ₃	0.30	2.56	0.73	1.89	0.437	1200	34	110	320
C ₃ Po	0.17	3.60	1.15	2.94	0.138	1300	50	142	490
C ₃ P ₁	0.28	2.32	0.58	3.84	0.253	2200	32	80	430
C ₃ P ₂	0.30	2.68	0.78	4.32	0.333	1600	32	104	480
C ₃ P ₃	0.35	2.52	0.64	3.84	0.425	2100	34	80	370
C ₄ Po	0.07	1.82	0.61	1.89	0.086	250	14	120	370
C ₄ P ₁	0.28	2.80	0.75	4.14	0.264	1500	26	102	290
C ₄ P ₂	0.30	3.20	0.79	4.32	0.345	900	22	104	410
C ₄ P ₃	0.36	2.92	0.69	4.38	0.494	700	16	104	260
C ₅ Po	0.07	1.80	0.56	1.50	0.080	200	12	50	150
C ₅ P ₁	0.24	3.40	0.80	3.48	0.264	400	22	70	240
C ₅ P ₂	0.28	3.00	0.66	3.84	0.276	700	16	60	170
C ₅ P ₃	0.22	1.88	0.41	1.65	0.287	1400	42	38	170
C ₆ Po	0.17	3.20	0.91	3.36	0.167	860	44	126	200
C ₆ P ₁	0.42	3.16	0.63	3.30	0.207	800	36	98	160
C ₆ P ₂	0.45	3.28	0.68	3.18	0.253	770	32	98	145
C ₆ P ₃	0.47	2.76	0.62	3.42	0.333	2520	52	88	200
C ₇ Po	0.19	2.96	1.03	3.12	0.161	860	38	106	190
C ₇ P ₁	0.45	2.96	0.97	3.12	0.218	740	30	92	150
C ₇ P ₂	0.42	3.00	0.89	2.70	0.224	1200	48	100	160
C ₇ P ₃	0.55	2.84	1.00	3.18	0.379	1050	38	84	180

* Nomenclatura de los tratamientos: ver cuadros # 3 y 4.

** Los presentes análisis fueron efectuados por el Laboratorio de Nutrición vegetal de IITA.

DATOS PROMEDIOS DEL SUELO LOS ANDES

Tratamientos FACTORES		DATOS PROMEDIOS DEL SUELO LOS ANGELES																															
		Control	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈			
pH		4.9	4.9	4.7	4.7	5.0	5.1	5.1	5.2	5.6	5.8	5.8	5.8	5.8	6.0	6.0	6.0	6.2	6.3	6.1	5.9	6.1	6.4	6.2	6.5	6.6	6.3	6.6	6.7	7.1	7.2	7.4	7.3
Fósforo asimilable (ppm)		6.6	26.6	44.7	81.7	29	37.2	46.7	85.0	28.2	36.0	43.0	65.0	27.1	37.1	43.0	87.5	28.8	38.3	48.0	87.3	27.1	36.3	44.5	67.5	25.3	33.3	47.3	98.3	6.0	14.5	18.8	31.8
Potasio disponible (ppm)		390	407	417	412	407	387	400	353	367	313	310	277	378	297	287	335	368	317	317	323	375	323	350	348	365	357	375	425	331	353	333	343
Calcio disponible (meq/100 grs suelo)		4.8	5.2	5.5	5.7	6.5	6.4	6.5	6.1	7.1	7.0	7.0	7.0	8.6	8.5	8.1	8.4	10.9	10.9	10.8	10.8	13.8	14.6	13.5	13.4	16.0	16.9	15.3	15.6	29.9	28.8	28.1	26.1
Magnesio disponible (meq/100 grs de suelo)		2.0	2.1	2.1	2.2	2.3	2.4	1.9	2.1	2.5	2.4	2.4	2.3	2.6	2.4	2.5	2.9	3.1	2.9	3.0	3.0	3.4	3.7	3.3	3.6	4.0	4.1	3.6	3.8	5.4	6.0	5.3	5.4
Cationes intercambiables (meq/100 gr)	Calcio	5.27	5.47	6.00	5.67	6.80	7.13	7.27	6.77	8.27	7.73	7.30	8.13	9.70	9.57	9.50	8.87	10.8	10.8	10.7	10.9	13.7	13.4	12.8	12.7	13.9	13.1	13.6	13.9	13.1	12.4	13.1	12.8
	Magnesio	2.57	2.60	2.63	2.68	2.77	2.93	2.53	2.68	3.03	2.93	2.80	2.97	3.32	3.30	3.03	3.10	3.32	3.32	3.22	3.47	3.88	4.47	3.48	3.95	4.30	4.30	4.00	4.27	6.20	6.55	6.55	
	Sodio	0.35	0.46	0.43	0.54	0.41	0.43	0.47	0.62	0.52	0.63	0.48	0.59	0.48	0.47	0.50	0.51	0.57	0.58	0.48	0.64	0.63	0.73	0.57	0.64	0.64	0.61	0.59	0.92	0.30	0.41	0.40	0.52
	Potasio	0.83	0.84	0.87	0.84	0.80	0.80	0.84	0.74	0.75	0.69	0.67	0.65	0.83	0.66	0.64	0.64	0.82	0.70	0.68	0.69	1.03	0.73	0.73	0.76	0.85	0.83	0.85	1.01	0.77	0.78	0.76	0.78
Porcentaje de saturación por bases (%S)		67	72	75	66	72	60	62	81	65	72	67	92	86	91	77	96	94	90	90	100	119	122	104	100	114	126	118	123	139	155	162	146
Peso en seco por planta (gramos)		0.04	0.09	0.12	0.10	0.28	0.45	0.31	1.20	0.46	1.23	1.19	1.17	0.73	1.32	1.19	0.98	0.67	1.04	0.90	1.00	0.90	1.05	0.88	0.83	1.09	0.93	0.50	0.19	0.34	0.38	0.37	0.25
Altura de plantas (centímetros)		2.0	3.5	5.0	4.0	15.0	24.0	20.0	36.0	24.0	39.0	42.0	47.0	28.0	41.0	47.0	49.0	28.0	42.0	45.0	47.0	20.0	30.0	44.0	39.0	26.0	38.0	34.0	13.0	19.0	36.0	20.0	28.0

Nomenclatura de los Tratamientos: ver cuadros # 3 y 4.

• Los resultados presentes fueron efectuados por el Laboratorio de Nutrición Vegetal de ICIA.

RESULTADOS DEL ANALISIS FOLIAR DE LAS PLANTAS DEL LUGO LOS ANDES

ELEMENTOS TRATAMIENTOS	%					P P M			
	P	M	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
CoPo	0.33	0.58	0.20	0.12	0.070	560	35	54	245
CoP ₁	0.25	3.54	2.01	0.54	0.253	1000	40	95	765
CoP ₂	0.24	3.40	2.40	0.67	0.356	1190	83	95	1200
CoP ₃	0.35	3.00	2.04	0.54	0.365	1700	44	58	225
C ₁ Po	0.16	3.06	2.52	1.08	0.230	2960	82	156	390
C ₁ P ₁	0.28	3.66	2.24	0.73	0.310	3120	48	76	170
C ₁ P ₂	0.38	4.14	2.24	0.66	0.368	1600	52	60	110
C ₁ P ₃	0.45	4.26	2.52	0.69	0.437	1500	48	68	110
C ₂ Po	0.17	3.30	3.20	1.46	0.161	780	40	124	290
C ₂ P ₁	0.33	3.90	2.40	0.75	0.310	1040	58	70	170
C ₂ P ₂	0.36	3.78	2.12	0.64	0.345	1640	32	68	170
C ₂ P ₃	0.45	4.02	2.48	0.70	0.402	670	22	66	110
C ₃ Po	0.07	1.50	1.56	0.64	0.138	280	126	52	150
C ₃ P ₁	0.30	3.42	2.60	0.97	0.575	1740	112	94	400
C ₃ P ₂	0.26	3.66	2.32	0.80	0.632	1560	76	96	230
C ₃ P ₃	0.36	3.60	2.16	0.70	0.529	1460	88	76	200
C ₄ Po	0.14	3.42	2.60	1.09	0.207	1480	86	92	170
C ₄ P ₁	0.25	3.72	2.36	0.74	0.287	1720	76	74	100
C ₄ P ₂	0.38	4.08	2.36	0.70	0.333	1620	66	78	100
C ₄ P ₃	0.45	4.08	2.56	0.73	0.391	1340	76	64	90
C ₅ Po	0.19	3.60	2.52	0.89	0.195	1400	64	70	120
C ₅ P ₁	0.28	3.90	2.44	0.79	0.264	1240	62	66	80
C ₅ P ₂	0.45	4.30	2.20	0.62	0.322	1520	44	58	90
C ₅ P ₃	0.40	4.20	2.56	0.78	0.322	980	52	64	70
C ₆ Po	0.14	3.42	2.80	1.18	0.184	860	50	116	90
C ₆ P ₁	0.25	3.90	2.60	0.73	0.287	1040	40	200	70
C ₆ P ₂	0.40	4.38	2.64	0.68	0.287	830	38	54	65
C ₆ P ₃	0.42	4.20	2.48	0.68	0.391	1140	44	56	60
C ₇ Po	0.17	3.54	2.48	1.42	0.138	760	38	74	90
C ₇ P ₁	0.26	3.72	2.52	1.08	0.264	830	48	54	90
C ₇ P ₂	0.33	3.90	2.32	0.95	0.276	740	36	60	65
C ₇ P ₃	0.36	3.96	2.36	0.92	0.368	740	38	44	60

* Nomenclatura de los Tratamientos: ver cuadros # 3 y 4.

** Los presentes análisis fueron efectuados por el Laboratorio de Nutrición Vegetal de IOTV.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____

Asunto _____

PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
JURADO LEGAL
BIBLIOTECA CENTRAL

"IMPRIMASE"



DR. ANTONIO A. SANDOVAL S.
DECANO