

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Efectos del Encalado en Suelos Acidos de Izabal

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

Hugo Antonio Tobías Vásquez

EN EL ACTO DE SU INVESTIDURA COMO

Ingeniero Agrónomo

EN EL GRADO ACADEMICO DE

Licenciado en Ciencias Agrícolas

GUATEMALA, DICIEMBRE DE 1978

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central
Sección de Tesis

**TESIS DE REFERENCIA
NO
SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC**

R
01
T(329)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA

RECTOR

LIC. SAUL OSORIO PAZ

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano en Funciones	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal 1o.	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal 2o.	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 3o.	Ing. Agr. Sergio Mollinedo
Vocal 4o.	Br. Juan Miguel Inías
Vocal 5o.	P. Agr. Giovanni Reyes
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado C.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

Decano:	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador:	Ing. Agr. Sergio Mollinedo
Examinador:	Ing. Agr. Oscar González H.
Examinador:	Ing. Agr. Victor García H.
Secretario:	Ing. Agr. Ronaldo Prado



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

-Referencia

Numero

Guatemala, 10 de noviembre de 1978

Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Rodolfo Estrada González
PRESENTE

Apreciable Señor Decano:

Cumpliendo con la designación que nos hiciera el Decanato a su digno cargo, de manera atenta hacemos de su conocimiento que hemos asesorado al Perito Agrónomo HUGO ANTONIO TOBIAS VÁSQUEZ, en la ejecución de su tesis de grado titulada "EFECTO DEL ENCALDO EN SUELOS ACIDOS DE IZABAL".

Se presenta esta tesis como única en su género y quizá como la primera en la problemática que presentan los suelos ácidos de la zona de El Petén bajo. Consideramos que los resultados son halagadores y no solo dejan la base científica, sino - que despiertan una serie de inquietudes en la investigación de la respuesta y comportamiento de los suelos a las enmiendas correctoras.

Por lo anteriormente expuesto, el trabajo del P.A. Tobias Vásquez cumple con los requisitos que debe llenar una tesis de graduación a nivel superior y en consecuencia recomendamos que el mismo le sea aprobado para su defensa y discusión en el Examen General Público que el autor debe sustentar en el Acto de Graduación.

En lo particular, como Director del Departamento de Edafología, dejo constancia de que el Ing. Víctor Rolando Aragón Castillo, fue el motivador del presente trabajo quien siempre manifestó su inquietud por realizar tal investigación. Asimismo, como asesores es nuestro deseo expresar nuestra satisfacción por el entusiasmo y dedicación que el autor de esta tesis, el P.A. Tobias Vásquez manifestó durante la programación y ejecución del estudio a través de un año de trabajo.

.../



Referencia	
Asunto	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

-2-

Sin otro particular, nos es grato reiterar al Señor Decano nuestras muestras de consideración y aprecio.

"D. V. ENCLAVADO EN PAGES"

Ing. Salvador Castillo P.
ASESOR
Director Depto. de Edafología

Ing. Víctor Rolando Aragón
ASESOR
Catedrático de Suelos

/rpa.



Guatemala, Diciembre de 1978.

Honorable Junta Directiva

Honorable Tribunal Examinador

En base a las normas establecidas por la Universidad de San Carlos de Guatemala, someto a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "EFECTOS DEL ENCALADO EN SUELOS ACIDOS DE IZABAL"

Como requisito previo a optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando contar con la aprobación del mismo,

Respetuosamente.

P.A. Hugo Tobías Vásquez

TESIS QUE DEDICO

- A Dios
- A Mi patria GUATEMALA
- A La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Al Instituto Técnico de Agricultura
- A La Dirección General de Servicios Pecuarios
- A Mis Asesores:
Ing. Agr. Victor Rolando Aragón
Ing. Agr. Salvador Castillo O.

ACTO QUE DEDICO

A mis padres:

Roderico Tobías Samayoa
Julia Vásquez M.

A mis hermanos:

Vilma Haydee
Edda Soffa
María Evelia
Milton Roderico
Edgar Ranferí
Lilian Aracely
Julia Marleny

A mis abuelos

Evelia vda. de Tobías
Mardoqueo Vásquez O.
Sofía M. de Vásquez

A mi novia

Mayra Lisette Sánchez

A mis amigos,
especialmente a:

Ing. Agr. Jorge E. Sandoval
Ing. Agr. José Jesús Chonay
Lic. Héctor E. Meléndez G.

AGRADECIMIENTO

- A Los Ingenieros Agrónomos Victor Rolando Aragón y Salvador Castillo Orellana por sus valiosos y acertados consejos, sugerencias y atenciones que brindaron para la elaboración de ésta Tesis.
- Al Personal de los Laboratorios de Nutrición Vegetal del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), y de los Laboratorios de Suelos de la Unidad de Estudios y Proyectos de DIGESA, por su colaboración en los análisis de suelos.
- Al Instituto Geográfico Nacional (IGN) por la valiosa colaboración prestada para la realización de la fase de campo.
- Al Br. Rolando Portillo, por su valiosa ayuda aportada en los Laboratorios del Departamento de Edafología de la Facultad de Agronomía.
- Al Ing. Agr. Miguel Rivera por su valiosa ayuda en la fase de campo y gabinete de ésta Tesis.
- Al Sr. Walter Cifuentes, Técnico del Instituto Geográfico Nacional por su colaboración prestada en la copilación de las características de los suelos del área de estudio.
- A La Señorita Gladys I. Quintanilla por su colaboración en la impresión de ésta Tesis.
- A Todas las personas que en una u otra forma contribuyeron a la realización del presente estudio.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE GRAFICAS	iv
INDICE DE MAPAS	v
I INTRODUCCION.....	1
II REVISION DE LITERATURA	3
2.1 La reacción del suelo.....	3
2.2 Estudios efectuados sobre encalado de suelos.....	6
3.3 Beneficios del encalado.....	8
2.4 Funciones del Calcio y Magnesio en las plantas...	9
III MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1 Descripción general del área de estudio.....	12
3.1.1 Ubicación del área de estudio.....	12
3.1.2 Características generales.....	12
3.1.2.1 Geográficas.....	12
3.1.2.2 Geológicas.....	12
3.1.2.3 Climáticas.....	13
3.1.2.4 Edafológicas.....	13
3.1.2.5 Agronómicas.....	14
3.1.2.6 Socioeconómicas.....	14
3.2 Mapeo de Suelos.....	14
3.2.1 Trabajo de Gabinete.....	15
3.2.2 Trabajo de Campo.....	15
3.2.3 Trabajo de Laboratorio.....	19
3.2.3.1 Análisis de Laboratorio.....	19
3.3 Ensayos de Laboratorio	26
3.3.1 Ensayo preliminar.....	26
3.3.2 Ensayo final.....	27
3.3.2.1. Niveles de encalado.....	27
3.3.2.2 Período de Incubación.....	29
3.3.2.3 Cantidad de suelo utilizado.....	29
3.3.2.4 Procedimiento.....	29
3.3.2.5 Diseño experimental.....	30

3.3.2.6	Lugar del experimento.....	30
3.3.2.7	Procedimiento de muestreo en el experimento.....	30
3.3.2.8	Análisis de suelos efectuados.....	30
IV	RESULTADOS Y DISCUSION	31
4.1	Suelo No.7	31
4.1.1	El pH y la Saturación de Bases.....	31
4.1.2	El Calcio.....	33
4.1.3	El Magnesio.....	36
4.1.4	Relaciones.....	39
4.1.5	Respuesta del Fósforo disponible.....	42
4.2	Suelo No.14	42
4.2.1	El pH y la Saturación de Bases.....	42
4.2.2	El Calcio.....	45
4.2.3	El Magnesio.....	47
4.2.4	Relaciones.....	50
4.2.5	Respuesta del Fósforo disponible.....	53
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1	Respecto al suelo No.7	54
5.1.1	Conclusiones.....	54
5.1.2	Recomendaciones.....	55
5.2	Respecto al Suelo No.14	56
5.2.1	Conclusiones.....	56
5.2.2	Recomendaciones.....	57
5.3	Recomendaciones para trabajos posteriores.....	58
VI	BIBLIOGRAFIA	59
VII	ANEXO I Cuadros de Resultados.....	61
	ANEXO II Mapas.....	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.	Descripción	Página
1	Características de los suelos muestreados en el reconocimiento de campo.	16
2	Uso Potencial de la tierra.	21
3	Datos analíticos de las muestras obtenidas en el reconocimiento de campo.	22
4a.	Análisis Físicos de los suelos a los que se les aplicó tratamiento de encalado.	25
4b.	Análisis Químico de los suelos a los que se les aplicó tratamiento de encalado.	25
4c.	Elementos disponibles de los suelos a los que se les aplicó tratamiento de encalado.	25
5	Niveles de enmienda utilizados en el experimento preliminar.	26
6	Niveles de enmienda utilizados en el experimento final.	28

INDICE DE GRAFICAS

Grafica No.	Descripción	Página
1	Distribución del pH a diversas profundidades de los suelos muestreados en el reconocimiento de campo.	23
2	Distribución del calcio a diversas profundidades de los suelos muestreados en el reconocimiento de campo.	24
3	Distribución del Magnesio a diversas profundidades de los suelos muestreados en el reconocimiento de campo.	24
4	Efecto de la enmienda sobre el Ph en el suelo No. 7.	32
5	Efecto de la enmienda sobre la Saturación de bases en el suelo No. 7.	32
6	Relación entre el pH y el % de Saturación de bases en el suelo No. 7.	34
7	Efecto de la enmienda sobre el calcio intercambiable en el suelo No. 7.	34
8	Efecto de la enmienda sobre el calcio disponible en el suelo No. 7.	35
9	Relación entre el calcio intercambiable y calcio disponible en el suelo No. 7.	35
10	Efecto de la enmienda sobre el magnesio intercambiable en el suelo No. 7.	37

Gráfica No.	Descripción	Página
11	Efecto de la enmienda sobre el magnesio disponible en el suelo No. 7.	37
12	Relación entre el magnesio intercambiable y magnesio disponible en el suelo No. 7.	38
13	Relación entre el magnesio disponible y calcio intercambiable en el suelo No. 7.	38
14	Relación entre el magnesio intercambiable y calcio intercambiable en el suelo No. 7.	40
15	Efecto de la enmienda sobre la relación Ca/Mg intercambiables en el suelo No. 7.	40
16	Relación entre calcio intercambiable y la sumatoria de cationes intercambiables en el suelo No. 7.	41
17	Relación entre pH y Fósforo disponible en el suelo No. 7.	41
18	Efecto de la enmienda sobre el pH en el suelo No. 14.	43
19	Efecto de la enmienda sobre la saturación de bases en el suelo No. 14.	43
20	Relación entre el pH y el % de saturación de bases en el suelo No. 14.	44
21	Efecto de la enmienda sobre el calcio intercambiable en el suelo No. 14.	44
22	Efecto de la enmienda sobre el calcio disponible en el suelo No. 14.	46

Grafica No.	Descripción	Página
23	Relación entre el calcio intercambiable y calcio disponible en el suelo No. 14.	46
24	Efecto de la enmienda sobre el magnesio intercambiable en el suelo No. 14.	48
25	Efecto de la enmienda sobre el calcio disponible en el suelo No. 14.	48
26	Relación entre el magnesio intercambiable y magnesio disponible en el suelo No. 14.	49
27	Relación entre magnesio disponible y calcio disponible en el suelo No. 14.	49
28	Relación entre el magnesio intercambiable y calcio intercambiable en el suelo No. 14.	51
29	Efecto de la enmienda sobre la relación Ca/Mg. intercambiables en el suelo No. 14.	51
30	Relación entre el calcio intercambiable y la sumatoria de bases intercambiables en el suelo No. 14.	52
31	Relación entre pH y Fósforo disponible en el suelo No. 14.	52

MAPAS

Mapa No. 1 Localización del Area de Estudio de la República
de Guatemala.

Mapa No. 2 Mapa de Suelos del Area de Estudio

INTRODUCCION

Guatemala es un país con vocación agrícola, cuya distribución climática y su ubicación dentro de la faja tropical del continente americano, permite la adaptación y producción de diferentes cultivos.

El incremento de la población con un ritmo del 3.5% anual, hace pensar que cada día es más grande la necesidad de obtener mayor cantidad de productos agrícolas para llenar los requerimientos alimenticios, así como para satisfacer las necesidades de tipo industrial. Por lo anteriormente dicho y por la escasez de tierras aptas para los diferentes cultivos; se piensa en las siguientes posibilidades:

- a. Elevar la producción por unidad de área, mediante el uso de técnicas agrícolas adaptables a cada cultivo y región.
- b. Aumentar el área actual bajo cultivo, lo cual implica habilitar áreas que pueden ser dedicadas a la agricultura mediante un manejo adecuado de suelos.

El Departamento de Izabal, ubicado en la Costa Norte de Guatemala, con una extensión de 9,038 kilómetros cuadrados, equivalente al 8.3% del total del país; reviste una gran importancia para Guatemala, puesto que es allí donde se producen en gran escala los cultivos tales como: banano, arroz, piña, etc. existiendo también grandes explotaciones ganaderas.

Los suelos del Departamento de Izabal están agrupados dentro de la División Fisiográfica de las "Tierras bajas del Petén-Caribe", siendo éstos de naturaleza ácida y deficiente en los nutrimentos Calcio y Magnesio, tal como lo muestra la Serie de Suelos Quiriguá; la cual fue seleccionada para efectuar los estudios correspondientes.

Con el presente trabajo se persigue el siguiente objetivo general:

Evaluar la respuesta de los suelos de la serie Quiriguá en el Departamento de Izabal, a las aplicaciones de calcio y magnesio.

Tomando el enunciado anterior como un objetivo básico, se puede desglosar en los siguientes objetivos específicos:

- a. Evaluar el comportamiento del calcio y el magnesio de acuerdo a las diferentes dosis aplicadas.
- b. Evaluar las cantidades de calcio y magnesio retenidos por el suelo de acuerdo a su actividad química; es decir, relacionado con el CTI.
- c. Evaluar el incremento en porcentaje de saturación de bases, de acuerdo a las cantidades de enmienda aplicada, considerando que al incrementar el contenido de bases, se eleva el estatus de fertilidad de suelos.
- d. Evaluar la corrección de la acidéz natural de éstos suelos (pH), de acuerdo a las dosis aplicadas de calcio y magnesio.
- e. Evaluar la interrelación de calcio y magnesio (Ca:Mg) respecto a las enmiendas aplicadas, tendientes a mejorar dicha interrelación.
- f. Estudiar el comportamiento del fósforo disponible en relación al pH y a las enmiendas aplicadas.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 La Reacción del Suelo

La reacción del suelo es habitual evaluarla, midiendo el pH o sea determinando la actividad iónica del hidrógeno en una suspensión de suelo en agua o electrolitos débiles. (5)

Se considera como ácido a toda sustancia que cede protones al agua. Bajo condiciones de alta precipitación pluvial, la percolación de agua a través del perfil es bastante intensa; ésto provoca la acidificación progresiva de los suelos. Este fenómeno, se presenta de manera notoria en los suelos de áreas tropicales húmedas, y se debe al reemplazo paulatino de las bases cambiables: Ca, Mg, K, Na, por iones de H, Al y Fe. El reemplazo resulta de la percolación del agua que extrae los cationes básicos del suelo, la absorción de estos por plantas y por el uso excesivo de fertilizantes de carácter ácido. (5). Según Garman (6) y Thompson (15) el pH o reacción del suelo, ejerce la influencia individual más importante sobre el aprovechamiento de los nutrimentos, que presentan el adecuado crecimiento y producción de los diversos cultivos y plantas en general, de tal forma que el valor de la reacción del suelo sirve como un indicador de la disponibilidad de elementos. Fassbender (4) y Teuschen (14), indican que la acidéz de los suelos es debida a las siguientes fuentes:

a) Grupos ácidos de los minerales arcillosos:

Los iones de hidronio (H_3O) cambiables que provienen de la superficie del mineral arcilloso, son los que pueden ser

neutralizados a pH menor de 4.0. Los iones de aluminio cambiante, que constituyen el segundo grupo de radicales ácidos a neutralizarse entre valores de pH 4.0 a 5.5. El tercer grupo ácido corresponden a los que provienen del SiOH y del AlOH estructurales de los minerales arcillosos; ésta acidez se acentúa generalmente en pH mayor de 5.5.

b) Por los grupos ácidos de la materia orgánica:

Los radicales activos fenólicos y carboxílicos que se encuentran en la periferia de la molécula de humus (materia orgánica edáfica), los cuales al disociarse son fuentes de protones, dada ésta situación, los radicales carboxílicos son más activos y ácidos que los fenólicos.

c) Ácidos solubles:

Estos son de menor importancia y provienen de fertilizantes de reacción ácida, de la oxidación de las piritas (FeS_2), que al reaccionar dejan en la superficie el ácido Sulfúrico. La otra fuente de ácidos solubles es por la mineralización de la materia orgánica en suelos con una flora microbiana muy activa.

Las variaciones de pH en los diversos suelos y regiones son definidos por Demolon (3) de la siguiente forma:

a) Variación por el clima:

El principal factor climático es la lluvia, que permite una variación en el pH, el cual disminuye conforme las precipitaciones pluviales aumentan.

b) Variación conforme el tiempo:

El pH puede variar en un mismo suelo en diferentes épocas del año, debiéndose éstas variaciones a los efectos del clima por las variaciones del factor lluvia y las labores aplicadas a los cultivos, éstas variaciones de pH pueden fluctuar de 0.5 a 1.0 unidades de pH.

c) Variaciones por cultivos y fertilización:

Por medio de las labores culturales, principalmente de la aradura se logra llevar a la superficie los elementos que están a poca profundidad en el suelo por efecto de las transferencias o redistribuciones a los horizontes superiores; lo mismo ocurre con las raíces de las plantas; de tal forma que al analizar un suelo cultivado con otro sin cultivar se comprueba que el segundo tendrá un valor de pH más ácido.

Por otra parte los cultivos intensivos ubicados en zonas de alta precipitación o de riego, exige grandes cantidades de fertilizantes, entre los cuales hay diverso tipo de reacción así:

Fertilizantes acidificantes: Sulfatos, Cloruros, Nitratos,
Fosfatos de Amonio y Urea

Fertilizantes alcalinizantes: Cianamida, fosfatos básicos
Nitratos de Calcio y sodio.

Fertilizantes sin efecto sobre el pH: Sales de potasa, superfosfatos, fosfatos naturales.

2.2 Estudios efectuados sobre encalado de suelos

Desde tiempos muy remotos, han usado la práctica del encalado de suelos; Baber (1) y Fassbender (5) nombran como fuentes de Calcio y Magnesio, los siguientes materiales:

- Carbonato de Calcio (CaCO_3)
- Hidróxido de Calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- Oxido de Calcio (CaO)
- Cal dolomítica ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)
- Escorias industriales
- Espumas azucareras

Garman (6) publica los resultados de un estudio efectuado en Pensylvania, U.S.A. durante 28 años posteriores a la aplicación de cal, utilizando la rotación de cultivos maíz-avena-heno.

El pH inicial del suelo era de 5.5, obteniéndose producciones de 22.5 Hectolitros de maíz/Ha., 20.4 Hectolitros/Ha. de avena y 1,135 Kg/Ha de heno. A los 28 años el pH subió a 6.8 obteniéndose producciones de: 28.2 Hectolitros de maíz/ha., 21.1 Hectolitros de avena/ha. y 3,178 Kg/Ha. de heno.

En Maryland, U.S.A., Garman (6) informa que trabajando con Alfalfa, en parcelas que recibieron 1,362 Kg. de Ca/Ha. (27.24 qq/Ha.), produjeron 4.9 toneladas métricas más de forraje de alfalfa en el primer año y al cabo de tres años había producido 10.9 toneladas métricas más, comparado con las parcelas que no recibieron ningún tratamiento de cal.

Fassbender (4), estudiando en suelos de tipo Andosol de Costa Rica, el efecto del encalado en la absorción de Fósforo, y usando el tomate como planta indicadora, obtuvo mediante la aplicación de 5.25 mg. de Carbonato de Calcio más Magnesio por Kg. de suelo y 400 partes por millón de P_2O_5 , un rendimiento máximo de absorción de fósforo correspondiente a 44 mg/maceta.

Laroche, citado por Fassbender (4), trabajando en Costa Rica con suelos tipo latosol e investigando las mejores relaciones Ca/Mg, obtuvo los máximos rendimientos en materia seca con plantas de tomate, al aplicar Calcio más Magnesio en relación 4:1 con un nivel de enmienda entre 24 y 36 meq de Calcio más Magnesio por cien gramos de suelos.

Teuscher (14), indica que la enmienda de Calcio, por su costo y efectos dañinos no deben agregarse al suelo en cantidades mayores de 7 toneladas por Ha., de tal forma que en los suelos arcillosos no se eleve el pH en más de una unidad por año y en suelos de textura arenosa en dos unidades.

Monteith y Sherman, citados por Kamprath (10), trabajando sobre el encalado de suelos de tipo andosol ferruginosos de los Estados Unidos de Norte América, en el año de 1963, lograron elevar el pH de 4.6 a 7.0, con la aplicación de 10.0 toneladas de cal por Acre, equivalente a 25 toneladas de cal por Hectárea.

2.3 Beneficio del encalado

Según Fassbender (4), Buckman y Brady (2), los efectos de la aplicación de cal en cantidades adecuadas, produce los siguientes efectos:

Sobre las propiedades físicas:

- Provoca una mejor agregación de partículas del suelo.
- Favorece las condiciones de aereación y movimientos del agua.
- Favorece el desarrollo de las raíces de las plantas al estar con una mejor aereación.

Sobre las propiedades químicas:

- Provoca un aumento de los iones OH
- Favorece la disminución de la toxicidad del Al, Mn, Fe.
- Ayuda a la regulación de la disponibilidad de P y Mo.
- Favorece el aumento de la disponibilidad de Ca y Mg.
- Favorece el aumento del porcentaje de saturación de Bases.

El efecto del encalado en cantidades no adecuadas, de acuerdo a Kamprath (10) y Fassbender (4), produce:

- La destrucción de la estructura porosa granular que es característico de los suelos lateríticos.
- El aumento en la velocidad de descomposición de la materia orgánica y acelera su pérdida.
- Inmovilización o reducción de la disponibilidad de algunos nutrimentos como Fe, Mn, Zn, Bo, Cu, produciendo la deficiencia de los mismos.
- La tendencia a la formación de pequeños agregados, reduciendo el grado de infiltración y haciendo suelos susceptibles de erosión.

2.4 Funciones del calcio y magnesio en las plantas

De acuerdo a Miller (11), al analizarse la cantidad de Calcio presente en las plantas completas de maíz, se encuentra un 0.23% de peso en seco. El calcio funciona como regulador de la translocación de otras sustancias y su correcta distribución en los tejidos produciéndose diversos trastornos cuando este elemento es desbalanceado (10).

Según Teuscher (15), en ciertas especies vegetales es muy posible que el calcio normalice la utilización del Potasio y en todo caso la proporción más favorable Ca:K dependerá de las horas luz solar.

Miller (11) y Perdomo (12), indican que el calcio tiende a acumularse en las hojas, encontrándose en la lámina media de las paredes celulares en forma de pectatos de calcio.

En las células existe el oxalato de calcio, por lo que se cree que una de las funciones del calcio en la planta es combinarse con los ácidos orgánicos que serían tóxicos en forma libre.

Además, en las leguminosas que producen grandes cantidades de proteína y liberan abundantes ácidos orgánicos, se supone que el calcio funciona como neutralizador de los mismos.

El calcio es inmóvil, razón por la cual se encuentra en mayor concentración en los tejidos viejos de las plantas. Es utilizado en las síntesis del protoplasma y se necesita para la división celular, de ésta forma en un semillero el crecimiento vigoroso de las plantas dependerá del calcio presente en el suelo. (12)

Teuscher (14) indica que en cantidades deficientes de Calcio, el crecimiento de muchas plantas se ve retardado posiblemente a consecuencia de la alteración que sufren los procesos de la absorción y utilización del nitrógeno.

Según Perdomo (12), cuando el calcio es deficiente, el contenido de proteínas será bajo y los carbohidratos presentes en la parte alta de la planta serán más altos, los procesos de producción en general serán retenidos.

El síntoma de deficiencia del calcio cuando este se encuentra bajo en el suelo, la planta lo muestra por medio de una condición clorótica en las hojas más jóvenes, las hojas de mayor edad se vuelven quebradizas y hay tendencia a la muerte de las raíces de las plantas, tornándose el protoplasma también ácido. (14).

Teuscher (14) al hablar sobre los efectos del calcio asimilable en cantidades excesivas, indica que se abate la absorción del potasio, la utilización del hierro y el manganeso.

También sobre el exceso de calcio en los suelos, Perdomo (12) hace notar que rara vez el calcio es tóxico en las plantas, pero tendrá efectos indirectos tales como el de limitar la absorción de otros elementos, especialmente del potasio, hierro y manganeso; así mismo afectará en la translocación de los minerales dentro de la planta, producirá una alta relación de transpiración, reducirá la absorción de agua y permeabilidad de las membranas de la planta.

Miller (11) y Gudiel (9), al referirse al magnesio en la planta indican que es fundamental por formar parte del pigmento denominado Clorofila. Al analizarse la cantidad de magnesio presente en las plantas, dice Miller (11) que está presente en un 0.18% de su peso seco, considerando plantas enteras de maíz. Dada la movilidad del magnesio, éste se encuentra bien distribuido en toda la planta, acumulándose en mayores cantidades en la fruta, semillas y en las hojas.

En las especies oleaginosas y en las que poseen abundante almidón, la cantidad de Mg es mayor en la semilla (11) (12).

Según Teucher (14) el magnesio interviene en la absorción de los fosfatos por las plantas, pues estos no son tomados por las mismas cuando el Magnesio del suelo es bajo. Dicho elemento es necesario para la formación del pectato de magnesio que forma parte de la estructura de la lamela media.

Funciona así mismo como un catalítico y es requerido para la transferencia de fósforo, hidrógeno y carbono.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Descripción general del área de estudio

3.1.1 Ubicación del área de estudio:

El área de estudio para el presente trabajo, se encuentra entre los municipios de los Amates y Morales, limitada al Norte y Nor - Oeste por la carretera CA-9 (Guatemala- Puerto Barrios) y la Sierra de las Minas; al Sur y Sureste por la Montaña del Espíritu Santo. En toda su longitud, es atravesada por el río Motagua. Ver mapa No. 1.

3.1.2 Características generales:

El área de donde provienen los suelos utilizados para éste estudio, comprende las Aldeas EL CEDRO y NUEVA VIRGINIA, en el Municipio de Morales del Departamento de Izabal y cuyas características son las siguientes:

3.1.2.1 Geográfica:

La ubicación geográfica, se encuentra de los 15°13' a 15°24' de latitud Norte; 88°45' a 89°07' de longitud Oeste. (8). La altitud está considerada entre los 100 y los 500 metros sobre el nivel del mar. (7). Son terrenos de poca pendiente, una red hidrográfica poco definida, formándose grandes planicies con pequeñas ondulaciones y montañas bajas. (13)

2 Geológicas:

La gran mayoría de suelos del área se han formado sobre esquistos arcillosos y cenizas volcánicas a elevaciones medias. (13)

3 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 de 80%, y los vientos alcanzan una velocidad media de 10.8 km/hora, provenientes del norte. (8). En general el clima es considerado por Thortwhaite (7) como cálido, con invierno benigno muy húmedo, con vegetación selvática y sin estación seca bien definida.

4 Edafológicas:

Más de la mitad del área del Departamento de Izabal, pertenecen a la División fisiográfica de las "tierras bajas del Petén-Caribe". Casi todos los suelos están lixiviados en cuanto a sus bases, lo que les da una característica ácida. Se han desarrollado sobre materiales no consolidados o sobre arcilla esquistosa. Poseen mal drenaje, color café, con suelo superficial de textura francolimosa friable, 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), constituyen un área de 24,962 Hectáreas, que hacen el 2.76% del total de tierra del Departamento de Izabal.

5 Agronómicas:

La vegetación natural predominante son los bosques de diversas especies tropicales; los cultivos observados durante la mayor parte del año son: el maíz, arroz, hule, banano, plátano, piña, naranja y tabaco en menor escala. En los últimos años ha aumentado en forma acelerada las explotaciones de ganado bovino y equino, por lo cual se observan frecuentemente grandes extensiones con pastos cultivados.

6 Socioeconómicas:

En la actualidad el Departamento de Izabal tiene una población de 170,000 habitantes, lo que hace una relación de 18.8 habitantes por Km. cuadrado. Del total de habitantes, la mayoría se dedica a la agricultura (80%), el restante 20% se dedica al comercio y a la industria. El ingreso per-cápita anual es bajo al igual que el nivel de educación en general.

3.2 Mapeo de Suelos

Este trabajo consistió en un reconocimiento preliminar del área de estudio, procurando tener la mayor y reciente información de las principales características de los suelos de dicha área. De la recopilación bibliográfica anterior, se identificó uno de los principales problemas de los suelos de la zona, como lo es el pH, así mismo los niveles de los nutrimentos Calcio y Magnesio. Con ésta información, se procedió a realizar el reconocimiento de la zona ya mencionada anteriormente.

3.2.1 Trabajo de Gabinete:

En ésta fase, se realizó la fotointerpretación en las fotografías aéreas del área de estudio, obteniéndose un mapa preliminar con los límites de las áreas ocupadas por las diferentes clases de suelos. Posteriormente al trabajo de campo, se corrigieron los límites y tipos de suelos obtenidos en la fotointerpretación inicial, elaborándose un mapa definitivo del área.

3.2.2 Trabajo de Campo:

Se efectuó un recorrido por la mayor parte del área, con el objeto de identificar y ubicar los tipos de suelos existentes, además de tomar muestras de suelos para los análisis de laboratorio y poder así realizar el estudio correspondiente.

El área de reconocimiento estuvo comprendida entre los Municipios de los Amates, Morales, La Carretera CA-9 y el Río Motagua. (Ver mapa No. 2)

La toma de muestras se efectuó haciendo calicatas que en total fueron 15, con dimensiones de 1 metro de ancho, 1 metro de largo y una profundidad máxima de 1.00 metros, según fuera la profundidad del perfil. En la mayoría de las calicatas se alcanzó el nivel freático, debido a las lluvias que se presentaron en la zona durante el tiempo del muestreo.

De las calicatas se obtuvo toda la información respecto al perfil del suelo, lográndose identificar de dos a tres horizontes, de los cuales se obtuvieron un total de 35 muestras. Además, se obtuvieron datos de campo relacionados con el espesor de cada horizonte, estructura, drenaje, pendiente, etc. (ver cuadro No. 1).

CUADRO No. 1

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS MUESTREADOS EN EL RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Perfil No.	Hori- zonte	Profundidad (cms.)	Textura	Estruc- tura	Permea- bilidad	Drenaje		Pendiente %	Materia Orgánica	Clase Agrológica
						Super.	Inf.			
1	B1	0-17	Arcillo Limosa	P.M.	M.L.P.	D	D	1-3	Mediana	III
1	B2	17-39	Arcillo Limosa	-	M.L.P.	-	-	-	Baja	III
1	C	39-50	-	-	M.L.P.	-	-	-	Baja	III
2	B1	0-25	Arcillo Limosa	P.M.	Imp.	D	D	1-4	Baja	IV
3	A1	0-16	Franco Arcillosa	B.S.	L.P.	N	D	2-6	Baja	II
3	A2	16-44	Franco Arcillosa	B.S.	L.P.	-	-	-	Baja	II
3	C	+44	Arcilla	B.S.	L.P.	-	-	-	-	II
4	A1	0-24	Franco Arcillosa	B.S.	M.L.P.	D	D	2-4	Alta	III
4	B1	24-40	Arcillo Limosa	P.M.	M.L.P.	-	-	-	Baja	III
4	C	+40	Talpe- tate	-	-	-	-	-	-	III
5	B1	0-13	Arcillo Limosa	P.M.	M.L.P.	D	D	2-5	Mediana	III
5	B2	13-50	Arcillo Limosa	P.M.	-	-	-	-	-	III
5	C	+50	Talpe- tate	-	-	-	-	-	-	III
6	B1	0-20	Arcillo Limosa	P.M.	M.L.P.	D	D	2-5	-	III
6	B2	20-40	Arci- llosa	P.M.	-	-	-	-	-	III
6	C	+40	Talpe- tate	-	-	-	-	-	-	III

Perfil No.	Horizonte	Profundidad (cms.)	Textura	Estructura	Permeabilidad	Drenaje Super. Inf.		Pendiente %	Materia Orgán.	Clase Agrobiológica
7	B1	0-17	Arcillo Limosa	P.M.	M.L.P.	D	D	2-31	Mediana	III
7	B2	17-50	Arcillosa	P.M.	M.L.P.	-	-	-	-	III
7	C	+50	Talpetate	-	-	-	-	-	-	III
8	B1	0-25	Arcilla	P.M.	L.P.	N	D	1-3	Mediana	II
8	B2	25-50	Arcillo Limoso	P.M.	L.P.	-	-	-	Baja	II
9	B1	0-25	Arcilla	P.M.	L.P.	N	D	1-4	Mediana	II
9	B2	25-50	Arcillo Limoso	P.M.	L.P.	-	-	-	-	II
10	B1	0-12	Arcillo limoso	-	M.L.P.	D	D	3-4	-	III
10	B2	12-30	Arcilla	P.M.	M.L.P.	-	-	-	-	III
10	B3	30-70	Arcilla	P.M.	-	-	-	-	-	III
10	C	+70	Talpetate	-	-	-	-	-	-	III
11	A1	0-13	Fr. Arc. Limoso	B.S.	L.P.	N	D	4-5	Mediana	III
11	B1	13-30	Arcillo Limoso	P.M.	L.P.	N	D	-	-	III
11	B2	30-80	Arcilla	P.M.	L.P.	-	-	-	-	III
12	B1	0-20	Arcillo Limoso	P.M.	M.L.P.	D	D	2-4	Baja	III
12	B2	+20	Arcilla	P.M.	M.L.P.	-	-	-	-	III

Perfil No.	Horizonte	Profundidad (cms.)	Textura	Estructura	Permeabilidad	Drenaje		Pendiente %	Materia Orgánica	Clase Agrológica
						Super.	Infer.			
13	B1	0-40	Arcillo Limoso	P.M.	L.P.	N	D	2-3	Baja	II
13	B2	40-100	Arcillo Limoso	P.M.	L.P.	-	-	-	-	II
14	B1	0-18	Arcillo Limoso	B.S.	M.L.P.	D	D	2-4	Aita	III
14	B2	18-40	Arcillo Limoso	P.P.	M.L.P.	-	-	-	-	III
14	B3	40-60	Arcillo Limoso	P.P.	M.L.P.	-	-	-	-	III
14	C	+60	Talpetate	-	-	-	-	-	-	III
15	B1	0-15	Arcilla	P.G.	Imp.	D	D	1-3	Baja	III
15	B2	+15	Arcilla	Masiva	Imp.	-	-	-	Baja	III

Referencias:

Drenaje: N = Normal; D = Deficiente

Permeabilidad: M.L.P. = Muy lentamente permeable = 0.024-1.2 cm/hora

L.P. = Lentamente permeable = 1.2-2.4 cm/hora

Estructura: B.S. = Bloques subangulares

P.G. = Prismática grande

P.M. = Prismática mediana

P.P. = Prismática pequeña

+ = Mayor que

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

En resumen se determinó que el área está comprendida por las clases agrológicas de suelos II, III, IV, VI. (Ver mapa No.2). Del total del área de estudio, cada clase agrológica representa los siguientes porcentajes del área: clase II, 18.87%; clase III 62.12%; clase IV, 12.16% y clase VI, 6.85%. (Ver cuadro No.2).

3.2.3 Trabajo de Laboratorio

3.2.3.1 Análisis de Laboratorio* (Ver cuadros Nos.3, 4a, 4b y 4c)

- Determinación de textura por el método de hidrómetro de Bouyucus.
- Determinación de Nitrógeno total por el método de Macrokjeldahl.
- Determinación de Materia Orgánica por el método de Combustión húmeda de Walkly-Black.
- Determinación de la Capacidad Total de Intercambio (CTI) por el método de Peech. Solución extractora de acetato de amonio 1.0 normal, tamponizada a pH 7.0.
- Determinación de bases cambiables Ca, Mg, Na, K, por absorción atómica.
- Determinación de pH por el método potenciométrico.

* Análisis efectuados a las muestras obtenidas en el reconocimiento de campo.

Relación suelo/agua 1:2.5.

- Determinación de elementos disponibles: P, K, Ca y Mg por el método de Mielich (Carolina del Norte).

CUADRO No. 2

USO POTENCIAL DE LA TIERRA *

Clase**	Area		% del área total
	Km ²	Has.	
II	58.51	5,851	18.87
III	192.65	19,265	62.12
IV	37.72	3,772	12.16
VI	21.25	2,125	6.85
TOTAL	310.13	31,013	100,000

* Según Mapeo de los suelos efectuado en Diciembre de 1976

** Clasificación según manual 60 del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. USDA.

CUADRO No. 3

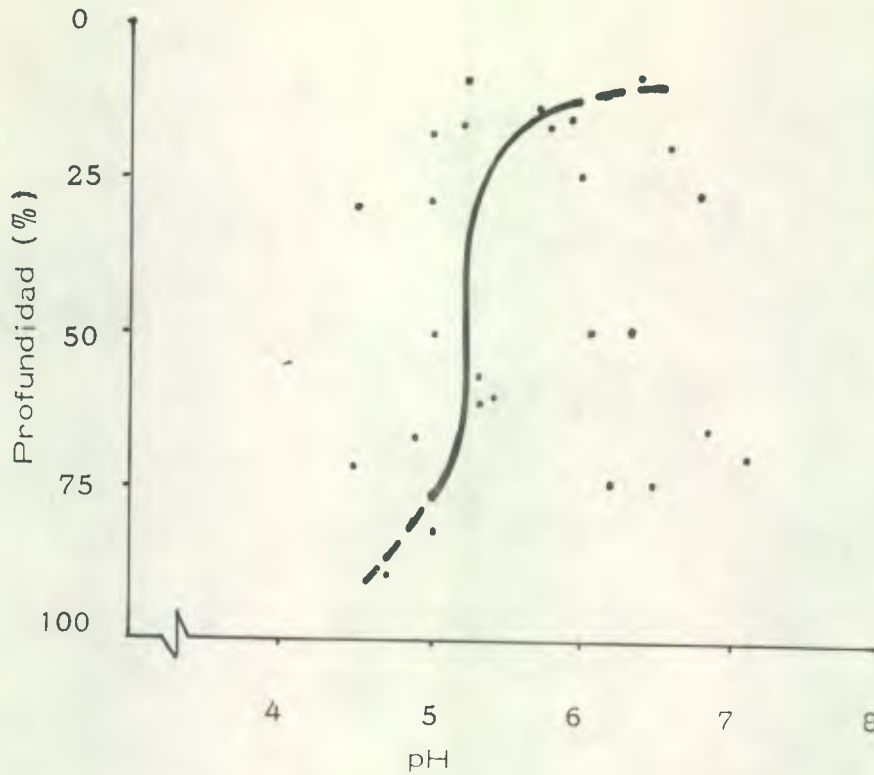
Datos Analíticos de las Muestras Obtenidas en el Reconocimiento de Campo efectuado en Diciembre de 1976

Disponibles

Perfil No.	Horizonte	pH	ppm		meq/100 gramos	
			P	K	Ca	Mg
1	B1	5.8	1.50	1.30	3.0	1.0
1	B2	5.3	0	230	1.00	1.50
1	C	4.7	0	160	0.40	0.45
2	B1	5.0	1.50	50	7.20	3.60
2	B2	5.7	0.75	40	9.80	8.30
3	A1	5.2	0.75	50	12.60	3.70
3	A2	5.3	0.75	30	13.20	3.20
3	C	5.5	0	30	10.60	3.20
4	A1	4.5	1.50	30	2.40	0.50
4	B1	4.9	1.50	30	2.80	2.70
5	B1	5.7	0	130	4.80	1.50
5	B2	5.3	0	70	1.00	1.70
6	B1	6.0	0.75	90	3.60	0.60
6	B2	5.4	0.75	160	2.60	0.80
6	C	5.2	3.50	170	2.0	0.9
7	B1	5.0	2.00	50	1.40	0.30
7	B2	4.9	0.75	150	1.00	1.10
8	B1	6.2	21.75	160	13.00	4.20
8	B2	6.5	+25	110	12.20	3.90
9	B1	6.2	+25	280	11.60	3.50
9	B2	6.2	6.50	170	9.80	3.60
10	A1	5.2	1.50	70	4.80	1.40
10	B1	5.0	0	40	2.80	0.90
10	B2	4.5	1.50	30	0.80	0.70
11	A1	6.4	1.50	230	10.80	1.10
11	B1	6.8	1.50	170	6.40	0.70
11	B2	6.9	0	330	4.80	1.30
12	B1	6.1	0.75	180	5.40	0.80
12	B2	5.3	1.50	110	2.60	0.70
13	B1	6.6	+25	450	10.00	3.00
13	B2	7.1	+25	500	8.60	2.80
14	B1	5.9	0.50	160	2.80	1.30
14	B2	5.0	0.50	170	0.60	1.00
14	B3	5.0	0.50	190	0.60	0.90
15	B1	6.1	2.00	110	3.40	1.90

+ Mayor que

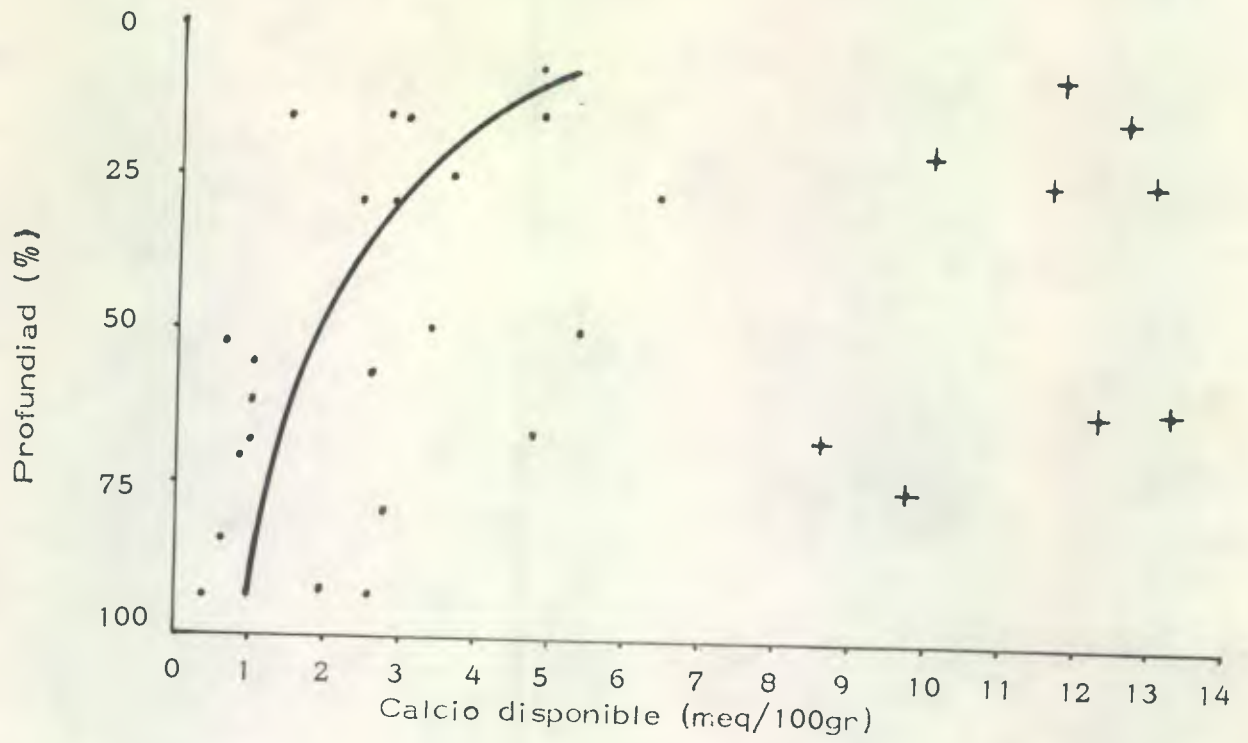
GRAFICA No. 1



Distribución del pH a diversas profundidades de los suelos muestreados en el reconocimiento de campo.

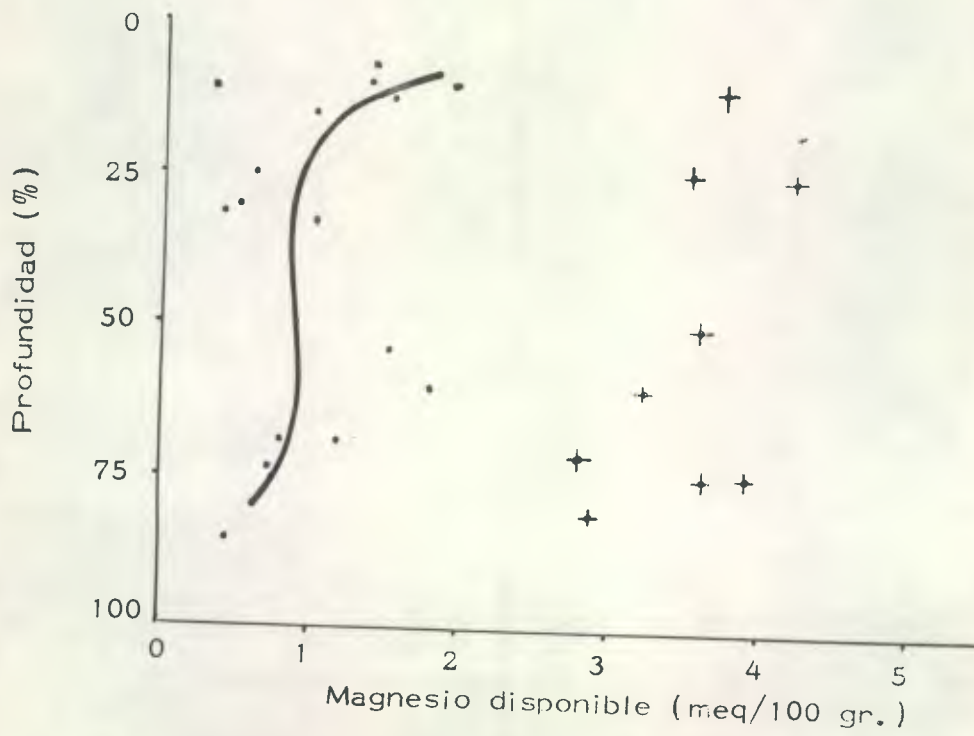
GRAFICA No. 2

Distribución del Calcio a diversas profundidades



GRAFICA No. 3

Distribución de Magnesio a diversas profundidades



+ Suelos fertilizados

CUADRO No. 4a. ANALISIS FISICO _{1/}
(Suelos utilizados en el ensayo)

No. Muestra	Procedencia	% Arcilla	% Limo	% Arena	Clase Textural	H. E %	C. H. %	D. ap. gr/cc	D. Real gr/cc	% E. P. T.
7	El Cedro	35.07	21.97	42.96	Franco Arcilloso	22.94	8.24	1.144	1.839	37.79
14	Nueva Virginia	32.47	21.86	45.67	Fr. Arc. Arenoso	26.05	7.02	1.167	1.891	38.29

CUADRO No. 4b ANALISIS QUIMICO _{1/}

No. Muestra	Procedencia	% N Total	% C. O	% M. O	Rel. C/N	CTI meq/100q.	Cationes Interc. meq/100gr de suelo					% S. B.
							Ca _{2/}	Mg _{2/}	Na _{2/}	K _{2/}	H	
7	El Cedro	0.13	1.37	2.37	10:1	9.31	2.69	1.00	0.52	0.26	4.87	48.01
14	Nueva Virginia	0.25	2.72	4.69	10:1	12.75	4.00	2.29	0.52	0.67	5.27	58.66

CUADRO No. 4c ELEMENTOS DISPONIBLES _{2/}

No. Muestra	Procedencia	pH	ppm		meq/100 gr.	
			P	K	Ca.	Mg.
7	El Cedro	5.5	2.0	50	1.4	0.3
14	Nueva Virginia	5.9	0.5	160	2.80	1.3

1/ Análisis efectuados en Laboratorios de la Facultad de Agronomía (Nov/1977)

2/ Análisis efectuados en Laboratorios del ICTA (Nov/1977)

3.3 Ensayos de Laboratorio

3.3.1 Ensayo Preliminar

En base a los resultados de los análisis de los suelos en el área de trabajo de todos los puntos muestreados se seleccionaron únicamente dos suelos procedentes de los puntos No. 7 y No. 14 respectivamente. (Ver mapa No. 2) Estos suelos presentaban los niveles más bajos en los nutrientes Calcio, Magnesio y el pH comprendido entre 5 y 6. (ver cuadros Nos. 3 y 4c).

Se instaló un experimento que consistió en lo siguiente:

- a. Se aplicó a los suelos en cuestión, 6 tratamiento de calcio más Magnesio en relación 6:1 (Ca/Mg), siendo los niveles de aplicación los que se indican en el cuadro. (ver cuadro No. 5)

CUADRO No. 5

Tratamiento No.	Dosis de Ca+Mg Meq/100 gr. de suelo	Mec/100 gr. de suelo	
		Ca. (*)	Mg. (**)
1	0.000	0.0000	0.0000
2	0.125	0.1072	0.0178
3	0.250	0.2143	0.0357
4	0.500	0.4286	0.0714
5	1.000	0.8572	0.1428
6	2.000	1.7144	0.2856

* Fuente de Calcio: Hidróxido de Calcio

** Fuente de Magnesio: Carbonato de Magnesio

- b. Como enmienda se utilizaron los productos Hidróxido de Calcio y Carbonato de Magnesio tipo reactivos; siendo la razón de utilizar estos productos su disponibilidad inmediata en las casas de productos químicos.
- c. Fueron probados 3 períodos de incubación, consistentes en 8, 15 y 30 días, tiempos en los que la enmienda estuvo en contacto con el suelo y con humedad suficiente (capacidad de campo) para facilitar las reacciones químicas. (Intercambio ionico del suelo).

Los resultados del ensayo preliminar, permitieron determinar que la variación entre los valores de pH, Ca, Mg, fue mínima debido a las bajas dosis de enmienda aplicadas. En lo relativo a los resultados entre los períodos de incubación, éstos no tuvieron una variación significativa para los parámetros que se estaban tratando de evaluar. (pH, Ca, Mg.)

3.3.2 Ensayo Final

Considerando los resultados obtenidos en el ensayo preliminar, dieron la pauta para establecer un nuevo experimento en el que se incluyó mayor número de tratamiento que sirvieron como puntos de referencia. Las características de este ensayo fueron las siguientes:

- 3.3.2.1 Se colocaron ocho tratamiento de calcio más magnesio aplicados en una relación 6:1*, utilizando como fuentes de enmienda.

- Carbonato de Calcio (CaCO₃) Tipo reactivo

* Relación necesaria para subir el nivel de Calcio

- Carbonato de Magnesio ($MgCO_3$) Tipo reactivo

Los materiales de enmienda se usaron en forma de reactivos, para evitar errores en la apreciación del efecto, tanto del calcio como del magnesio debido a la calidad de los productos comerciales de uso frecuente en la agricultura. Los niveles utilizados en el trabajo experimental son los siguientes: (ver cuadro No.6)

CUADRO No. 6

NIVELES DE ENMIENDA UTILIZADOS

Tratamiento No.	Miliequivalentes por 100 gr. de suelo					Toneladas por Hectárea	
	Ca+Mg	Ca	Mg.	$CaCO_3$	$MgCO_3$	$CaCO_3$	$MgCO_3$
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2	1.72	0.28	86.00	14.00	1.72	0.23
3	4	3.43	0.57	171.50	28.50	3.42	0.48
4	6	5.14	0.86	257.00	43.00	5.14	0.72
5	8	6.86	1.14	343.00	57.00	6.86	0.95
6	12	10.29	1.71	514.50	85.50	10.29	1.43
7	16	13.12	2.88	653.50	114.00	13.12	2.41
8	32	27.43	4.57	1371.50	228.50	27.43	3.83

- 3.3.2.2 De acuerdo a los resultados del ensayo preliminar como se mencionó con anterioridad, no hubo variación entre los resultados de 8, 15 y 30 días por lo que en el ensayo definitivo se decidió un período de incubación de 30 días, contados a partir del día de la aplicación hasta el día en que se hizo el muestreo. El período de 30 días además fue considerado como un tiempo adecuado para lograr el intercambio iónico en las arcillas del suelo, así mismo porque las recomendaciones para la aplicación de fertilizantes en la práctica se ha hecho a los 30 días posteriores a la enmienda de los suelos.
- 3.3.2.3 En el experimento, se utilizaron 200 gramos de suelo para cada tratamiento (cantidad considerada como representativa y suficiente para los análisis), con 3 repeticiones, usando para ello recipientes de vaso plástico.
- 3.3.2.4 Las cantidades de calcio y magnesio se aplicaron individualmente a cada tratamiento y repetición, agregando 150 ml. de agua destilada para homogenizar los tratamientos incluyendo el testigo. Inmediatamente fueron colocados sobre un receptáculo de agua, comunicados por medio de un filtro de acetato de celulosa, material que es utilizado para filtros de cigarrillos; en esta forma se logró mantener los suelos con una humedad suficiente (capacidad de campo), y facilitar las reacciones químicas. De este modo, se consiguió imitar las condiciones de humedad en que se mantienen estos suelos en el área de Izabal.

- 3.3.2.5 El diseño experimental utilizado fue BLOQUES AL AZAR, con ocho tratamientos y tres repeticiones, siendo los tratamientos las siete dosis de calcio más magnesio y un testigo.
- 3.3.2.6 El experimento se montó en el invernadero de la Facultad de Agronomía, con el objeto de tener temperaturas más o menos uniformes (25°C.) y mantener las condiciones de temperatura de donde provienen los suelos.
- 3.3.2.7 Al concluirse el período de exposición de la enmienda al suelo (incubación), se realizó el muestreo correspondiente del ensayo; las muestras se secaron a la sombra, se tamizaron a 2 mm. y finalmente se hicieron los análisis de Laboratorio.
- 3.3.2.8 Dichos análisis consistieron en cuantificar los elementos Ca, Mg y pH, resultados que aparecen en el Capítulo VII "ANEXO" y que sirvieron para su interpretación.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Suelo No. 7

4.1.1 El pH y la saturación de bases:

Analizando los datos obtenidos, relacionados con la respuesta del pH a la enmienda, se aprecia que a medida que aumenta la enmienda, el pH aumenta en una forma significativa hasta un valor de 7.2 con un 8 meq de enmienda*. (Ver gráfica No.4)

La saturación de bases, tiene su máximo incremento (40%) con una enmienda de 8 meq, producido entre el 35% y el 75% de saturación de bases, partiendo de un CTI promedio de 13 meq/100gr. Después de los 8 meq de enmienda, se aprecia un incremento menor en la saturación de bases, hasta llegar a un valor de 0.5% de S.B. por cada meq de enmienda. (Ver gráfica No.5)

El mayor incremento en el pH, se obtuvo entre el 55% y 75% de saturación de bases; de acuerdo a Russell, citado por Fassbender (4), esto puede ser debido a la sustitución de los iones de hidrógeno intercambiados por las cargas electrostáticas permanentes en las arcillas. (Ver gráfica No.6).

Asimismo, la gráfica No.6 puede utilizarse para determinar la necesidad de encalado, para llevar el suelo a un pH 7.

pH 6 = 35% de S.B.

13 meq de CTI = 4.55 meq

pH 7 = 66% de S.B.

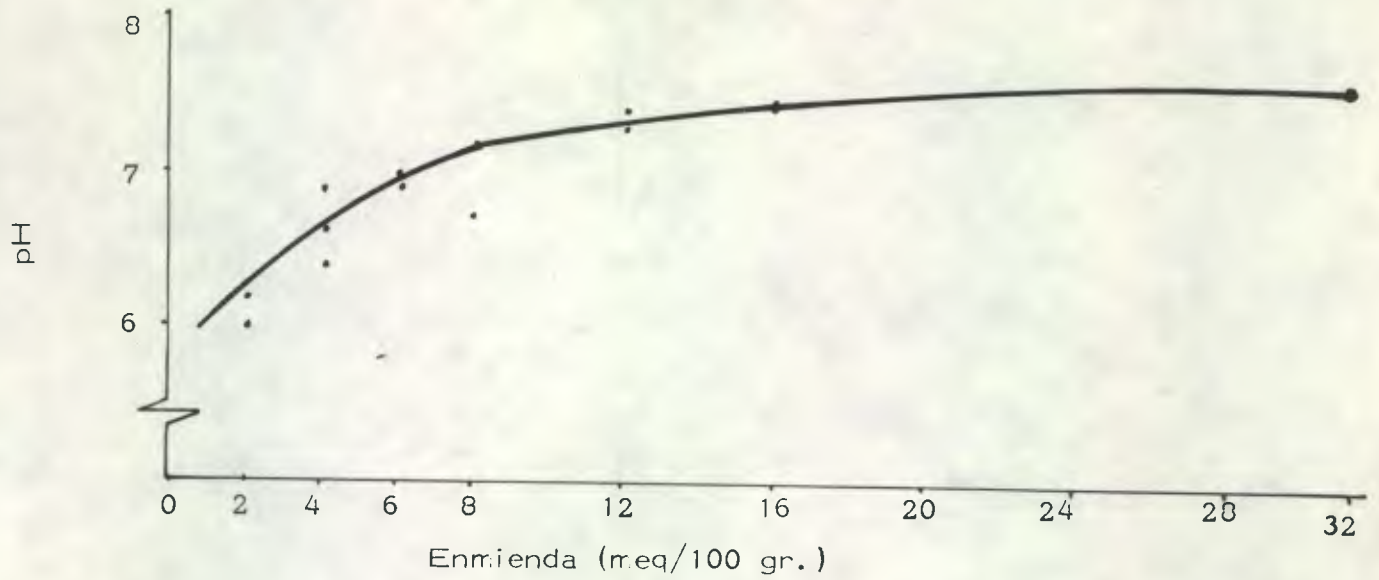
13 meq de CTI = 8.58 meq -

4.03 meq = enmienda

* enmienda = meq de Ca = Mg (Rel 6:1) por 100grs. de suelo

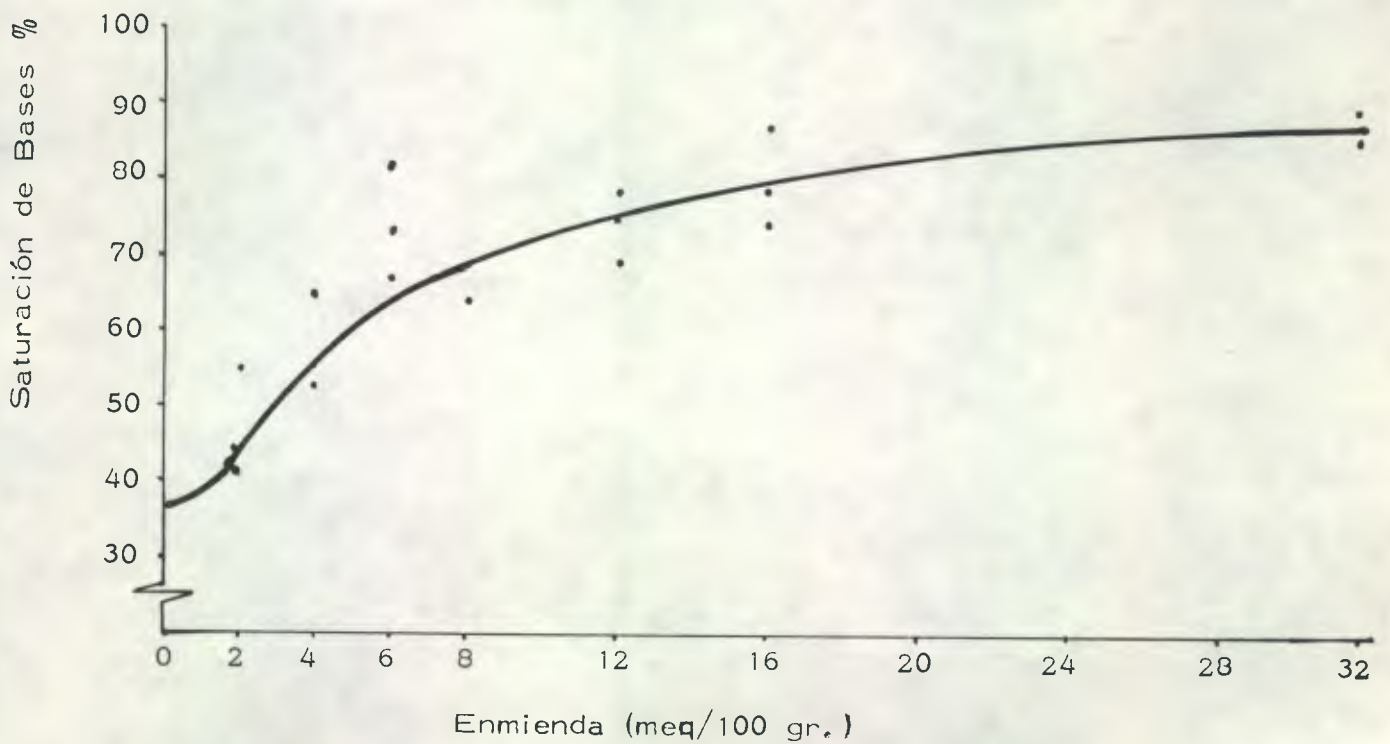
GRAFICA No. 4

Efecto de la enmienda sobre el pH en el suelo No. 7



GRAFICA No. 5

Efecto de la enmienda sobre la Saturación de bases en el suelo No. 7



En el análisis estadístico efectuado a los valores de pH, se obtuvo una alta significancia o variación entre los tratamientos y no se encontró variación entre las repeticiones. La prueba de significancia (MDS) con el 5% de probabilidad, indica que todos los tratamientos aplicados son superiores al testigo.

4.1.2 El Calcio

Según el análisis de la gráfica No.7, se puede determinar que el nivel de saturación del calcio intercambiable es de 7 meq/100 grs., el cual se alcanza con un nivel de enmienda* de 8 meq. Respecto al Calcio disponible, hay una respuesta lineal de la enmienda, (relación 1:1) hasta los 8 meq aplicados, observándose que después de éste valor se presenta un incremento mayor en la disponibilidad del calcio. (Ver gráfica No.8).

Se puede ver claramente en la gráfica No.9, que una vez alcanzado el nivel de saturación del calcio intercambiable con 8 meq aplicados, todo el calcio aportado por la enmienda, queda en forma disponible.

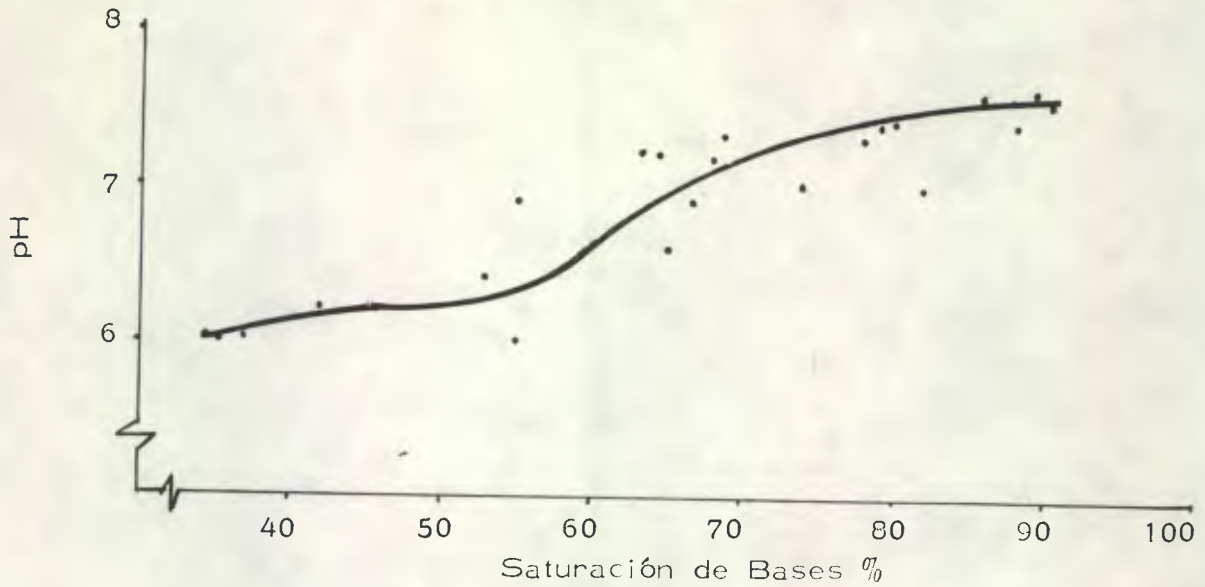
En los análisis estadísticos efectuados, tanto para el calcio disponible como para el calcio intercambiable, se observa que existe variación entre los resultados de los tratamientos aplicados. En las pruebas de significancia (MDS), se obtiene que:

- a. Para el calcio disponible los tratamientos superiores a 2 meq de enmienda resultan ser los mejores.

* enmienda = meq de Ca + Mg (Rel 6:1) por 100 grs. de suelo.

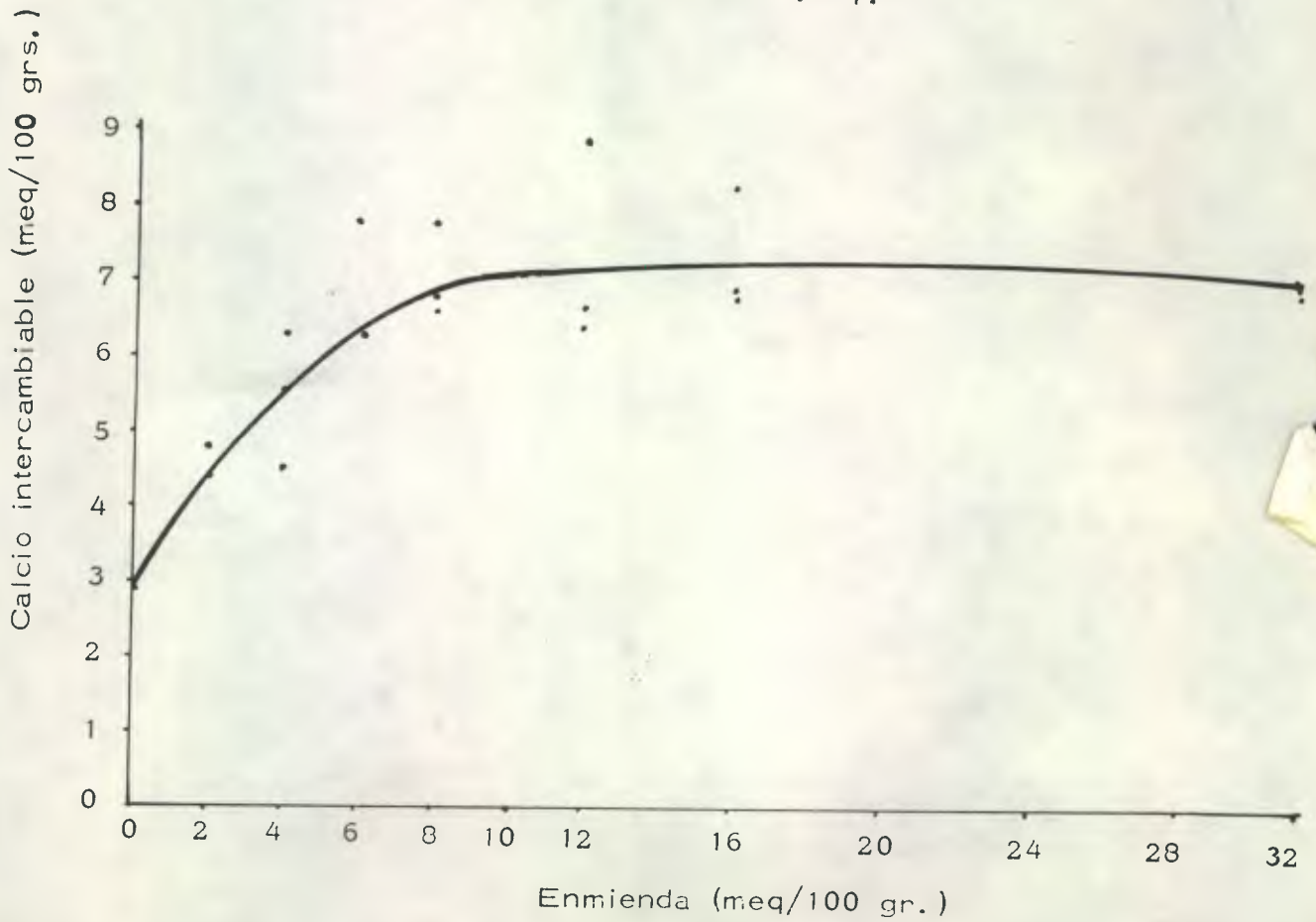
GRAFICA No.6

Relación entre el pH y el % de Saturación de bases en el suelo No.7.

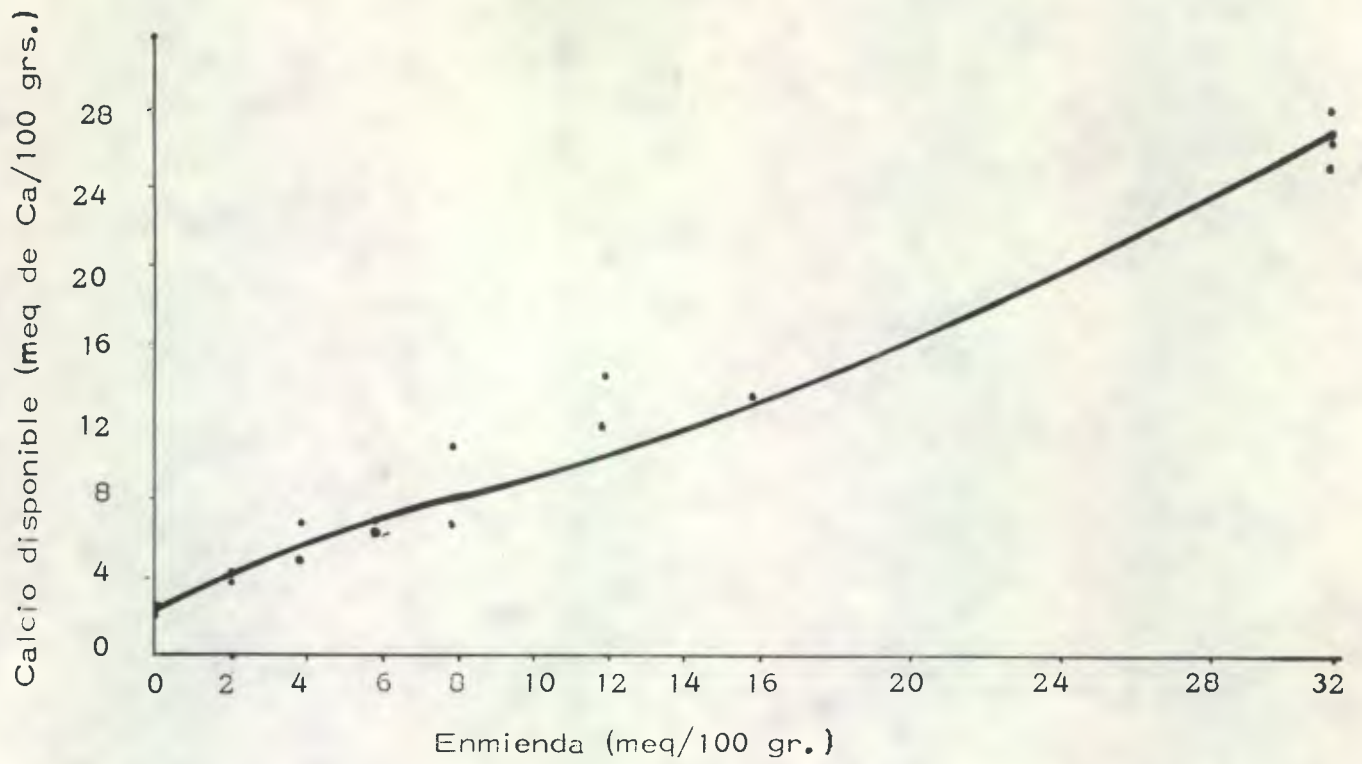


GRAFICA No.7

Efecto de la enmienda sobre el Calcio intercambiado en el suelo No. 7.

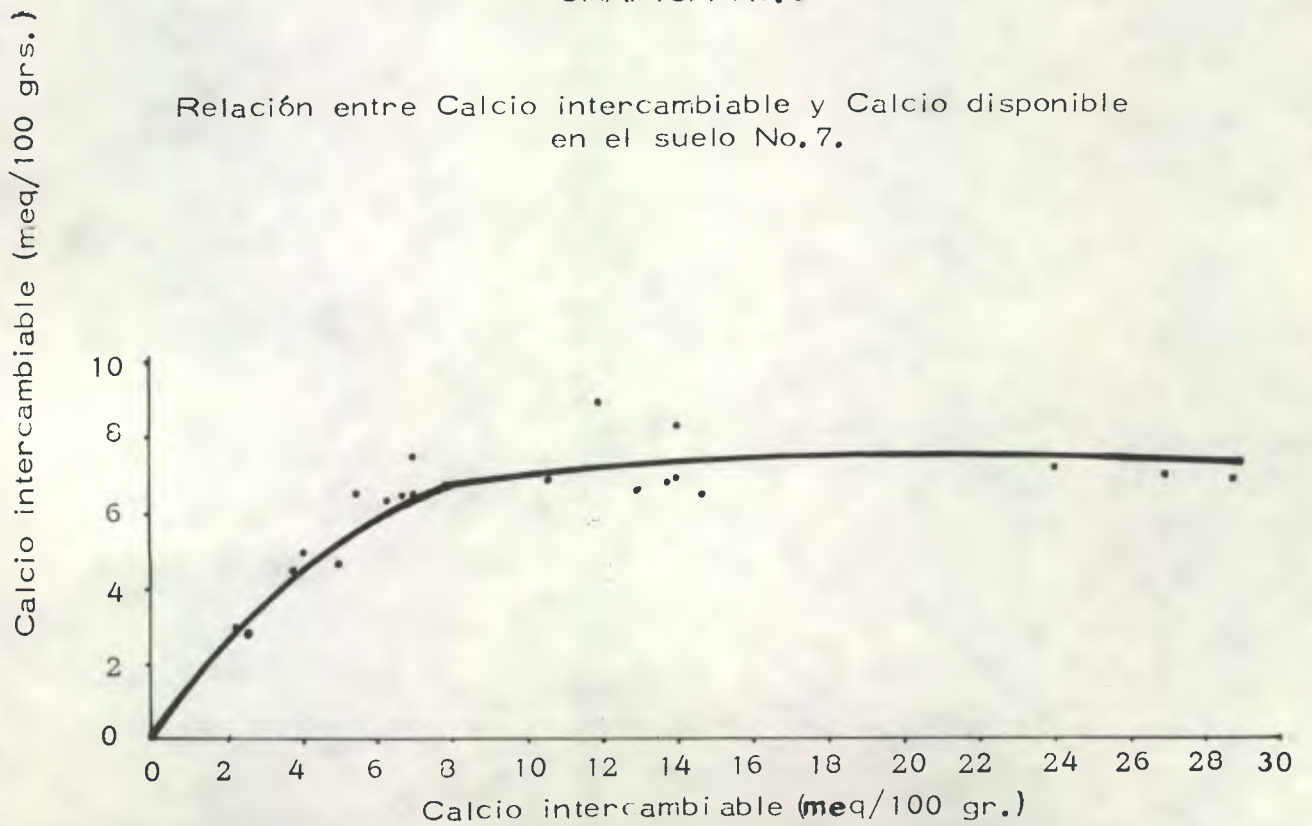


GRAFICA No.8
Efecto de la enmienda sobre el Calcio disponible en el suelo No. 7.



GRAFICA No.9

Relación entre Calcio intercambiable y Calcio disponible en el suelo No.7.



b. Para el calcio intercambiable, todos los tratamientos aplicados son superiores al testigo.

4.1.3 El Magnesio

La respuesta del Magnesio intercambiable a la enmienda*, en su fase inicial es de 1 meq de intercambio por cada 4 de enmienda, incrementándose a partir de los 8 meq y alcanzándose un valor máximo de Magnesio intercambiado de 5 meq con 32 meq de enmienda. (Ver gráfica No. 10)

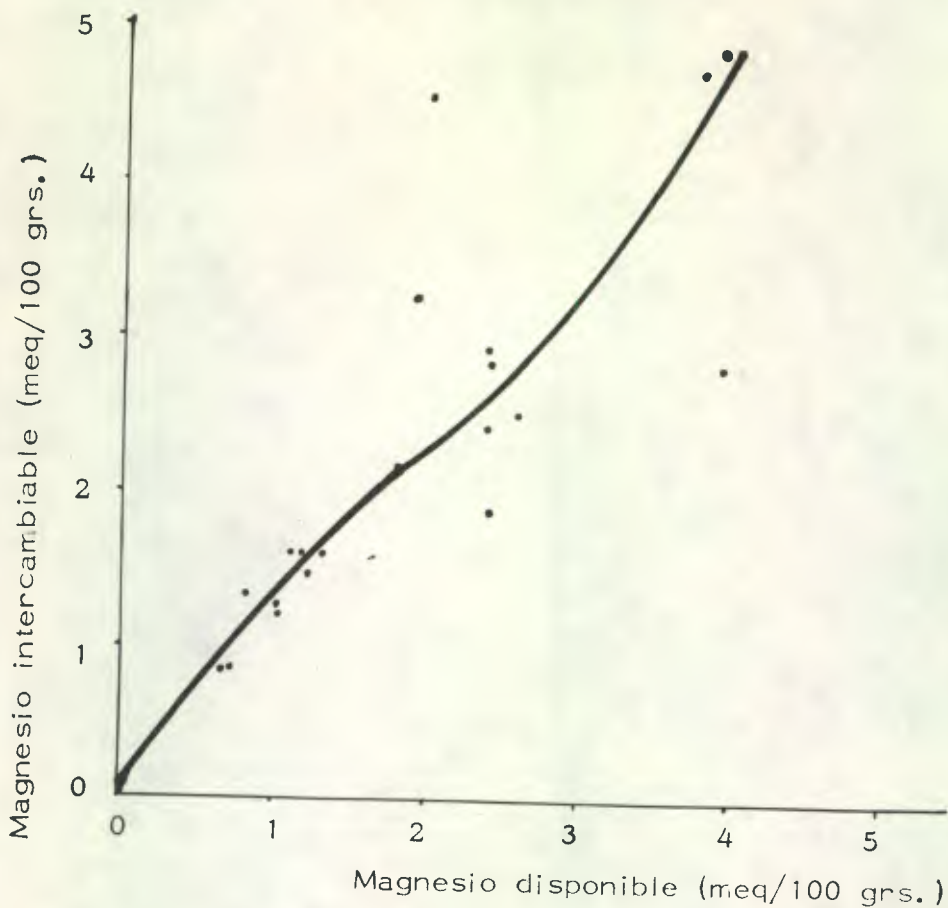
Al analizar la gráfica No. 11 se encuentra que a partir de 8 meq de enmienda el magnesio no sigue incrementándose y alcanza un nivel máximo de disponibilidad de 4 meq.

Se puede observar que a partir de 2 meq de magnesio disponible hay un decremento en la disponibilidad y aumenta la cantidad de magnesio intercambiable; esto coincide con el punto de saturación del calcio intercambiable. (Ver gráfica No. 12)

Los análisis estadísticos para el magnesio; tanto el disponible como el intercambiable, muestran una variación en sus diferentes resultados. Al hacer la prueba de significancia (MDS) se observó respecto al magnesio disponible que todos los tratamientos fueron superiores al testigo, exceptuando de ésta condición el nivel de enmienda de 2 meq.

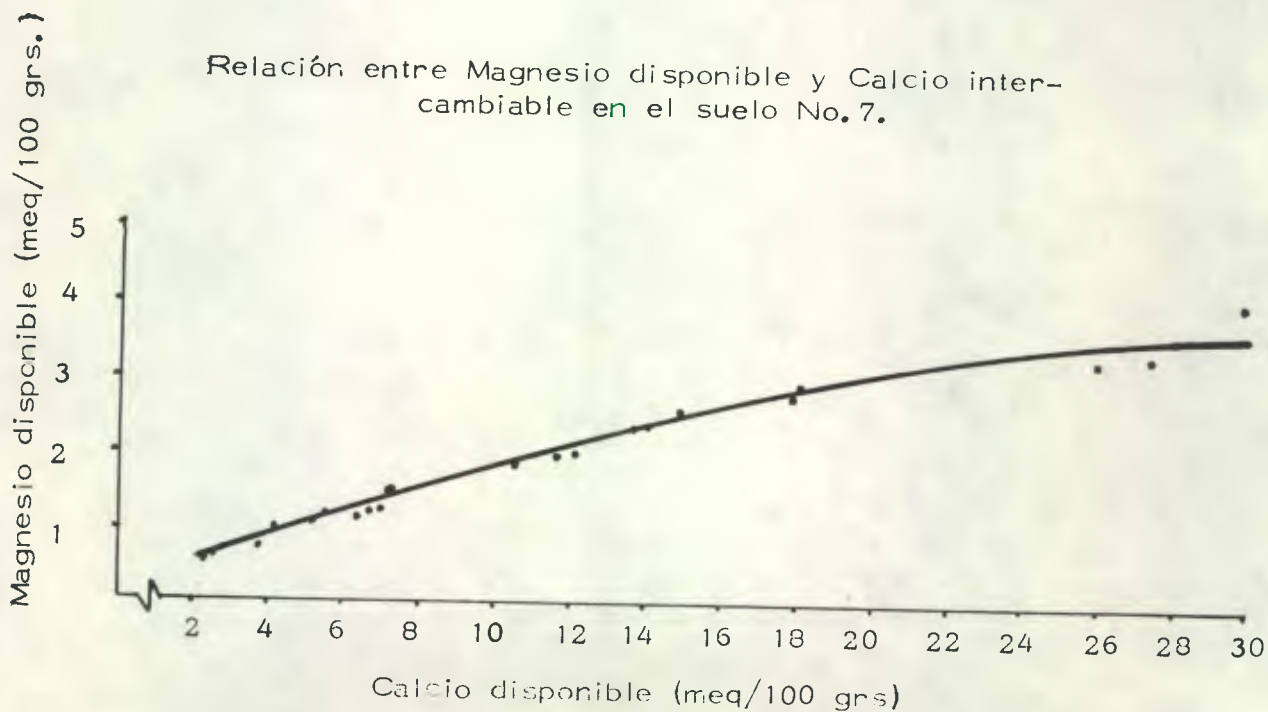
* enmienda = meq de Ca + Mg (Rel 6:1) por 100 grs. de suelo.

GRAFICA No. 12
Relación entre Magnesio intercambiable y Magnesio disponible en el suelo No.7.



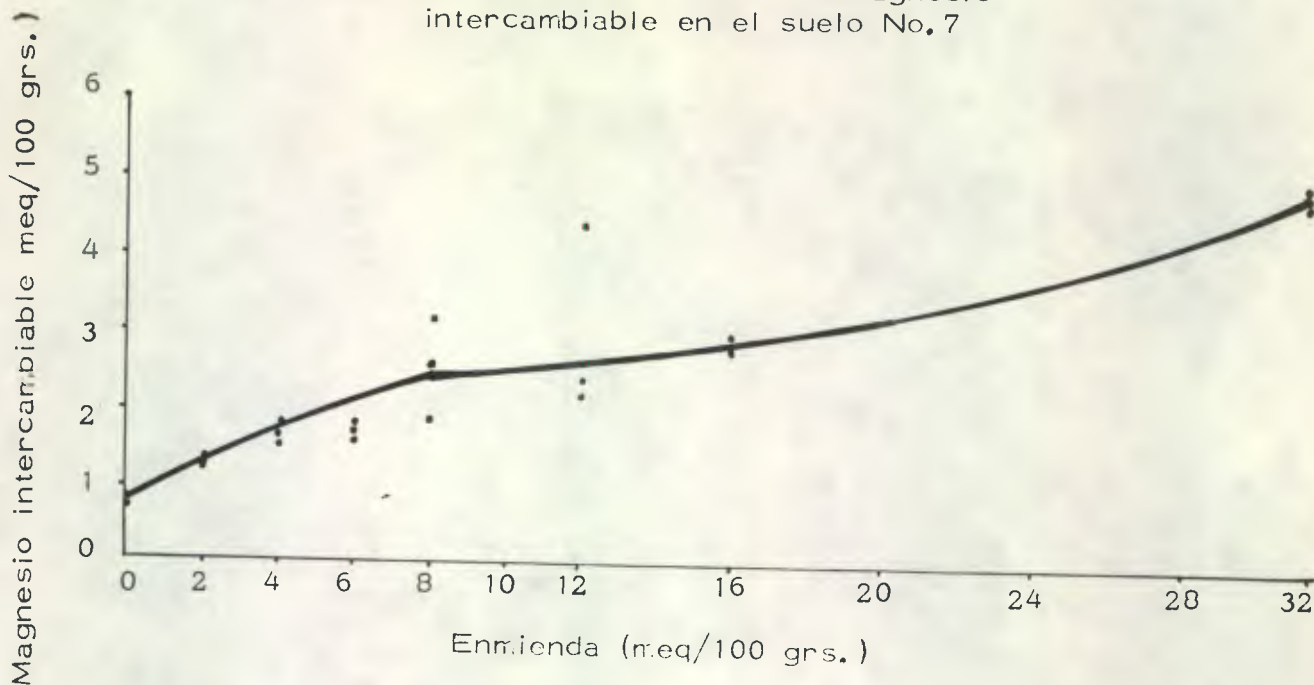
GRAFICA No. 13

Relación entre Magnesio disponible y Calcio intercambiable en el suelo No.7.



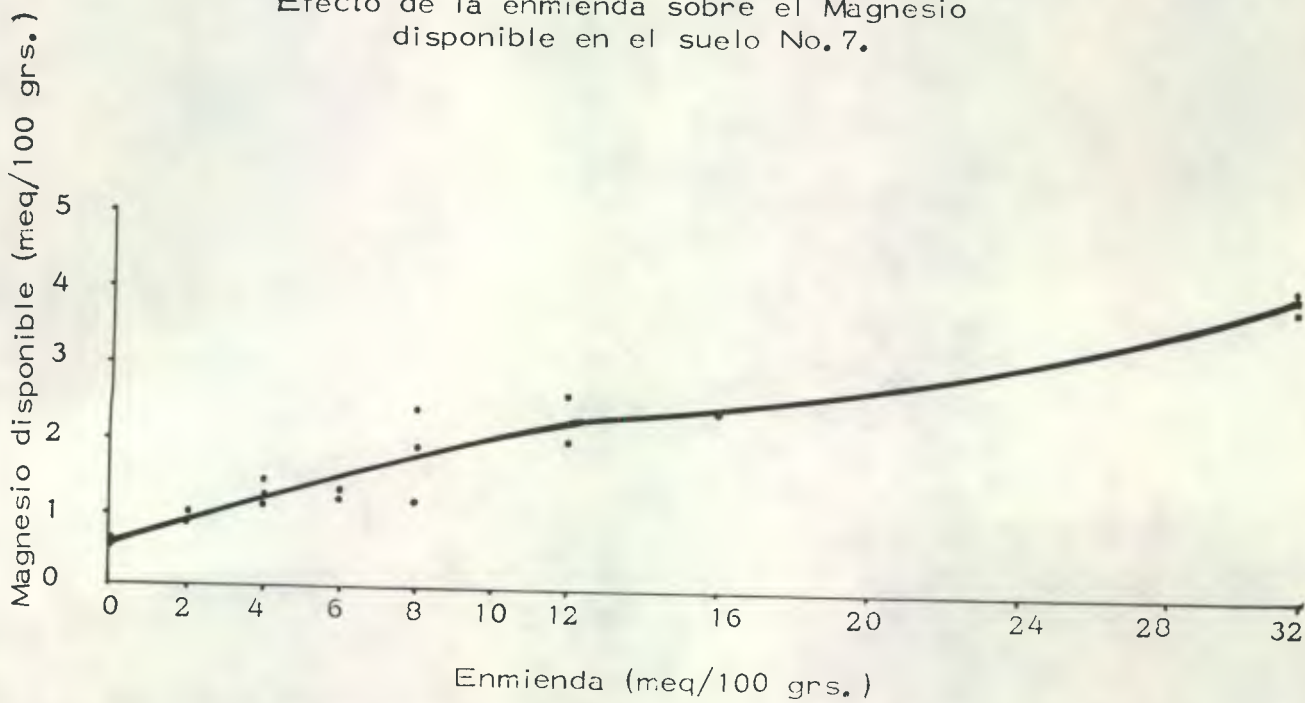
GRAFICA No. 10

Efecto de la enmienda sobre el Magnesio intercambiable en el suelo No. 7



GRAFICA No. 11

Efecto de la enmienda sobre el Magnesio disponible en el suelo No. 7.



4.1.4 Relaciones

Al analizar la gráfica No. 13, se puede observar que la relación de Ca/Mg disponibles es de 6:1 (la misma de la enmienda), pero a partir de ésta relación se observa un incremento hasta llegar a 8:1.

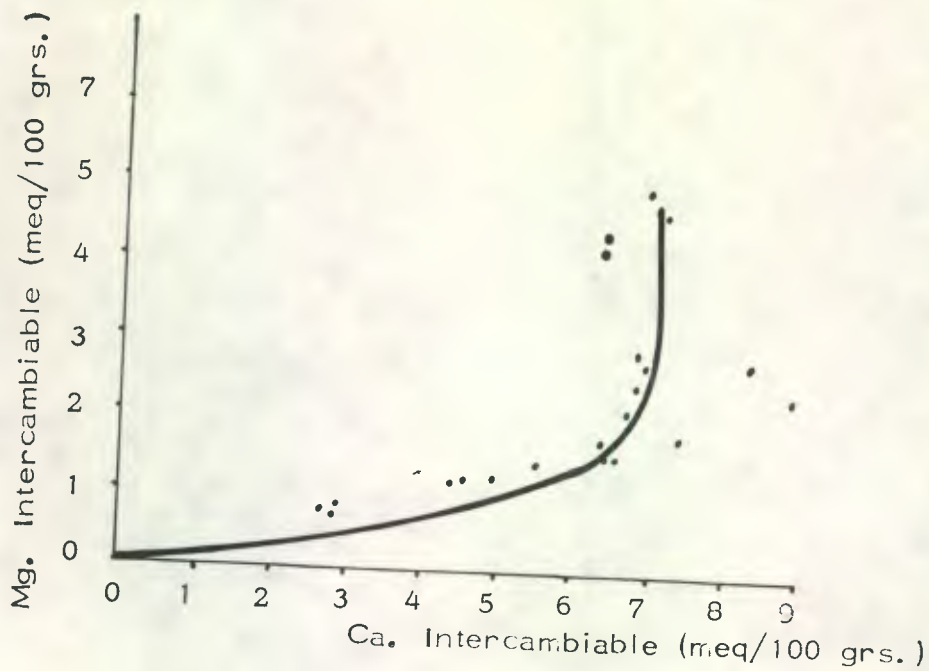
La gráfica No. 14, muestra que la relación de Ca/Mg intercambiables se mantienen en una relación de 3.5:1, hasta los valores entre 6 y 7 meq de calcio intercambiable siendo éste el punto donde se estabiliza el intercambio del calcio. El magnesio no se comporta de ésta forma, ya que alcanza valores de 5 meq de magnesio intercambiable, dándose una relación Ca/Mg decreciente hasta un valor de 1.4:1.

Analizando ambas curvas a la vez (Gráficas Nos. 13 y 14) vemos que las dos coinciden, pues cuando el intercambio de calcio se estabiliza, el calcio disponible se incrementa. Con respecto a la relación entre el Ca/Mg intercambiables y la enmienda, según la gráfica No. 15 se observa que hubo un incremento en la mencionada relación de 3 a 4, alcanzándose con valores entre 6 y 8 meq de enmienda; al incrementarse la cantidad de enmienda, a pesar que se aplicó una relación hasta llegar a valores de 1.5:1 con 32 meq de enmienda*. La mejor relación se obtiene con 6 meq de enmienda lo cual coincide con valores obtenidos en el pH, el % de saturación de bases y el calcio intercambiable.

* enmienda = meq de Ca + Mg (Re! 6:1) por 100 grs. de suelo.

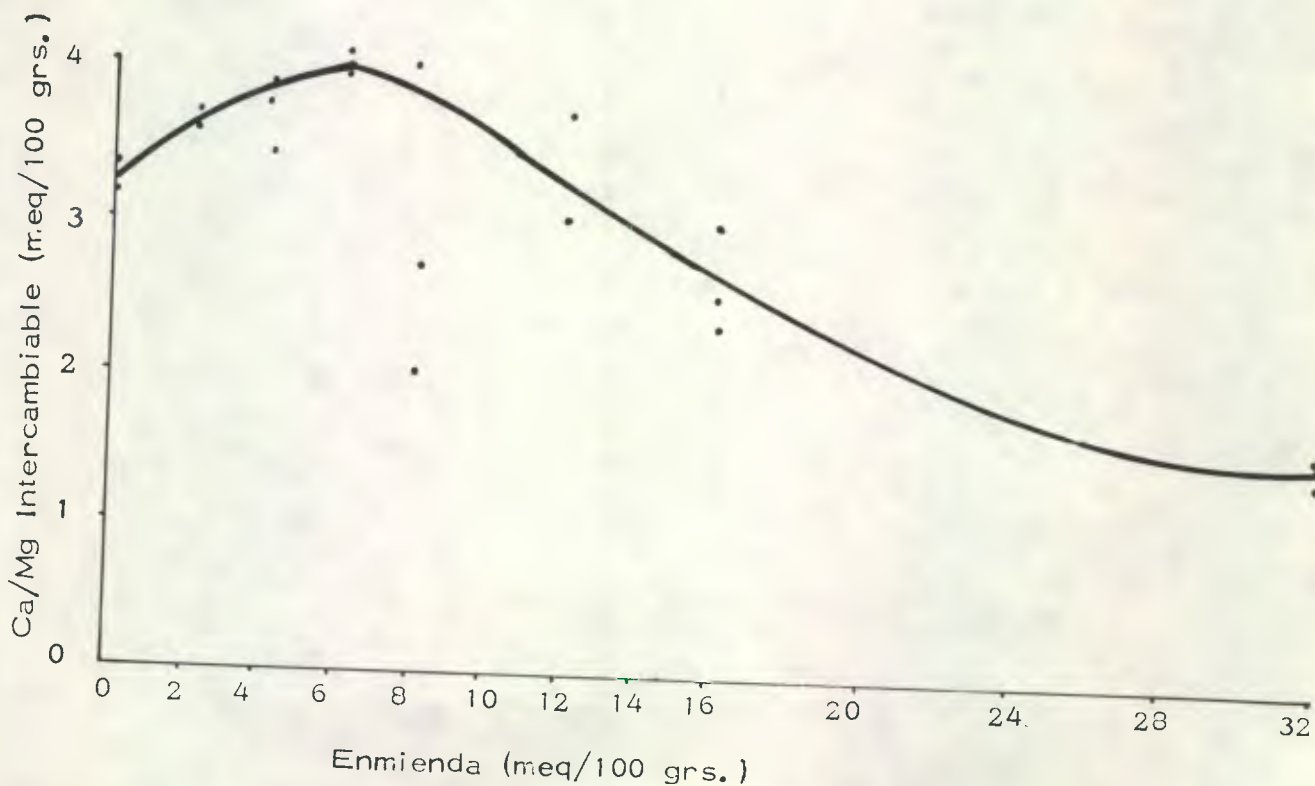
GRAFICA No. 14

Relación entre Magnesio intercambiable y Calcio intercambiable en el suelo No. 7.



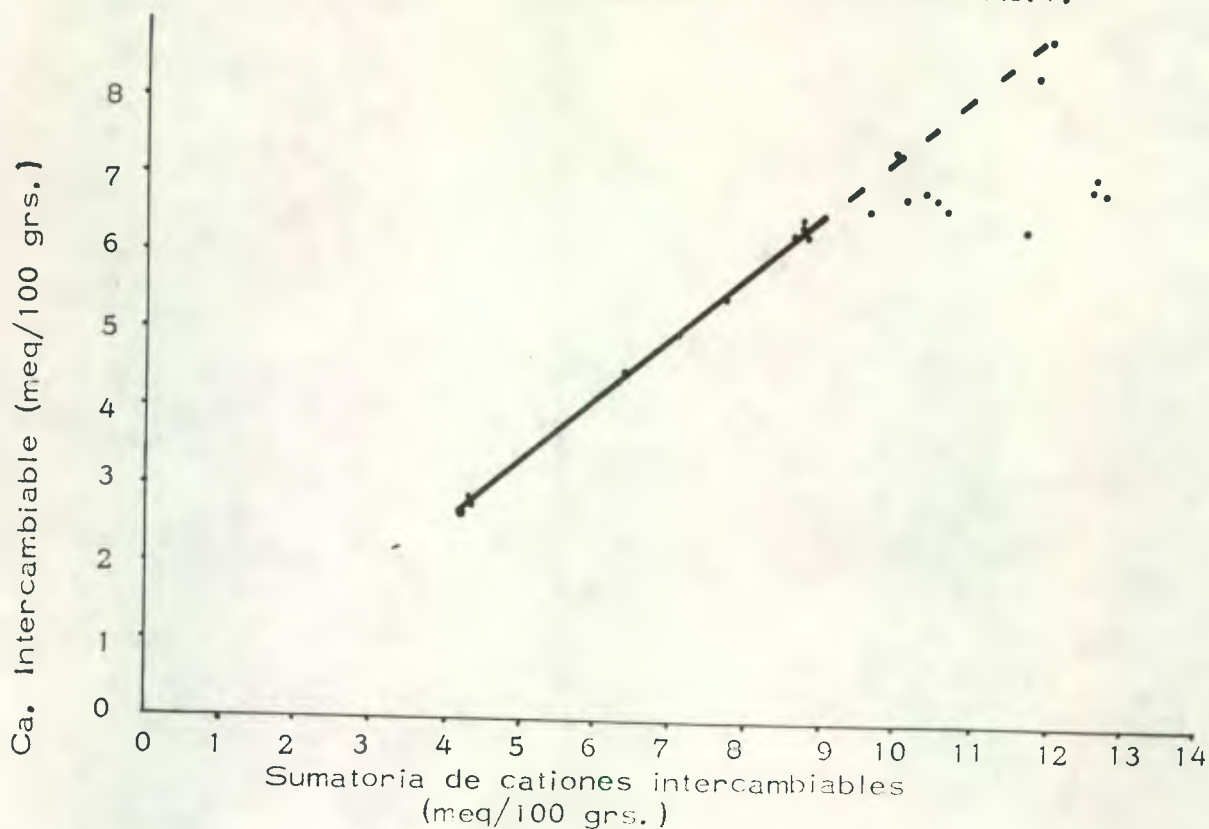
GRAFICA No. 15

Efecto de la enmienda sobre la relación Ca/Mg intercambiables en el suelo No. 7.



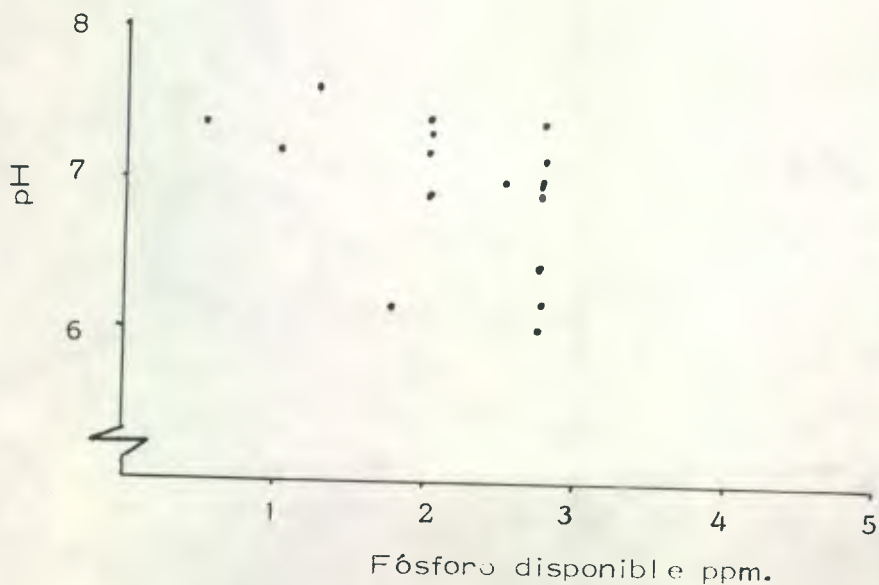
GRAFICA No. 16

Relación entre Calcio intercambiable y la sumatoria de cationes intercambiables en el suelo No.7.



GRAFICA No. 17

Relación entre pH y Fósforo disponible en el suelo No. 14.



Al comparar el calcio intercambiable respecto al total de bases cambiables, éste se reporta en una cantidad que equivale al 72% del total de bases, valor que se considera como bueno. A partir de los 7 meq de calcio intercambiable, se observa una variación en los valores del calcio; se esperaba que siguiera la misma tendencia manifestada en la gráfica hasta los 7 meq de calcio. (Ver gráfica No. 16).

4.1.5 Respuesta del Fósforo disponible

Como se aprecia en la gráfica No. 17, los datos obtenidos para el fósforo disponible y su relación con el pH, no muestran un comportamiento muy claro. La situación de ésta gráfica, es atribuida a que el fósforo en estos suelos ya de por sí es bajo, por consiguiente la eficiencia en la extracción del poco fósforo disponible es baja.

4.2 Suelo No. 14

4.2.1 El pH y la saturación de bases:

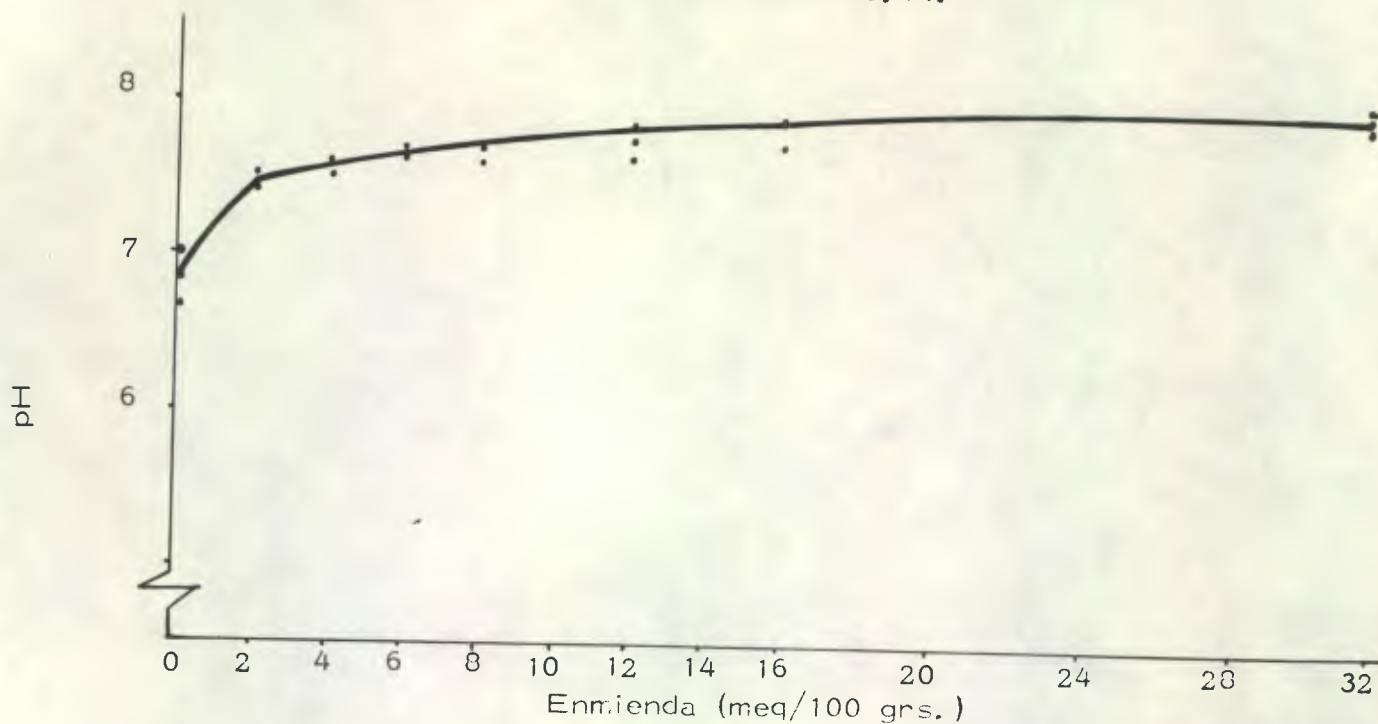
Al analizar la interrelación que existe entre el pH y el % de saturación de bases, se puede ver que con 1 meq de enmienda* se logra un incremento de 0.75 unidades de pH. El mayor incremento de pH, se logró con la dosis de 3 meq de enmienda, después de éste valor, el aumento de la reacción del suelo es mínima. (Ver gráfica No. 18).

Se observa una relación directa entre el pH y el % de saturación de bases, alcanzándose un 55% de saturación de bases, (partiendo de un CTI promedio de 15.5 meq/100) a un pH 7.5;

* enmienda = meq de Ca + Mg (Rel 6:1) por 100 grs. de suelo.

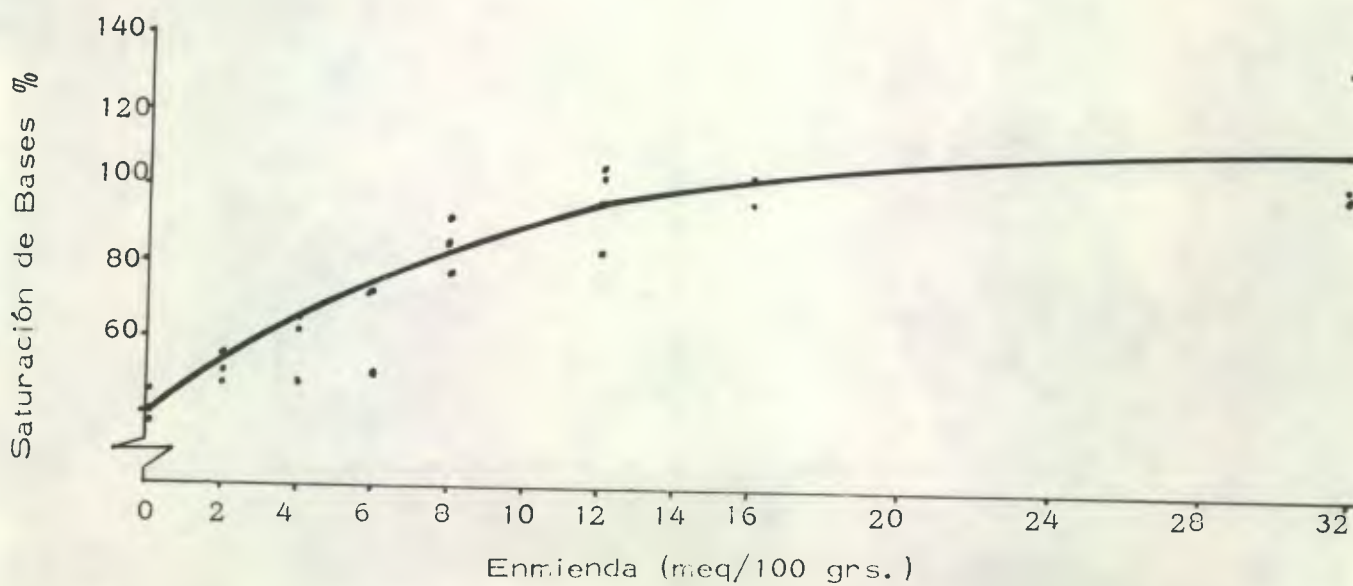
GRAFICA No. 18

Efecto de la enmienda sobre la Saturación de bases en el suelo No. 14.



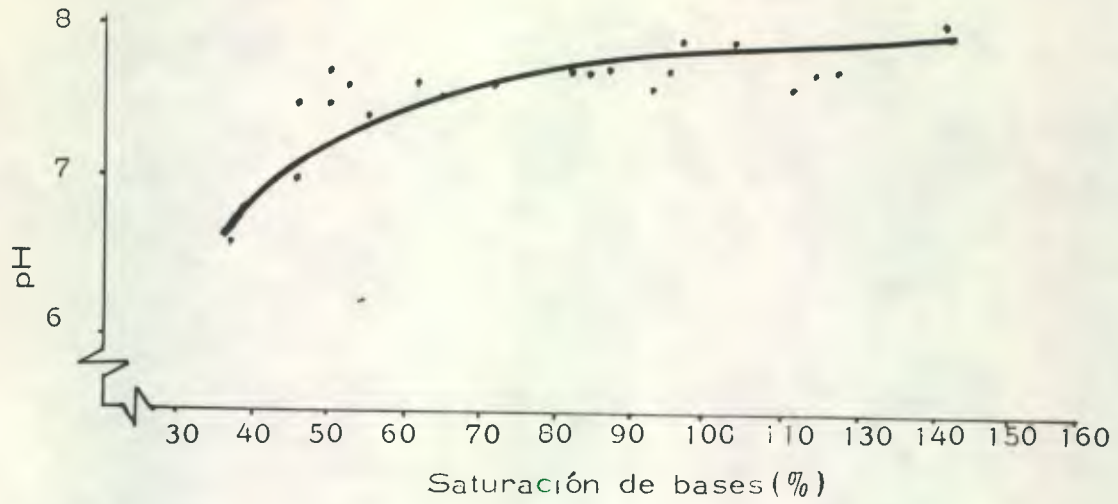
GRAFICA No. 19

Efecto de la enmienda sobre la Saturación de Bases en el suelo No. 14.



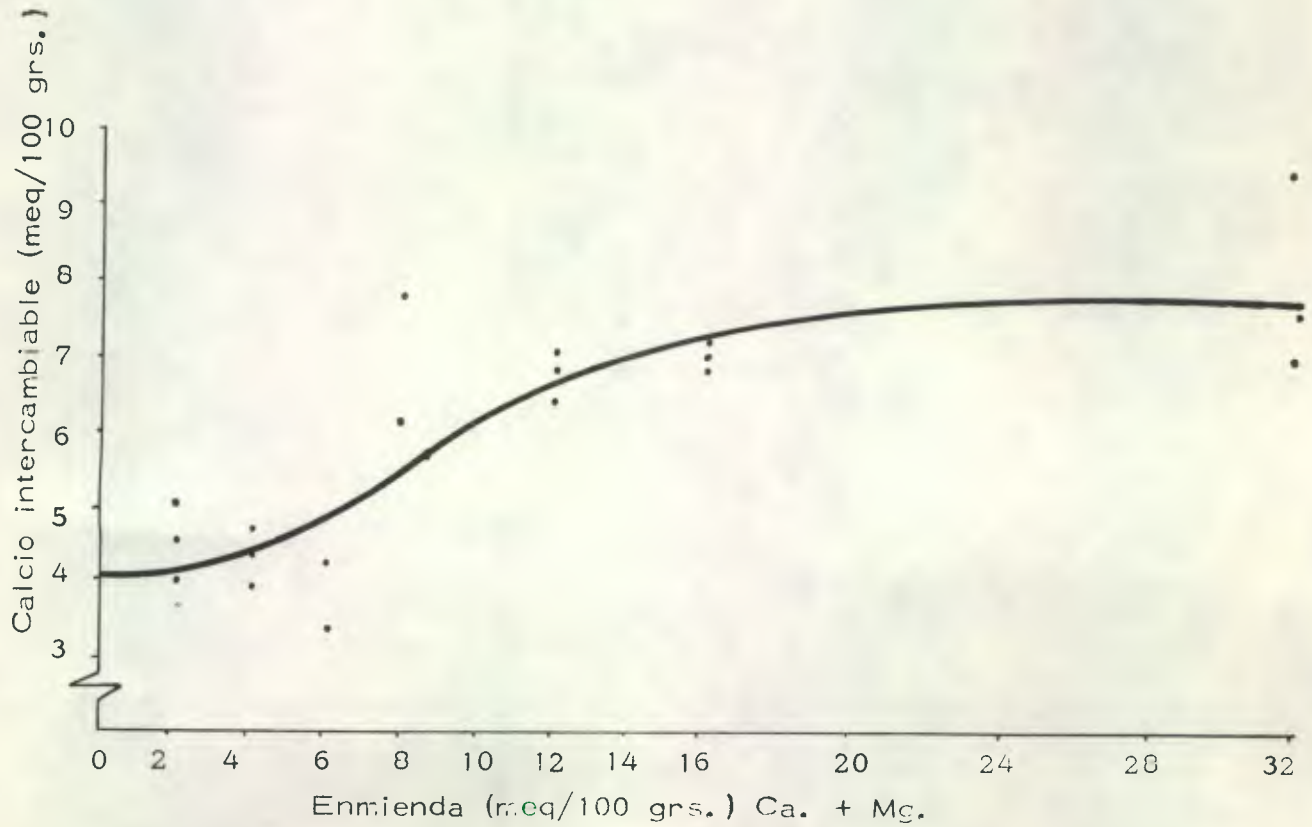
GRAFICA No. 20

Relación entre pH y el % de Saturación de Bases en el suelo No. 14.



GRAFICA No. 21

Efecto de la enmienda sobre el Calcio intercambiable en el suelo No. 14.



después de este valor, el incremento ya no es directo como los es al principio de la curva, disminuyendo hasta llegar al 100% de saturación. Nótese que a partir de éste último valor, el aumento es muy lento y llega hasta el 110% con los niveles de 16 y 32 meq de enmienda respectivamente. (Ver gráficas Nos. 19 y 20)

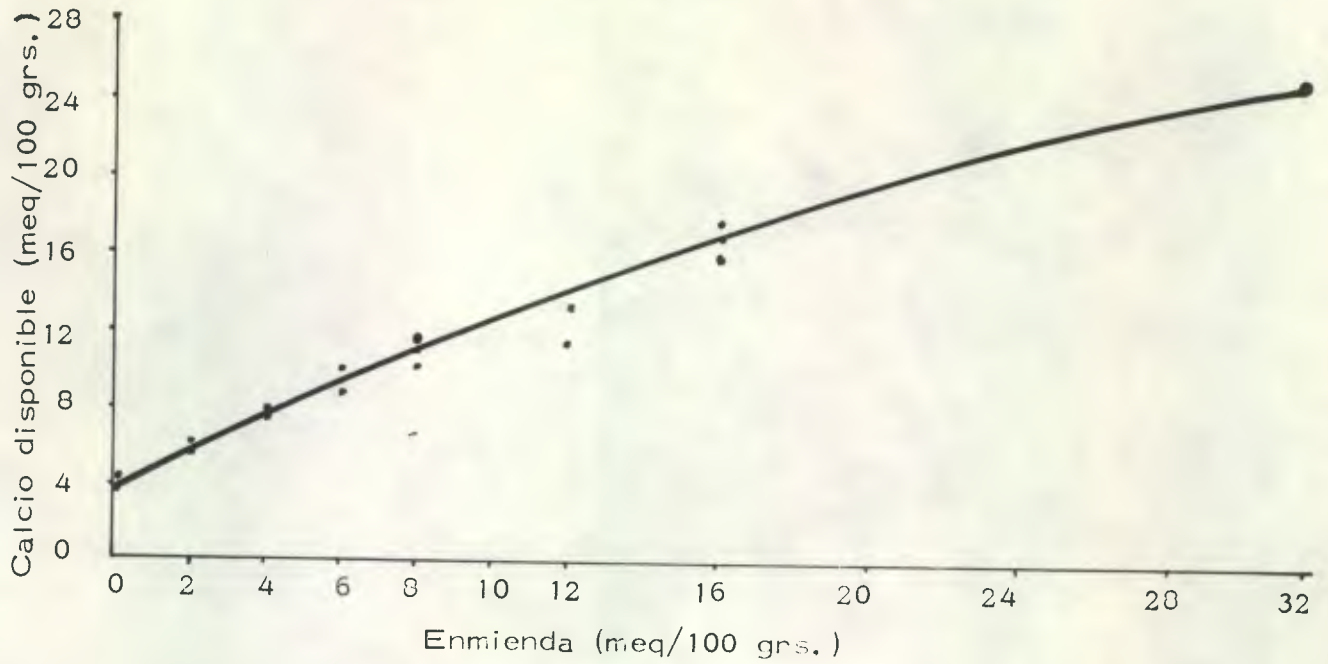
4.2.2 El Calcio

La mayor respuesta del suelo en relación al calcio intercambiable, se obtuvo entre los 4 y 12 meq de enmienda, alcanzando con éste último un nivel de 7 meq de calcio intercambiable, el cual se considera en términos generales como satisfactorio. En vista de que el pH se logra incrementar en 0.75 unidades (entre 6.75 y 7.5), con sólo 3 meq de enmienda, puede considerarse un nivel hasta de 12 meq de enmienda aplicada al suelo para lograr un nivel de calcio intercambiable, como lo serían 7 meq/100 gr. que prácticamente incrementa al pH en una unidad (entre 6.75 a 7.75). Después de los 12 meq de enmienda, el incremento del Calcio intercambiable es mínimo ya que se observa que éste llega a un nivel de 7.75 meq cuando se aplican 32 meq de enmienda (Ver gráfica No.21).

En la gráfica No.22 puede observarse que el calcio aplicado en los primeros tres tratamientos pasa a formar parte del calcio disponible; (no hay calcio intercambiado como se aprecia en la gráfica No.21). Se nota que hubo un decremento en el calcio disponible y un aumento en el calcio intercam-

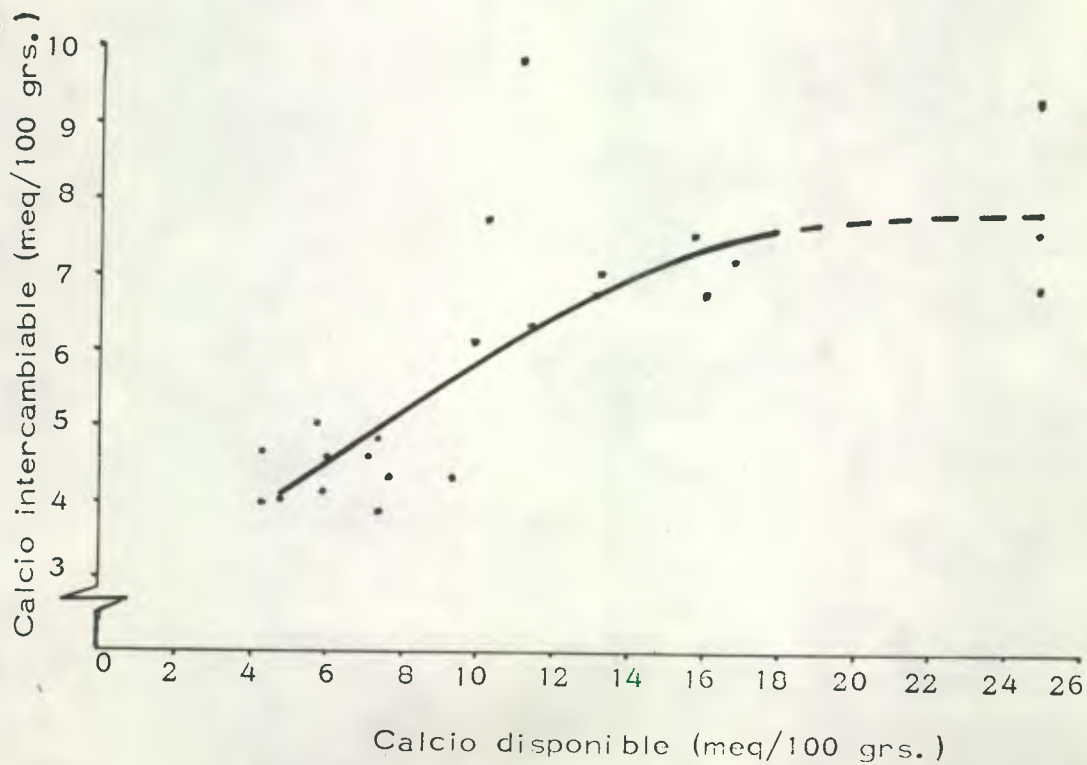
GRAFICA No. 22

Efecto de la enmienda sobre el Calcio disponible en el suelo No. 14.



GRAFICA No. 23

Relación entre Calcio intercambiable y Calcio disponible en el suelo No. 14.



biable entre los tratamientos de 8 y 12 meq de enmienda, manteniéndose una relación de Ca disp/Ca int. aproximadamente de 2:1 hasta los 7.5 meq de calcio intercambiable, a partir del cual todo el calcio agregado pasa a ser disponible (ver gráfica No.23), debido a que alcanzó su punto de saturación. Según gráfica No.27, el calcio intercambiable tiene una saturación del 45% respecto al total de bases cambiables.

El análisis estadístico, indica que existe una variación entre los tratamientos aplicados tanto para el calcio disponible, como para el calcio intercambiable.

Las pruebas de significancia (MDS) demuestran que:

- a. Para el calcio disponible todos los tratamientos aplicados son superiores al testigo.
- b. Para el calcio intercambiable los mejores tratamientos, fueron los superiores a la aplicación de 8 meq de enmienda*.

4.2.3 El Magnesio

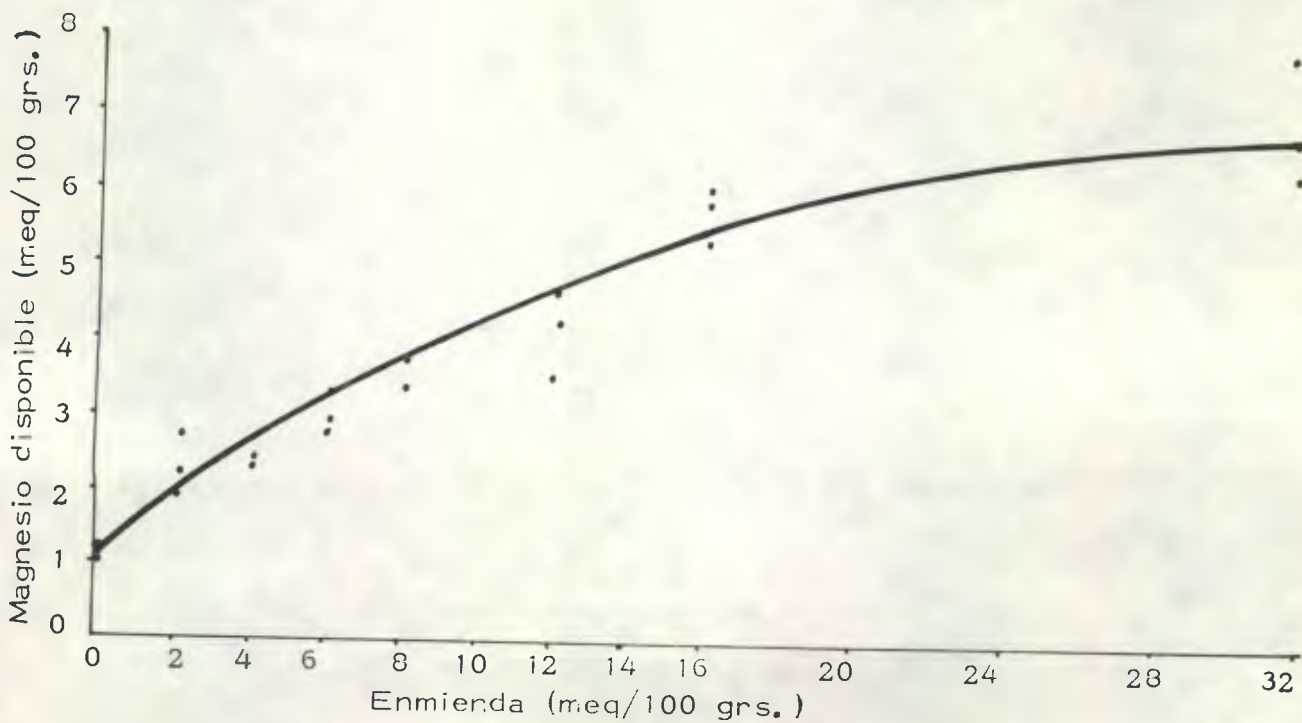
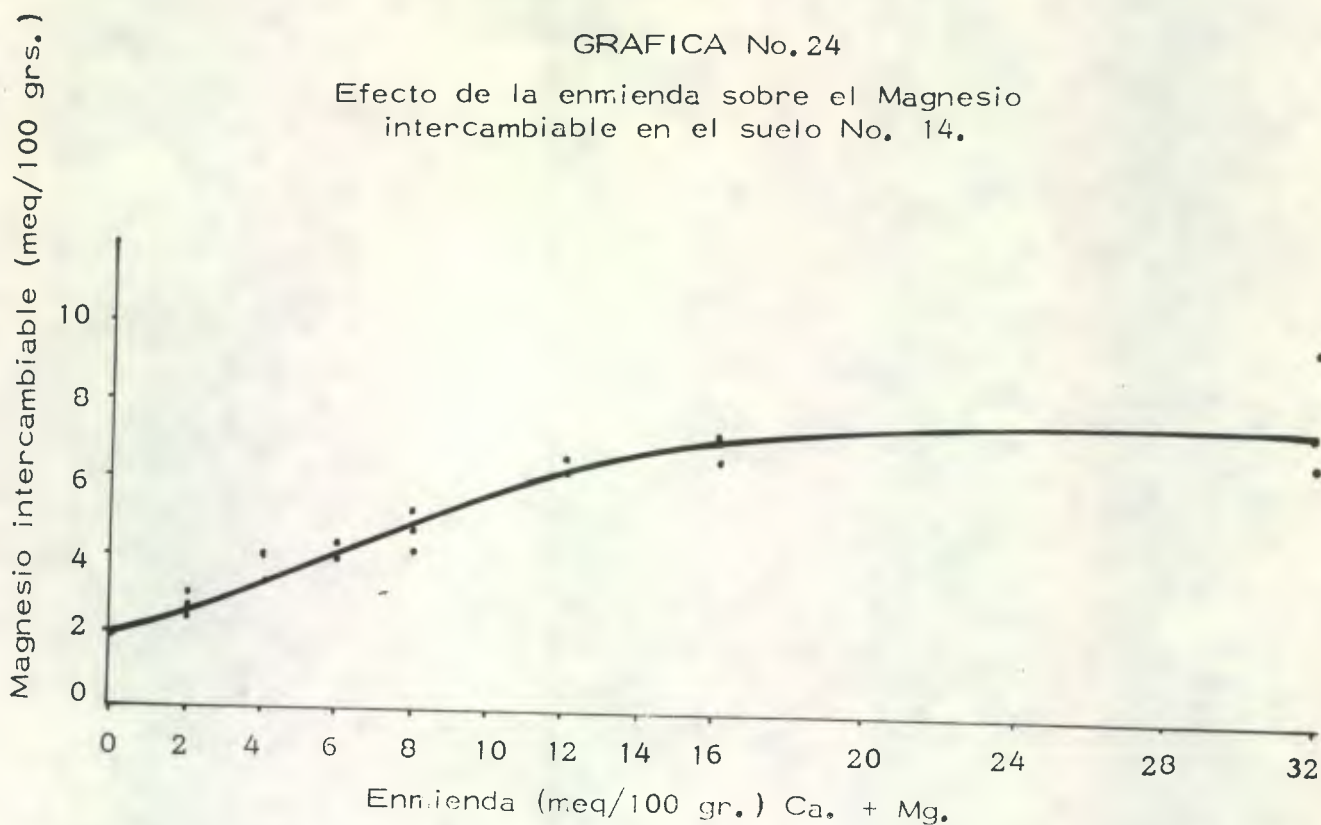
El Magnesio mantiene un intercambio constante hasta los 6.5 meq, que se obtienen con 14 meq de enmienda aplicada. A partir de este valor el magnesio intercambiable se estabiliza, puesto que ha alcanzado su nivel de saturación. (Ver gráfica No.24)

En la gráfica No.25 se puede observar que el magnesio disponible aumenta proporcionalmente a la enmienda aplicada, hasta llegar a un nivel de disponibilidad de 5.5 meq,

* enmienda = meq de Ca + Mg (Rel 6:1) por 100 grs. de suelo.

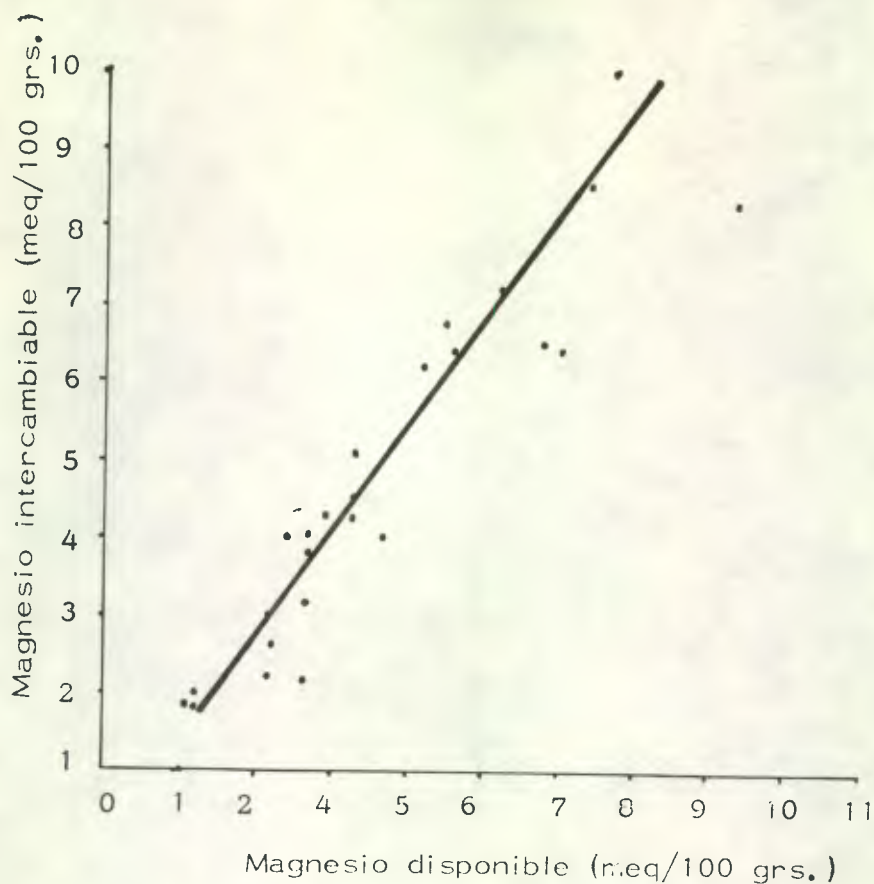
GRAFICA No. 24

Efecto de la enmienda sobre el Magnesio intercambiable en el suelo No. 14.



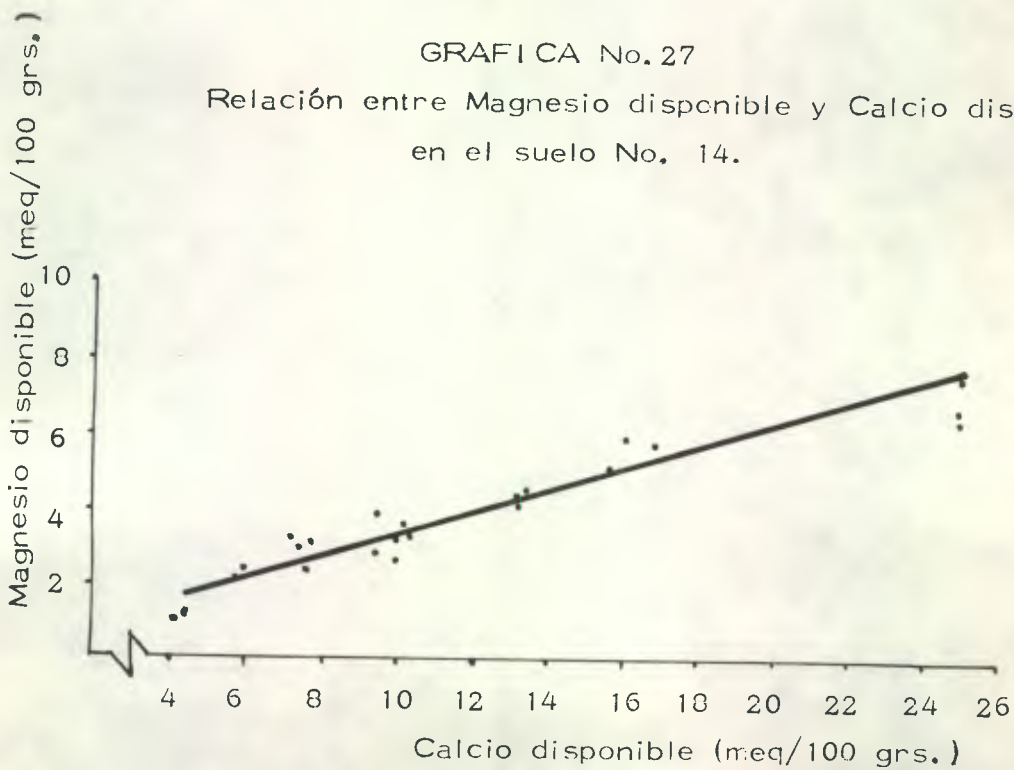
GRAFICA No. 26

Relación entre Magnesio intercambiable y Magnesio disponible en el suelo No. 14.



GRAFICA No. 27

Relación entre Magnesio disponible y Calcio disponible en el suelo No. 14.



alcanzados con 16 meq de enmienda. A partir de éste punto el incremento puede considerarse mínimo puesto que solamente hay un aumento de 1 meq de magnesio disponible con 16 meq de aplicación de enmienda.

El análisis estadístico, indica que todos los tratamientos tuvieron variación tanto en el Magnesio intercambiable como en el disponible. La prueba de significancia (MDS) al 5% de probabilidad, dió una diferencia entre los tratamientos aplicados y el testigo, siendo éstos superiores al suelo que se obtuvo en el muestreo original.

4.2.4 Relaciones

La relación Mg int/Mg disp. mantiene una relación 2:3 hasta los 6.5 meq de magnesio intercambiable, observándose una inestabilidad de la relación después de este punto. (Ver gráfica No.26)

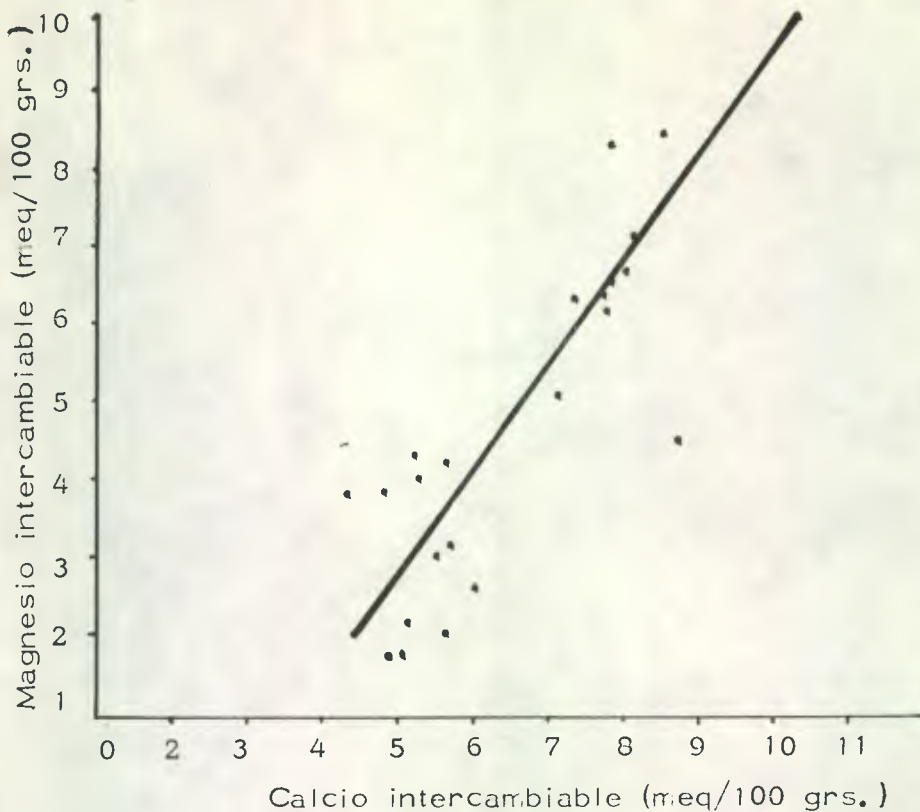
Al observar la gráfica No.27, se puede notar que la relación Mg disp/Ca disp. se mantiene constante en una relación 1:3 a cualquier valor de Ca disponible.

El comportamiento de la relación Ca int/Mg int. se mantiene en una forma proporcional 1:1 o sea que indistintamente se intercambiaron los dos elementos. (Ver gráfica No.28)

En la relación existente entre Ca/Mg intercambiables, respecto a los diferentes valores de enmienda, tal como se observa en la gráfica No.29 disminuye conforme aumenta el valor de la enmienda, hasta llegar a una relación 0,75:1

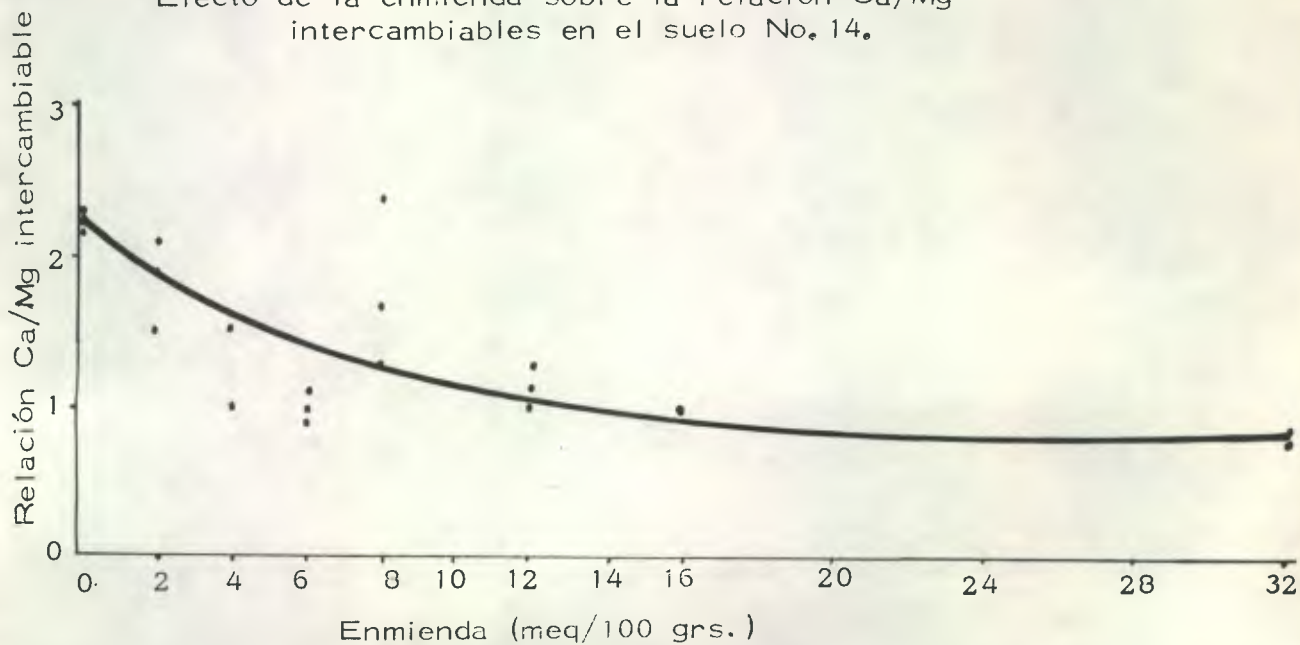
GRAFICA No. 28

Relación entre Magnesio intercambiable y Calcio intercambiable en el suelo No. 14.



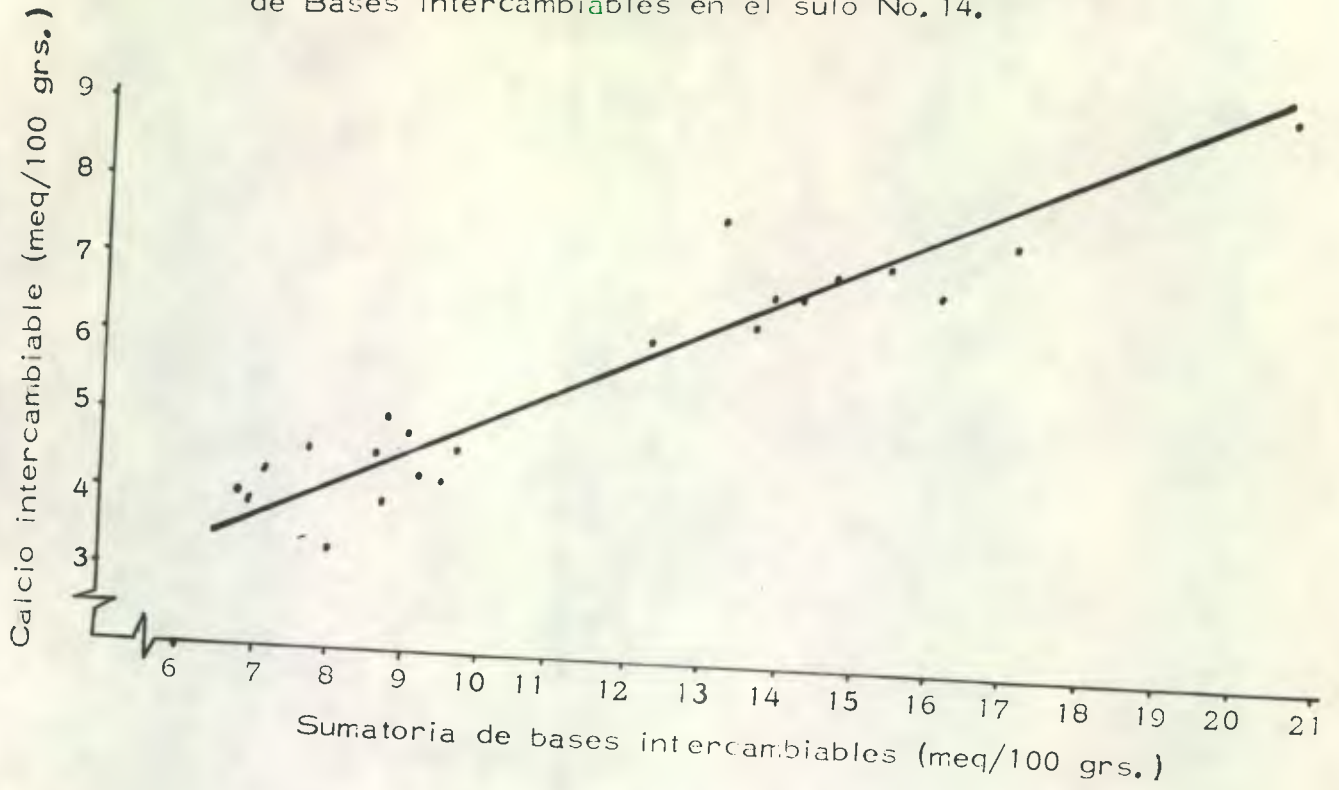
GRAFICA No. 29

Efecto de la enmienda sobre la relación Ca/Mg intercambiables en el suelo No. 14.



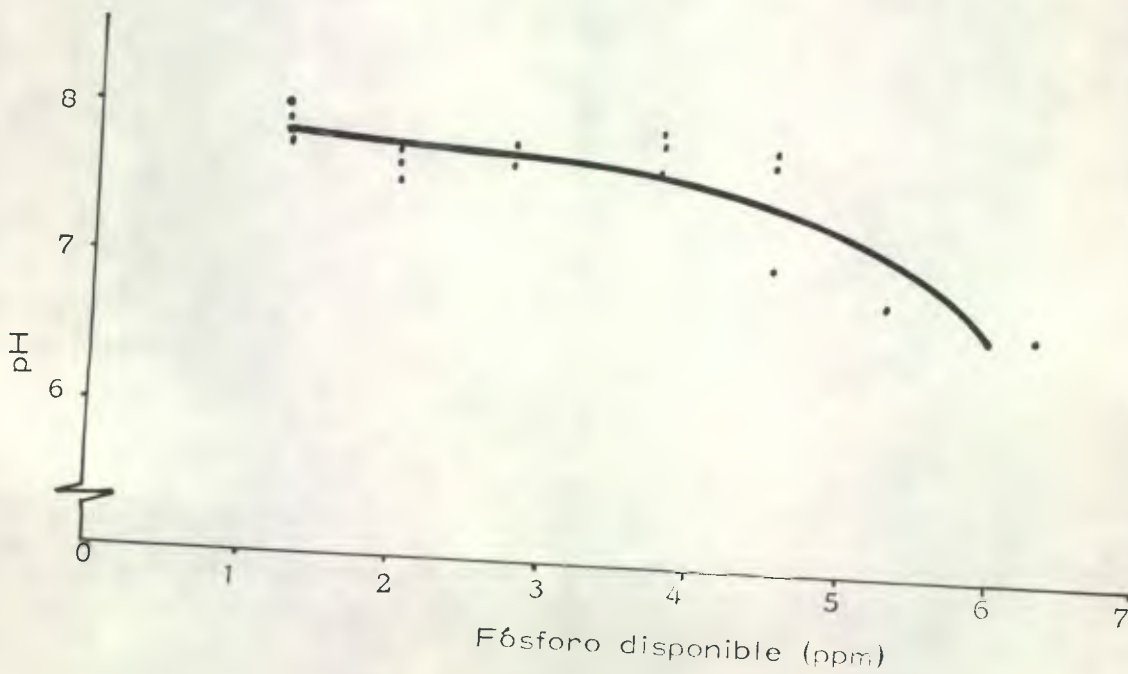
GRAFICA No. 30

Relación entre Calcio intercambiable y la sumatoria de Bases intercambiables en el suelo No. 14.



GRAFICA No. 31

Relación entre pH y Fósforo disponible en el suelo No. 14.



La disminución de ésta relación, puede interpretarse como una cedencia del suelo en el elemento Magnesio, puesto que se partió en el testigo con un nivel adecuado. Analizando la relación entre el calcio intercambiable y el total de bases cambiables, se puede apreciar que el calcio se mantiene sustituido en un 45% respecto al total de base (Ca, Mg, K, Na), éste valor es puede considerarse como bajo y es atribuido al tipo de arcilla y la baja capacidad total de intercambio. (CTI = 15.5 meq/100 gr.)

4.2.5 Respuesta del Fósforo disponible

Al observar la gráfica No. 31 se aprecia que a valores de pH comprendidos entre 6.5 a 7.5 la disponibilidad de fósforo es mayor, mientras que arriba de pH 7.5 disminuye la cantidad de fósforo; a ésta situación hay que agregar que los niveles de fósforo en éstos suelos son bastante bajos y en presencia de altas cantidades de calcio hay formación de compuestos insolubles como lo son fosfatos tricalcicos.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Respecto al suelo No.7

5.1.1 Conclusiones

1. El pH de éste suelo se logró incrementar de un pH 6 a 7 con una enmienda de 6 meq/100 grs. de suelo, equivalentes a 5.14 toneladas de Carbonato de Calcio y 0.72 toneladas de Carbonato de Magnesio. Estos resultados se obtuvieron al analizar el suelo después de aplicada la enmienda y haber sido incubada por 30 días.
2. Con 8 meq de enmienda se alcanza el mayor intercambio de Ca y Mg obteniéndose un incremento de 40% en la Saturación de Bases, comprendidos entre el 35% y 75% de S.B. A partir de éste punto no hay una respuesta significativa a la enmienda.
3. El nivel de saturación del Calcio intercambiable para éste suelo es de 7 meq/100 grs., el cual se alcanza con una aplicación de 8 meq de la enmienda. El porcentaje de calcio intercambiable respecto al total de bases, se mantiene en 72% hasta los 7 meq de Calcio intercambiable, a partir del cual éste porcentaje decrece. Esto coincide perfectamente con el punto de saturación del calcio intercambiable.
4. A partir de 8 meq de enmienda ya no hay intercambio de calcio, quedando todo en forma disponible; ésta situación representa el problema de posible pérdida de la enmienda

por efectos de lixiviación por la alta precipitación pluvial que hay en la zona.

5. El nivel de Magnesio intercambiable obtenido con 8 meq de enmienda*, es de 2 meq/100 gr., para éste mismo valor de enmienda se tiene una relación Ca/Mg intercambiable equivalente a 4:1.
6. Debido al bajo nivel del fósforo disponible no hubo ninguna mejora significativa en la disponibilidad de este elemento. Sin embargo, se observó una ligera disminución en la disponibilidad con los niveles máximos de enmienda, posiblemente debido al exceso de calcio aplicado que tuvo como consecuencia la formación de compuestos insolubles.

5.1.2 Recomendaciones

1. De acuerdo a la respuesta del suelo a la enmienda, se recomienda hacer aplicaciones de calcio más Magnesio en cantidades que van de 4 a 6 toneladas por manzana.
2. La práctica del encalado debe ser acompañada de una fertilización con N, P, K; siendo aconsejable controlar el pH y la saturación de bases posterior a la aplicación de la enmienda.
3. Las fertilizaciones con N-P-K deben hacerse por lo menos 30 días después de la aplicación de la enmienda, para evitar la formación de compuestos de calcio insolubles e inprovechables por las plantas.

* enmienda = meq de Ca + Mg (Rel 6:1) por 100 grs. de suelo.

4. El encalado y la fertilización no deben hacerse en forma masiva, pues la capacidad de intercambio del suelo es bastante baja (CTI = 13 meq/100 gr.) para retener gran cantidad de nutrimentos; recomendándose efectuar la enmienda y la fertilización fraccionando las cantidades totales en dos o tres partes en el transcurso de cada año, lográndose en esta forma mejores resultados y menos pérdidas por lixiviación.

5.2 Respecto al Suelo No.14

5.2.1 Conclusiones

1. El pH de este suelo tuvo su mayor incremento equivalente a 0.75 unidades de pH, comprendidos entre los valores de 6.75 a 7.5, a partir de este último valor la respuesta fue muy poca, alcanzándose un pH máximo de 8 con una enmienda de 32 meq/100 grs. La escasa respuesta pudo ser debido a: el nivel inicial de pH, el tipo de arcilla, el tiempo de incubación y al poder tampón del suelo.
2. Con la aplicación de 10 meq de la enmienda, el complejo de intercambio del suelo reportó un 90% de saturación de bases, considerándose este valor como satisfactorio.
3. De acuerdo al pH y la saturación de bases, se puede determinar que con 1.5 meq de enmienda*, se puede neutralizar el pH.
4. Para alcanzar un nivel de 7 meq de calcio intercambiable en el suelo, es necesario una enmienda de 12 meq pero se tiene que considerar el pH y el porcentaje de saturación de bases.

* enmienda = meq de Ca + Mg (Rel 6:1) por 100 grs. de suelo.

5. Para éste caso debe considerarse una enmienda a base de calcio únicamente, puesto que el Magnesio se encuentra en un nivel aceptable. Como consecuencia, se observa también que al adicionar Magnesio la relación Ca/Mg sufre una alteración, disminuyendo hasta valores inferiores a la unidad.
6. Según el comportamiento observado en éste suelo, se infiere que está constituida por una arcilla de tipo tri-laminar, posiblemente Montmorillonítico.
7. Por el alto nivel de magnesio intercambiable que se alcanzó, el porcentaje de calcio intercambiable no logró rebasar valores superiores al 45%.
8. El comportamiento del fósforo disponible respecto a la enmienda, no presenta una tendencia exacta. Sin embargo, puede observarse que al incrementarse el pH, hay una disminución de fósforo disponible de 6 ppm a 1.25 ppm.

5.2.2 Recomendaciones

1. Se recomienda hacer aplicaciones de 1.5 toneladas de carbonato de calcio o su equivalente de otra fuente de calcio procurando que no tenga altos porcentajes de magnesio.
2. Se pueden elevar los niveles nutricionales (N, P, K, Ca y Mg), controlando cuidadosamente el porcentaje de saturación y la relación Ca/Mg.

3. Al enmendarse el suelo deben apreciarse cantidades pequeñas de calcio y a intervalos cortos de tiempo que oscilen entre 3 y 4 meses.

5.3 Recomendaciones para trabajos posteriores:

Siendo la presente investigación de carácter exploratorio y con el afán de analizar los suelos problema del área del Departamento de Izabal, se sugiere efectuar lo siguiente:

1. Efectuar calibraciones con otras metodologías (soluciones extractantes) para efectuar correlaciones entre la enmienda y el comportamiento del suelo.
2. Tratar de utilizar los resultados obtenidos en este experimento en invernadero y directamente en el campo aplicados a un determinado cultivo.
3. Efectuar otros ensayos en los que se incluye diversos períodos de exposición de la enmienda al suelo y comparar diferentes fuentes de enmienda tanto de calcio como de magnesio.
4. Estudiar el comportamiento del Aluminio y del Hierro a diferentes valores del pH alcanzados entre las diferentes dosis de enmienda.
5. Analizar el comportamiento del elemento Fósforo en lo que respecta a su fijación y el fraccionamiento en sus tres principales compuestos $AlPO_4$ y $Ca_3(PO_4)_2$.

VI BIBLIOGRAFIA

1. BABER, S.A. Liming Materials. In Pearson R.W. and Adams F. Edit. Soil Acidity and Liming. American Society of Agronomy, 1967. 125 p.
2. BUCKMAN, H.O. y BRADY, N.C. Naturaleza y propiedades de los suelos. México, Unión Tipográfica, Editorial Hispano Americana, 1966. 590 p.
3. DEMOLON, A. Dinámica del suelo. Colección Principios de Agronomía. España, Ediciones Omega. 1965. 519 p.
4. FASSBENDER, H.W. Química de suelos con énfasis en América Latina. San José Costa Rica, Edit. IICA/OEA, 1975 398 p.
5. -----, Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, Edit. IICA/OEA, 1968. 221 p.
6. GERMAN, W.H. Manual de Fertilizantes. México, Centro Regional de Ayuda Técnica-AID. 1970. 292 p.
7. GUATEMALA, MINISTERIO DE COMUNICACIONES Y OBRAS PUBLICAS; IGN. Atlas Geográfico Nacional, 1972.
8. -----, Tarjetas de control de estaciones meteorológicas de Guatemala, INSIVUMEH, 1970-1975.
9. GUDIEL, V.M. Manual Agrícola Superb. Guatemala, Publicaciones Superb, 1975. 151 p.
10. KAMPATH, E.J. Potential detrimental effects from liming highly weathered soils to neutrality. Soil Crop Science of Florida. 31: 200-203. 1971.

11. MILLER, E.V. Fisiología Vegetal. Trad. por Francisco Latorre. México, Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, 1967. 344 p.
12. PERDOMO, R. y HAMPTON, H.E. Ciencia y Tecnología del suelo, Edt. Centro de Producción de Materiales. Guatemala, Universidad de San Carlos. 1976. 366 p.
13. SIMMONS, C.S. TARANO, J.M. y PINTO, J.M. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, Guatemala, Ministerio de Educación Pública, Editorial "José de Pineda Ibarra" y Ministerio de Agricultura, IAN-SCIDA, 1959. 1000 p.
14. TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. México, Compañía Editorial Continental, S.A. 1976. 510 p.
15. THOMPSON, L.M. Soils and soil fertility, 2da. Ed. New York, McGraw-Hill Book Co., 1967. 451 p.

Vo.Bo.

Palmina R. de Quan
Jefe Centro de Documentación
e Información Agrícola

ANEXO I

CUADROS DE RESULTADOS

CUADRO No. 7

Resultados de pH en el Suelo No. 7.

Tratamiento	Repeti ciones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	6.0	6.0	6.0	18.0	6.0
2	6.0	6.2	6.2	18.4	6.13
3	6.4	6.6	6.9	19.9	6.63
4	6.9	7.0	7.0	20.9	6.96
5	7.2	7.2	7.2	21.6	7.20
6	7.4	7.3	7.3	22.0	7.83
7	7.4	7.4	7.4	22.2	7.40
8	7.6	7.6	7.6	22.8	7.60
Total	54.90	55.30	55.60	165.80	

CUADRO No. 8

Resultados de Calcio disponible en el suelo No.7

Tratamiento	Repeti ciones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	2.60	2.80	2.40	7.80	2.60
2	2.40	3.80	4.20	12.20	4.06
3	5.20	5.60	7.40	18.20	6.06
4	7.00	6.40	6.70	20.10	6.70
5	7.00	8.00	10.60	25.60	8.53
6	14.80	11.60	12.20	38.60	12.87
7	14.00	13.80	14.00	41.80	13.93
8	27.40	28.80	26.00	82.20	27.40
Total	82.20	80.80	83.50	246.50	

CUADRO No. 9

Resultados de Calcio intercambiable en el Suelo No. 7

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	2.80	2.70	2.90	8.40	2.80
2	4.40	4.95	4.50	13.85	4.62
3	6.30	5.50	6.30	18.10	6.03
4	6.50	6.30	6.40	19.20	6.40
5	7.40	6.60	6.80	20.80	6.93
6	6.40	6.70	8.90	22.00	7.33
7	6.90	6.80	8.30	22.00	7.33
8	7.00	6.90	7.10	21.00	7.00
Total	47.70	46.45	51.20	145.35	

CUADRO No. 10

Resultados de Magnesio Disponible Suelo No. 7.

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	0.65	0.70	0.60	1.95	0.65
2	1.00	0.80	1.00	2.80	0.93
3	1.10	1.20	1.50	3.80	1.26
4	1.30	1.20	1.25	3.75	1.25
5	1.20	2.40	1.90	5.50	1.83
6	2.60	2.00	2.00	6.60	2.20
7	2.40	2.40	2.40	7.20	2.40
8	3.95	4.10	3.80	11.85	3.95
Total	14.20	14.80	14.45	42.45	

CUADRO No. 11

Resultados de Magnesio intercambiable en el Suelo No. 7

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	0.85	0.85	0.90	2.60	0.86
2	1.20	1.35	1.25	3.80	1.26
3	1.60	1.45	1.85	4.90	1.63
4	1.60	1.60	1.60	4.80	1.60
5	1.86	3.25	2.50	7.60	2.53
6	4.55	2.20	2.40	9.15	3.05
7	2.80	2.90	2.80	8.50	2.83
8	4.85	5.00	4.70	14.55	4.85
Total	19.30	18.60	18.00	55.90	

CUADRO No. 12

Resultados de pH en el Suelo No. 14.

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	6.6	6.8	7.0	20.40	6.80
2	7.5	7.4	7.5	22.40	7.46
3	7.6	7.6	7.5	22.70	7.56
4	7.6	7.6	7.7	22.90	7.63
5	7.7	7.6	7.7	23.00	7.66
6	7.8	7.6	7.7	23.10	7.70
7	7.7	7.7	7.9	23.30	7.76
8	7.4	8.0	7.9	23.30	7.76
Total	60.40	60.30	60.90	181.60	

CUADRO No. 13

Resultados de Calcio disponible en Suelo No. 14

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	4.40	4.20	4.20	12.80	4.27
2	6.00	6.00	5.80	17.80	5.93
3	7.80	7.60	7.40	22.80	7.60
4	9.40	7.20	10.00	26.60	8.86
5	11.20	10.40	10.00	31.60	10.53
6	13.20	13.20	11.40	37.80	12.60
7	16.00	16.80	15.80	48.00	16.20
8	24.80	24.80	24.80	74.40	24.80
Total	92.80	90.20	89.20	272.40	

CUADRO No. 14

Resultados de Calcio Intercambiable Suelo No. 14

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	4.05	3.95	4.75	12.65	4.22
2	4.10	4.55	5.00	13.65	4.55
3	4.30	3.85	4.75	12.90	4.30
4	4.25	4.60	3.35	12.20	4.07
5	9.80	7.70	6.10	23.60	7.87
6	6.70	7.00	6.30	20.00	6.67
7	6.70	6.80	7.10	20.60	6.87
8	7.50	9.30	6.80	23.60	7.87
Total	47.40	47.75	44.05	139.20	

CUADRO No. 15

Resultados de Magnesio disponible en el Suelo No. 14

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	1.20	1.10	1.20	3.50	1.17
2	2.70	2.20	2.20	7.10	2.37
3	2.40	2.40	2.30	7.10	2.37
4	2.90	3.30	2.70	8.90	2.96
5	3.70	3.30	3.30	10.30	3.43
6	4.20	4.50	4.60	13.30	4.43
7	6.00	5.80	5.20	17.00	5.67
8	6.40	6.70	7.80	20.90	6.97
Total	29.50	29.30	29.30	88.10	

CUADRO No. 16

Resultados de Magnesio Intercambiable Suelo No. 14.

Tratamiento	Repeticiones			TOTAL	\bar{X}
	I	II	III		
1	1.80	1.85	2.05	5.70	1.90
2	2.20	3.00	2.65	7.85	2.62
3	4.05	3.95	3.25	11.25	3.75
4	4.35	4.25	3.85	12.45	4.15
5	4.00	4.55	5.15	13.70	4.57
6	6.20	6.70	6.40	19.30	6.43
7	6.40	6.50	7.20	20.10	6.70
8	8.50	10.00	8.30	26.80	8.93
Total	37.50	40.80	38.85	117.15	

ANEXO II

LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO
EN LA REPUBLICA DE GUATEMALA

MAPA No. 1



MEXICO

HONDURAS

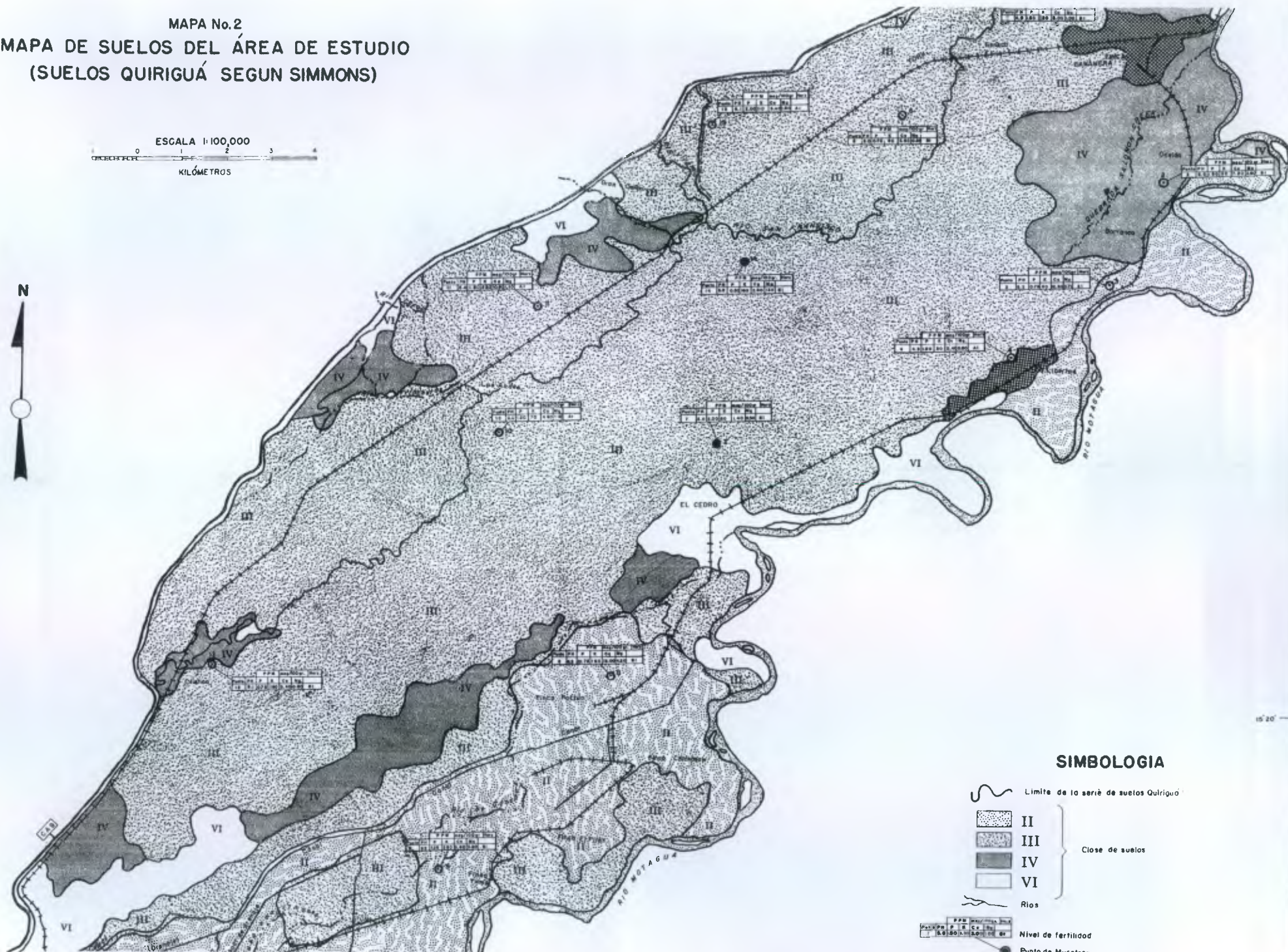
EL SALVADOR

 Area de Estudio

0 50 100 Km

MAPA No. 2
 MAPA DE SUELOS DEL ÁREA DE ESTUDIO
 (SUELOS QUIRIGUÁ SEGUN SIMMONS)

ESCALA 1:100,000
 0 1 2 3 4
 KILÓMETROS



SIMBOLOGIA

Límite de la serie de suelos Quiriguá

II
 III
 IV
 VI

} Cose de suelos

Ríos

Nivel de fertilidad
 Punto de Muestra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

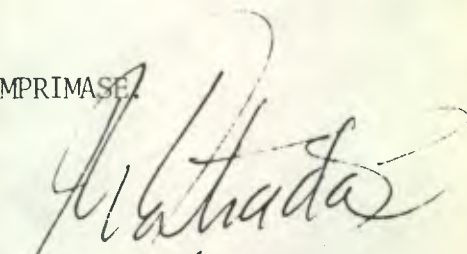
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto



IMPRIMASE.


Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
DECANO