

RESPUESTA DE ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS
A LA APLICACION DE CAL EN DOS SUELOS LATOSOLICOS
DE NARIÑO Y PUTUMAYO

Por //

RUBEN D. GUDIÑO VILLACRES
ALVARO B. VEGA MIRANDA

Tesis de Grado presentada como requisito
parcial para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.973

T
HN
631.84
9922
84.1

A LA COMISIÓN DE EXAMENES
DE GRADO

"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis de Grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores".

Art. 10. del Acuerdo 324 de 1.966, de Octubre 11, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

S E R V I D O
SECRETARÍA GENERAL DE LA UNIVERSIDAD

A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI MADRE

A MI ESPOSA

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO

RUBEN DARIO GUDIÑO VILLACRES

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS COMPAÑEROS

AL CAMPESINADO POBRE DE COLOMBIA

RICARDO GUERRERO BLANCO I. G. P. S. S.

ESTADÍSTICO SOCIO EN LA UNIVERSIDAD

DE LA SALUD DE BOGOTÁ

LA UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ

Caracterización de las
condiciones de la Facultad de Ciencias Exactas
y Naturales.

En las personas que en una u

otra forma DEDICAN el docu-

mento ALVARO BERNARDO VEGA MIRANDA

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| | pág. |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LA LITERATURA | 3 |
| 2.1. Características de la literatura | 3 |
| 2.2. Clasificación de la literatura | 3 |
| 2.3. Fuentes de la literatura | 3 |
| 2.4. Métodos de la literatura | 3 |
| AGRADECIMIENTOS A: | |
| RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc. | |
| FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA | |
| RITHA DELGADO DE HURTADO | |
| LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO | |
| Al personal del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas. | |
| Todas las personas que en una u otra forma colaboraron en el desarrollo del presente trabajo. | |
| BIBLIOGRAFIA | 10 |
| ANEXOS | 13 |
| RESUMEN | 15 |
| CONCLUSIONES | 22 |
| BIBLIOGRAFIA | 24 |

CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. REVISION DE LITERATURA | 3 |
| 2.1 Conceptos modernos de acidez. | 3 |
| 2.2 Efecto del encalamiento sobre las propiedades químicas del suelo. | 4 |
| 2.2.1 Acidez y aluminio. | 5 |
| 2.2.2 Cationes cambiabiles. | 6 |
| 2.2.3 Capacidad de intercambio catiónico. | 8 |
| 2.2.4 Fósforo y sus fracciones | 10 |
| 2.3 Requerimientos de Cal en los suelos | 12 |
| III. MATERIALES Y METODOS | 17 |
| 3.1 Suelos. | 17 |
| 3.1.1 Suelo Tangareal. | 17 |
| 3.1.2 Suelo Cafelina | 17 |
| 3.2 Procedimiento experimental. | 18 |
| 3.2.1 Incubación | 18 |
| 3.2.2 Diseño experimental. | 18 |
| 3.2.3 Determinación de las variables de respuesta. | 19 |
| 3.3 Análisis Estadístico | 22 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSION. | 24 |

| | Pág. |
|--|------|
| 4.1 Efecto sobre pH y acidez cambiabile. | 24 |
| 4.2 Efecto sobre aluminio cambiabile y saturación de aluminio. | 25 |
| 4.3 Efecto sobre calcio cambiabile y saturación de calcio. | 27 |
| 4.4 Intensidad de transformación de la cal. | 28 |
| 4.5 Efecto sobre Magnesio, Potasio y Sodio cambiabile. | 29 |
| 4.6 Efecto sobre saturación de bases. | 30 |
| 4.7 Efecto sobre relación Calcio/Magnesio | 31 |
| 4.8 Efecto sobre capacidad de intercambio catiónico | 31 |
| 4.9 Efecto sobre fosfatos de calcio | 32 |
| 4.10 Efecto sobre fosfatos de hierro y aluminio | 33 |
| 4.11 Efecto sobre fósforo aprovechable y fácilmente reemplazable | 35 |
| 4.12 Efecto sobre fósforo orgánico | 36 |
| 4.13 Requerimientos de cal | 37 |
| V. CONCLUSIONES | 65 |
| VI. RECOMENDACIONES. | 68 |
| VII. RESUMEN | 69 |
| SUMMARY. | 72 |
| VIII. BIBLIOGRAFIA | 75 |
| APENDICE. | 92 |

TABLAS

| | | Pág. |
|-------|--|------|
| Tabla | I. Características físico-químicas de los suelos estudiados. . . . | 23 |
| Tabla | II. Efecto de los niveles de encalamiento sobre las variables de respuesta en estudio, en el suelo Cafelina. | 40 |
| Tabla | III. Efecto de los niveles de encalamiento sobre las variables de respuesta en estudio, en el suelo Tangareal. | 41 |
| Tabla | IV. Cuadrados medios y significación estadística para las variables de respuesta | 42 |
| Tabla | V. Intensidad de la transformación de la cal en los suelos estudiados. | 47 |
| Tabla | VI. Requerimientos teóricos de cal, $(Ca(OH)_2)$ en los suelos estudiados, de acuerdo a tres criterios. | 48 |
| Tabla | VII. Neutralización del aluminio y la acidez cambiante. Datos en % de la concentración original. | 49 |

ILUSTRACIONES

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Efecto de los niveles de Cal sobre el pH. | 50 |
| Figura 2. Efecto de los niveles de Cal sobre la Acidez de Cambio. | 51 |
| Figura 3. Efecto de los niveles de Cal sobre el Aluminio Cambiable en los suelos estudiados | 52 |
| Figura 4. Efecto de los niveles de Cal sobre la Saturación de Aluminio en los suelos estudiados. | 53 |
| Figura 5. Efecto de los niveles de Cal sobre el Calcio Cambiable en los suelos estudiados. | 54 |
| Figura 6. Efecto de los niveles de Cal sobre la Saturación de Calcio. | 55 |
| Figura 7. Efecto de los niveles de Cal sobre el Magnesio Cambiable. | 56 |
| Figura 8. Efecto de los niveles de Cal sobre la Saturación de Mg en los suelos estudiados. | 57 |
| Figura 9. Efecto de los niveles de Cal sobre la Saturación de Bases. | 58 |
| Figura 10. Efecto de los niveles de Cal sobre | |

| | Pág. |
|---|------|
| la relación Ca/Mg. | 59 |
| Figura 11. Efecto de los niveles de Cal sobre la Capacidad de Intercambio Catiónico en el suelo Tangareal | 60 |
| Figura 12. Efecto de los niveles de Cal sobre los Fosfatos de Calcio Apatíticos en los suelos estudiados | 61 |
| Figura 13. Efecto de los niveles de Cal sobre los Fosfatos de Aluminio en el suelo Cafelina. | 62 |
| Figura 14. Efecto de los niveles de Cal sobre el Fósforo Aprovechable (Bray II), en el suelo Tangareal. | 63 |
| Figura 15. Efecto de los niveles de Cal sobre el Fósforo Orgánico en el suelo Tangareal. | 64 |

RESPUESTA DE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS
A LA APLICACION DE CAL EN DOS SUELOS LATOSOLICOS
EN NARIÑO Y PUTUMAYO (*)

Por

RUBEN D. GUDIÑO VILLACHES

ALVARO B. VEGA MIRANDA

I. INTRODUCCION

El encalamiento es una práctica agronómica que en los suelos tropicales ha dado lugar a resultados muy contradictorios. La razón de esta situación probablemente radica en que las respuestas obtenidas dependen de múltiples factores, tales como condiciones mineralógicas, propiedades físico-químicas de los suelos, nivel de aplicación, tipo de cal, período de incubación, tipo de cultivo y condiciones ambientales.

Lo anterior exige el desarrollo de investigaciones programadas en etapas (laboratorio, invernadero

(*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero R. I.A., M.Sc.

ro y campo) para clarificar el problema bajo diferen-
tes condiciones de suelo, medio ambiente y cultivo.
El presente trabajo pretende cubrir la primera etapa
de la investigación en dos suelos Latosólicos de Na-
rifo y Putumayo.

Este trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación "Efectos de la fertilización nitrogenada y fosforada en la producción de maíz en suelos latosólicos de Narifo y Putumayo", financiado por el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) a través del Programa de Apoyo a la Investigación Científica (PAIC) del año 2010.

Los trabajos de campo y laboratorio, los datos, fotos y grabaciones, fueron realizados y elaborados por el autor, con el apoyo de los estudiantes de la carrera de Agronomía de la Universidad Nacional de Loja, Ecuador, en especial de los señores: [Nombres de estudiantes].

En esta ocasión, se ha publicado en forma de libro el primer capítulo de este trabajo, el cual se refiere a la caracterización de los suelos latosólicos de Narifo y Putumayo, con el fin de establecer las condiciones de cultivo más adecuadas para el maíz en estos suelos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA⁺

2.1 Conceptos modernos de ácidos.

El concepto de pH o reacción del suelo ha sufrido cambios radicales a partir de 1.950. Hoy en día se acepta que el pH está asociado no solamente con la concentración de iones de hidrógeno y el porcentaje de saturación de bases, sino también con el contenido y actividad del aluminio cambiante y, hasta cierto punto, con las cantidades de hierro soluble (69).

Los trabajos de Coleman y colaboradores, Low, Jenny, Chao y Harvard, Chernov, Harvard y Coleman y McBean y colaboradores, citados por Martini (52), han demostrado que las arcillas saturadas de hidrógeno se comportan muy diferentemente a las saturadas con aluminio y que en los suelos ácidos el aluminio y no el hidrógeno es el ión predominante, por lo cual el primero y no el segundo es el que juega un papel significativo en la reacción del suelo.

De esta manera, se ha establecido en forma clara que el aluminio es adsorbido por las arcillas no solamente como el ión cambiante monomérico trivalente, sino también como el polímero de hidróxido de aluminio de tamaño y grado de hidroxilación variable.

⁺ La Revisión de Literatura fue realizada en conjunto con Arteaga y Matta (8).

Así mismo, está comprobado que el ión de aluminio hexa hidratado se ioniza en una solución acuosa similarmente a un ácido débil, produciendo gran parte de los iones hidrógeno que contribuyen al pH del suelo medido en agua (22).

Coleman y Thomas (22) indican que la reacción de hidrólisis del aluminio es:



2.2 Efecto del encalamiento sobre las propiedades químicas del suelo.

El efecto del encalamiento sobre la acidez, capacidad de intercambio iónica, disponibilidad de nutrientes y sobre otras propiedades físicas, químicas y mineralógicas del suelo ha sido uno de los aspectos más controvertidos en la ciencia del suelo, lo cual se debe a la rapidez con que han evolucionado las ideas sobre la naturaleza de la acidez o reacción del suelo y a los resultados experimentales contradictorios obtenidos sobre éste aspecto en los suelos del trópico. Por otra parte, la confusión ha aumentado al comparar éstos resultados con los derivados de experiencias en suelos de la zona templada (52).

Con respecto a lo anterior, Morelli y colaboradores (57) opinan que la causa principal del comportamiento diferente de los suelos tropicales en relación con los de las regiones templadas radica en el sistema coloidal, y concluyen que para comprender el comportamiento de los suelos del trópico al encahlamiento es necesario tomar en cuenta este complejo del suelo, especialmente lo pertinente a las propiedades de intercambio catiónico.

2.2.1 Acidez y aluminio.

Es muy conocido el poder neutralizante del encahlamiento sobre la acidez del suelo; es decir que el encahlamiento aumenta los valores de pH (1, 2, 67, 47, 27, 22, 38, 48, 71, 69, 17, 19, 57, 74). Sin embargo, de acuerdo a Laroche (48), el tiempo de incubación juega un papel importante en el proceso de neutralización.

De otra parte, en algunas experiencias (30, 29, 70) la aplicación de cal, aún a altos niveles, causa aumentos muy pequeños en los valores de pH. Esta situación es particularmente acentuada en el caso de los suelos andosólicos y está relacionada con una alta capacidad de amortiguamiento o "buffer", la cual, a su vez, está ligada según lo han demostrado

de Reeve y Sumner (66) y Evans y Kamprath (27), con altos niveles de materia orgánica.

Está muy bien establecido, además, que los bajos valores de pH coinciden con altos niveles de aluminio extraíble y viceversa (24, 2, 47, 27, 22, 48, 69, 46, 64, 23, 45, 63, 85). El encalamiento conduce a valores de pH altos, por tanto, resulta en una disminución de aluminio soluble, según lo han demostrado un gran número de investigaciones (1, 2, 67, 47, 27, 22, 38, 48, 69, 17, 23, 45, 63, 68). Esta disminución del aluminio soluble y cambiante por efecto de la adición de cal, está asociado con la formación de precipitados de hidróxidos de aluminio (22, 23, 45, 63, 18).

2.2.2 Cationes cambiables.

Contrario a lo que ocurre con la acidez, es claro e igualmente conocido el efecto del encalamiento sobre el calcio cambiante y la saturación de bases. En términos generales estas variables sufren un incremento proporcional a las dosis de cal aplicadas, conforme a los resultados obtenidos por Cabala y Fassbender (20) en suelos del Brasil, Fassbender y Molina (30) en suelos volcánicos de Costa Rica, Villachica y Quevedo (83) en un suelo del Perú,

Morelli y colaboradores (57) en un suelo volcánico de Costa Rica, Santaella y González (74) en suelos del Cauca y, Bornemisza y colaboradores (17) en un latosol de Costa Rica. La magnitud de los incrementos en la concentración de calcio cambiante y la saturación de bases depende de la tasa de descomposición del material calcáreo (17, 20).

De otra parte, el efecto del encalamiento sobre el magnesio y potasio cambiables no tiene una tendencia definida. Así, Blasco (15) indica que el encalamiento aumenta la aprovechabilidad del potasio en los suelos dominados por coloides inorgánicos del tipo caolinita e illita, pero disminuye cuando predominan las arcillas del tipo montmorillonítico.

Villachica y Quevedo (83) encontraron que la aplicación de cal condujo a una disminución en la absorción de magnesio por el sorgo, seguramente debido a un desbalanceamiento en la relación Ca/Mg.

En base a la recopilación de resultados de encalamiento en suelos tropicales y subtropicales, Venema (82) concluye que la práctica de encalado en éstos suelos conduce, generalmente, a una

saturación desproporcionada de calcio en el complejo de cambio, lo cual implica un desbalanceamiento en las relaciones Ca/Mg y Ca/K que provoca deficiencias de Mg, K y otros elementos esenciales.

2.2.3 Capacidad de intercambio catiónico.

La capacidad de cambio está constituida por dos componentes: a) el permanente y b) el dependiente del pH. El primero se debe a la sustitución isomórfica en las arcillas, mientras que el último se debe a la materia orgánica y a los óxidos amorfos de hierro y aluminio presentes (25, 61).

De acuerdo a Morelli y colaboradores (57), en suelos donde la fracción mineral predominante está constituida por minerales amorfos, la capacidad de intercambio catiónica dependiente del pH debe ser de considerable magnitud y, como consecuencia de ello, el encalamiento debe ser benéfico para aumentar la saturación de bases y la retención de las mismas.

Lo anterior supone que el encalamiento al incrementar el pH incrementa también la capacidad de intercambio catiónico. En efecto, Passbender y Molina (30) encontraron que hubo un aumento pro

gresivo de la capacidad de cambio catiónico en dos suelos de Costa Rica, al aumentar la dosis de cal, la cremento que atribuyen a la formación de nuevas cargas electronegativas dependientes del pH en el complejo coloidal de los suelos.

En suelos de los Estados Unidos, McLean y Owen (55) detectaron una relación directa entre el pH y la capacidad de intercambio catiónica. En un suelo laterítico de Costa Rica, Bornimissa y otros (17) observaron un acentuado incremento de la capacidad de intercambio catiónico como resultado del aumento en los niveles de cal. A resultados similares llegaron Fiskell, et al (32) al detectar un incremento lineal de la capacidad de intercambio catiónica por efecto de las dosis de cal en un suelo de la Florida.

Merelli y sus colaboradores (57) concluyen, de los resultados obtenidos en un suelo clasificado como Oxie Dystrandept, que la capacidad de intercambio catiónica determinada con NH_4OAc no evidenció ningún efecto del encalado, mientras que la determinada mediante el uso de KCl muestra un aumento en función de las dosis de Cal.

2.2.4 Fósforo y sus fracciones.

Para suelos de la zona templada, algunos autores (54, 35, 84) han encontrado un incremento en la aprovechabilidad del fósforo y/o una disminución en su fijación por efecto de la adición de cal.

Sin embargo, para el caso de los suelos tropicales los resultados son diversos y muchas veces contradictorios. Así, Bari (12) y Bari y Ritcher (13) demostraron que la adición de carbonato de calcio incrementó la disponibilidad del fósforo para la planta, resultado que atribuyen a una mayor liberación de fósforo desde la fracción orgánica y que coincide con la tendencia observada por Fuentes e Igüe (42) en suelos de Costa Rica.

Investigaciones realizadas por Fassbender (29), en un andosol de Costa Rica, mostraron un efecto nulo de la cal adicionada sobre los fosfatos de hierro y aluminio, y solamente se detectó un ligero incremento de los fosfatos de calcio. Tampoco se observó efecto de la cal sobre la fijación del fósforo y sus diferentes formas. A resultados similares llegaron Fassbender y Molina (30) al encalar suelos derivados de cenizas volcánicas del mismo país, y Cabala y Fassbender (20) en oxisoles de Bahía, Brasil.

En suelos de Hawaii, Fox y colaboradores (33) demostraron que por efecto de la adición de cal aumentó el pH, disminuyendo el aluminio cambiante y, en consecuencia, se atenuó la fijación de fosfatos.

Al encalar suelos aluviales de Costa Rica, Lucas y Blue (49) encontraron que el encalamiento incrementó substancialmente la precipitación de fosfatos de aluminio, especialmente a niveles altos de aplicación de fosfatos, pero su efecto sobre los fosfatos de hierro y de calcio fué insignificante. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Fiskell y Spencer (31) y por Spencer (80).

Burbano y Mafla (18) encontraron una situación en parte semejante a la anterior, al demostrar en una investigación reciente, que el encalamiento de suelos andosólicos y latosólicos produce una solubilización de los fosfatos de hierro y aluminio nativos del suelo, pero incrementa la retención del fósforo a partir del aluminio.

Para suelos latosólicos de los Llanos Orientales de Colombia, Benavides (14) concluye que el encalamiento no afectó significativamente la capacidad de fijación de fosfatos.

2.3 Requerimientos de Cal en los suelos. En la actualidad, las recomendaciones de encalamiento se hacen, por lo general, sobre la base de la cantidad de cal requerida para alcanzar determinado valor de pH (47). De acuerdo a esto, la mayor parte de los métodos para determinar requerimientos de cal en los suelos se han basado en la calibración de la capacidad "buffer" de los suelos hasta un pH cercano a la neutralidad (usualmente 6,5), bajo condiciones de incubación (3, 62, 78).

Sin embargo, el bajo pH no es el factor limitante para el desarrollo de las plantas. Así, Arnon (7) ha demostrado que muchos cultivos pueden crecer satisfactoriamente en soluciones nutritivas bien balanceadas con pH entre 4 y 8. De ésta situación, resulta evidente que son otras propiedades del suelo dependientes o asociadas con el pH las que ejercen el efecto directo sobre el desarrollo de las plantas.

Si se compara el comportamiento de los suelos del trópico con los de la zona templada se hace evidente que, en ésta última parece existir una buena correlación entre el pH y el porcentaje de saturación de bases y el requerimiento de cal; en razón de que el calcio es el ión predominante entre los ca

tiones cambiables; en el trópico y el subtropico ésta correlación no es significativa a causa de que el aluminio y no el calcio es el catión predominante, especialmente en suelos ácidos (52).

Varios investigadores (22, 38, 48, 36, 77) han encontrado que la corrección de la acidez, mediante el encalamiento calculado para alcanzar valores de pH adecuados para la zona templada (pH: 6,5 - 7,5), es de aplicabilidad muy dudosa en suelos tropicales, ya que los niveles de encalado así estimados promueven la deficiencia de ciertos elementos mayores y menores, la rápida descomposición de la materia orgánica y el deterioro de la agregación.

Lo anterior por cuanto en suelos tropicales ácidos el pH se estabiliza en tal forma que los requerimientos de cal son muy altos y su aplicación resulta muy costosa y hasta peligrosa, ya que puede causar desbalances nutricionales e incluso un deterioro en las condiciones físicas del suelo (22, 53, 60, 82).

En los últimos años se han conseguido un buen número de evidencias experimentales, según las cuales el efecto benéfico del encalado está estrechamente relacionado con la neutralización del aluminio

intercambiable (1, 4, 5, 39, 58, 65, 72, 79, 27, 67, 2, 47).

De ésta manera se han establecido valores críticos de aluminio intercambiable para diferentes especies:

- Alfalfa : 0,2 m.e./100g. (58)
- Trébol Ladino : 0,1 m.e./100g. (79)
- Pasto Elefante: 2,0 m.e./100g. (1)
- Algodón : 0,1 - 2,5 m.e./100g. (4)
- Cebada : 0,55 m.e./100g. (5)
- Sorgo : 0,21 m.e./100g. (67)

Es evidente que no es posible obtener un valor crítico universal para el aluminio cambiabile, pues éste valor depende no solamente de la especie cultivada sino también de múltiples condiciones del suelo (67).

Los diferentes investigadores han demostrado que la concentración de aluminio cambiabile, expresada en m.e./100g. o como porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico, es un criterio adecuado para determinar los requerimientos de cal, inclusive para suelos tropicales.

Así, Reeve y Sumner (67) sostienen que el parámetro de capacidad es más eficiente que el de intensidad cuando se trata de estimar los requerimientos de cal. Establecen, además, que la cantidad de cal requerida para obtener el máximo rendimiento de sorgo en oxisoles del Africa guarda una estrecha concordancia con los requerimientos de cal estimados para reducir el aluminio intercambiable a 0,2 m.e./100g.

Kamprath (47) indica que la saturación de aluminio es mejor indicativo que su concentración absoluta para estimar los requerimientos de cal en oxisoles y ultisoles de Carolina del Norte y, establece los siguientes valores críticos para tres cultivos:

| | | |
|----------|---|------------------------------|
| Maíz | : | 0 - 27% de Saturación de Al. |
| Algodón: | | 7% de Saturación de Al. |
| Soya | : | 20% de Saturación de Al. |

En términos generales, el mismo autor sostiene que cuando la saturación de aluminio es menor del 15% no se justifica encalar y establece la siguiente relación para estimar los requerimientos de cal:

m.e./100g. de CaCO_3 = m.e./100g. de Al cambiabile x 1,5

Evans y Kamprath (27) han establecido, para suelos de Carolina del Norte, que la saturación de aluminio debe ser inferior al 30% con el objeto de no limitar el desarrollo del maíz.

Para la presente investigación se utilizaron dos suelos latosólicos, ubicados en el Departamento de Surco y la Intendencia del Fuerte, bajo las siguientes condiciones y características:

3.1.1 Suelo Latosol.

Suelo Latosol, está situado en la Estancia del Pacífico en el Departamento de Surco, cercano por Oeste de Colonia, a 115 m.s.n.m.; con una temperatura promedio de 26°C y una precipitación de 3.000 a 3.500 mm/año. La zona de estudio se ubica dentro del rango de clima tropical (tem-2) (28).

3.1.2 Suelo Castellano.

Suelo Latosol, se encuentra ubicado en la zona Surco de la Intendencia Nacional del Fuerte (zona Surco), a 120 m.s.n.m.; con temperatura promedio de 27°C, y una precipitación de 2.000 a 4.000 mm/año. La zona de estudio se ubica dentro del rango de clima tropical (tem-2) (28).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Suelos.

Para la presente investigación se utilizaron dos suelos Latosólicos, ubicados en el Departamento de Narifio y la Intendencia del Putumayo; bajo las siguientes condiciones y características:

3.1.1 Suelo Tangareal.

Suelo Latosólico, está situado en la Llanura del Pacífico en el Departamento de Narifio, extremo Sur Oeste de Colombia, a 115 m.s.n.m.; con una temperatura promedio de 26°C; y una precipitación de 3.000 a 5.000 mm/año. La zona de estudio se ubica dentro del Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) (9).

3.1.2 Suelo Cafelina.

Suelo Latosólico, se encuentra localizado en la región Noroeste de la Intendencia Nacional del Putumayo (Bajo Putumayo), a 720 m.s.n.m., con temperatura promedio de 27°C, y una precipitación de 2.000 a 4.000 mm/año. La zona de estudio se ubica dentro del bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) (28).

En la Tabla I, se incluyen algunas características físico-químicas de los suelos experimentales.

3.2 Procedimiento experimental.

3.2.1 Incubación.

Las muestras de los suelos experimentales, después de secarlas al aire, molerlas y tamizarlas, se sometieron a incubación durante seis meses a Capacidad de Campo, previa aplicación de los siguientes tratamientos:

- a) 0 Tbn/Cal/Ha
- b) 2,5 Tbn/Cal/Ha
- c) 5,0 Tbn/Cal/Ha
- d) 10,0 Tbn/Cal/Ha

La fuente de cal utilizada fué el Ca(OH)_2 del 99% de pureza.

3.2.2 Diseño Experimental.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones, en donde:

Factor A : Suelo (Parcelas principales)

Factor B : Nivel de Cal (Subparcelas)

Las parcelas principales se arreglaron completamente al azar.

3.2.3 Determinación de las variables de respuesta.

Al finalizar el período de incubación, en cada unidad experimental se hicieron las siguientes determinaciones:

a) Determinación del pH: Mediante un potenciómetro Beckman, utilizando una mezcla suelo: Cloruro de Potasio 1N, relación 1:2,5 (44).

b) Determinación de la Acidez de Cambio: Mediante el método del cloruro de bario y la trietanol-amina, descrito por Peech (61).

c) Aluminio Cambiable: Por el método del Aluminón modificado, propuesto por Yuan y Fiskell y descrito por Saiz del Río y Bornemisza (73).

d) Saturación de Aluminio: El porcentaje de saturación de Aluminio, se obtuvo dividiendo

do los m.e. de Aluminio cambiabile entre la capacidad de Intercambio Catiónico y multiplicado por el factor constante 100.

e) Capacidad de Cambio Catiónico:

Por el método de Acetato de Amonio Normal y Neutro, según el método de Schollemberger y Simon (75).

f) Bases Cambiables (K, Na, Ca):

Por medio de un espectrofotómetro de llama Coleman, siguiendo las pautas indicadas por Jackson (44).

g) Magnesio Cambiable: Según el método de Versenato, siguiendo la técnica indicada por Saiz del Río y Bornemisza (73).

Según el método de Versenato, siguiendo la técnica indicada por Saiz del Río y Bornemisza (73).

h) Saturación de Bases: El porcentage de Saturación de Bases, se obtuvo dividiendo la suma de bases totales entre la Capacidad de Intercambio Catiónico y multiplicando por el factor constante 100.

El porcentaje de Saturación de Bases, se obtuvo dividiendo la suma de bases totales entre la Capacidad de Intercambio Catiónico y multiplicando por el factor constante 100.

i) Saturación de Calcio: El porcentaje de Saturación de Calcio se obtuvo dividiendo los m.e. de Calcio Cambiable entre la Capacidad de Intercambio Catiónico y multiplicado por el factor constante 100.

El porcentaje de Saturación de Calcio se obtuvo dividiendo los m.e. de Calcio Cambiable entre la Capacidad de Intercambio Catiónico y multiplicado por el factor constante 100.

k) Relación Calcio/Magnesio: La relación Ca/Mg se obtuvo dividiendo los m.e. de Calcio cambiante entre los m.e. de Magnesio cambiante.

aplicación de cal, mediante la siguiente fórmula:

1) Fracciones Minerales de Fósforo:

Se determinaron de acuerdo a la metodología de Chang y Jackson (21), modificada por Ghani y descrita por Sen Gupta y Cornfield (76).

1.3 Análisis Estadísticos.

11) Fósforo Aprovechable: Se determinó por el método de Bray II, descrito por Balardi, Muller y Fassbender (11).

Se utilizó para las variables de respuesta en estudio.

m) Fósforo Orgánico: Se determinó, mediante el método de ignición propuesto por Saunders y Williams y descrito por Jackson (44).

n) Intensidad de Transformación de la Cal: Se estimó con base en el Calcio Intercambiable incrementado por efecto de la adición de los diferentes niveles de calcio aplicados, de acuerdo con Bornemisza y colaboradores (17), mediante la siguiente fórmula:

% Transformación de la Cal =

$$\frac{\text{Incremento del Ca Camb. (m.e./100g.)}}{\text{n.e./100g. de Ca aplicado}} \times 100$$

II. RESULTADOS Y DISCUSION

TAULA I

CARACTERISITICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

| CARACTERISITICAS | S U E L O S | |
|-------------------------------|------------------|-------------|
| | Cafelina | Ingareal |
| Profundidad en cms. | 0 - 40 | 0 - 40 |
| Arenas % | 45,67 (+) | 66,00 (+) |
| Arcillas % | 26,47 (+) | 5,25 (+) |
| Limos % | 27,86 (+) | 28,75 (+) |
| Textura | Fco. Arc. ar (+) | Fco. ar (+) |
| Humedad % | 14,84 (+) | 21,76 (+) |
| Carbono Orgánico % | 5,62 (+) | 5,96 (+) |
| Materia Orgánica % | 9,68 (+) | 10,27 (+) |
| pH (KCl 1N, relación 1:2,5) | 5,00 | 5,75 |
| Acidez Cambiable m.e./100g. | 20,53 | 25,20 |
| Aluminio Cambiable m.e./100g. | 5,71 | 10,61 |
| Saturación de Aluminio % | 33,79 | 35,57 |
| C.I.C. m.e./100g. | 17,06 | 29,90 |
| Bases Totales m.e./100g. | 1,39 | 3,21 |
| Calcio Cambiable m.e./100g. | 0,49 | 1,37 |
| Magnesio Cambiable m.e./100g. | 0,68 | 1,50 |
| Potasio Cambiable m.e./100g. | 0,18 | 0,28 |
| Sodio Cambiable m.e./100g. | 0,04 | 0,06 |
| Saturación de Bases % | 8,37 | 10,80 |
| Saturación de Calcio % | 2,93 | 4,59 |
| Saturación de Magnesio % | 4,08 | 5,01 |
| Relación Ca/Mg | 0,73 | 0,91 |
| P-Fácilmente Recomp. ppm. | 6,45 | 6,25 |
| Fosfatos Ca no Apat. ppm. | 9,99 | 5,41 |
| Fosfatos Ca Apat. ppm. | 9,37 | 13,33 |
| Fosfatos de Hierro ppm. | 101,66 | 116,24 |
| Fosfatos de Aluminio ppm. | 53,39 | 96,01 |
| Fósforo Aprovechable ppm. | 0,61 | 0,90 |
| Fósforo Orgánico ppm. | 12,66 | 70,16 |

(+) Tomado de: BURBANO, O.B. y NAFLA, B.A. (18)

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados promedios obtenidos para las diferentes variables de respuesta estudiadas se presentan en las Tablas II y III. En la Tabla IV se incluyen los cuadrados medios y la significación estadística obtenidos en el Análisis de Variancia y de Tendencia.

4.1 Efecto sobre pH y acidez cambiabile.

El pH se incrementó linealmente ($P < 0,01$) en relación a los niveles de cal aplicados en los dos suelos estudiados. Sin embargo, tal como se observa en la Figura 1, el efecto fué ligeramente más acentuado ($P < 0,01$) en el suelo Cafelina que en el suelo Tangareal. Mientras en el suelo Tangareal el incremento fué de 5,75 (testigo) a 6,90 (10 Ton/Ha), en el suelo Cafelina fué de 5,0 (testigo) a 6,95 (10 Ton/Ha). En estas circunstancias, en el suelo Tangareal el incremento promedio del pH por tonelada de cal aplicada fué de 0,07 unidades, mientras que en el suelo Cafelina fué de 0,12. El mayor contenido de materia orgánica en el suelo Tangareal (Tabla I) puede explicar estos resultados que son similares a los encontrados por Arteaga y Matta (8) en suelos volcánicos de Hariso.

La acidez cambiabile disminuyó con tendencia lineal ($P < 0,01$) conforme se incrementó el nivel de a

plicación de cal, en los dos suelos experimentales. Sin embargo, la caída en acidez de cambio fué ligeramente mayor en el suelo Cafelina que en el suelo Tangareal (Figura 2). Así, de las ecuaciones de regresión respectivas se puede deducir que, en promedio, en el suelo Tangareal se neutralizaron 0,59 m.e./100g. de acidez por cada tonelada de cal aplicada, mientras en el suelo Cafelina la relación de neutralización fué de 0,78 m.e./100g. de acidez por cada tonelada de cal. De nuevo aquí se evidencia una mayor capacidad de amortiguación en el suelo Tangareal, pues en este suelo la acidez cambiante disminuye desde 25,20 m.e./100g. (testigo) hasta 16,66 m.e./100g. (10 Ton/Ha); en cambio en el suelo Cafelina la disminución es desde 20,53 m.e./100g. (testigo) hasta 8,66 m.e./100g. (10 Ton/Ha).

4.2 Efecto sobre aluminio cambiante y saturación de aluminio.

El encalamiento provocó una disminución lineal ($P < 0,01$) de la concentración de aluminio cambiante (Figura 3) y su saturación (Figura 4) en los suelos experimentales. El efecto fué estadísticamente similar en los dos suelos.

En el suelo Cafelina el aluminio cambiante original (5,7 m.e./100g) disminuyó hasta 2,1 m.e./100g. cuando se aplicaron 10 Ton/Ha. de cal. El suelo Tangareal

real muestra una concentración original de aluminio cambiabile 100% mayor que la del suelo Cafelina (10,6 m.e./100g) y con la adición de 10 Tbn/Ha. de cal esta concentración se redujo a 6,0 m.e./100g. En promedio, y de acuerdo a la ecuación de regresión (Figura 3), por cada tonelada de cal aplicada se consiguió neutralizar 0,27 m.e./100g. de aluminio cambiabile.

De acuerdo a los criterios aportados por Kamprath (47) y Evans y Kamprath (27), los dos suelos experimentales presentan una saturación de aluminio que podría resultar nociva para la mayoría de los cultivos (Cafelina: 33%; Tangareal: 35%). Con la aplicación de 10 Tbn/Ha de cal la saturación disminuyó a 10% en el suelo Cafelina y a 16% en el suelo Tangareal, niveles que ya no presentarían problema en relación al desarrollo de los cultivos. Más adelante se discutirán otros aspectos relacionados con este particular.

Al observar los niveles originales de acides cambiabile en comparación a los de aluminio cambiabile, se observa que estos son muy inferiores a aquellos. Si tomamos en cuenta que de acuerdo a Peech (61) la acides cambiabile está integrada principalmente por H^+ y Al^{+++} , el resultado anterior implica que la acides cambiabile de los suelos estudiados está mayormente constituida por H^+ , resultado que coincide con el obtenido por Artega y Matta (8) en suelos volcánicos.

4.3 Efecto sobre calcio cambiabile y saturación de calcio.

El calcio cambiabile se incrementó con tendencia lineal positiva ($P < 0,01$) en los dos suelos experimentales. La respuesta fué estadísticamente similar y significó un incremento promedio de 0,89 m.e./100g. por cada tonelada de cal aplicada (Figura 5). En estas circunstancias, en el suelo Cafelina el Ca cambiabile aumentó desde 0,49 m.e./100g. (nivel original) hasta 12,46 m.e./100g. (10 Ton/Ha de cal), mientras que en el suelo Tangareal el incremento fué desde 1,37 m.e./100g. hasta 15,47 m.e./100g.

La saturación de calcio respondió con tendencia lineal positiva ($P < 0,01$) en el suelo Cafelina y con tendencia cuadrática ($P < 0,05$) en el suelo Tangareal. En el suelo Cafelina la saturación aumentó desde 2,9% (saturación original) hasta 60,8% cuando se aplican 10 toneladas de cal por hectárea. En el suelo Tangareal la saturación original de calcio es 4,59% y se incrementó hasta 43,68%, con aplicación de 10 lb/Ha. (Figura 6).

Es evidente que en los dos suelos experimentales la saturación de calcio original es indicativa de deficiencia de este elemento para los cultivos y que con aplicación de 5 Ton/Ha. de cal se alcanzaron

niveles de saturación que solucionarían el problema (34, 51, 81).

4.4 Intensidad de transformación de la cal.

La intensidad de transformación de la cal mide el porcentaje de calcio -proveniente de la cal- que va a ocupar posiciones de cambio. Esta determinación es importante por cuanto estima la eficiencia con que el encalado incide en el complejo adsorbente o cambiante. En la Tabla V se presentan los resultados obtenidos.

Es evidente que en el suelo Tangareal la eficiencia de transformación de la cal fué mayor que en el suelo Cafelina a cualquier nivel de aplicación. En los dos suelos la intensidad de transformación fué máxima cuando el nivel de aplicación fué de 5 Tbn/Ha (todo el calcio aplicado se transfirió al complejo de cambio) y disminuyó en un 20 a 25% cuando el nivel de aplicación fué de 10 Tbn/Ha.

Uno de los aspectos más importantes de estos resultados es que en los suelos Latosólicos estudiados el encalamiento a niveles de 5 y 10 Tbn/Ha fué mucho más eficaz que el observado en suelos volcánicos de Nariffo (8).

4.5 Efecto sobre Magnesio, Potasio y Sodio cambiables.

El encalamiento tendió a aumentar la concentración de magnesio cambiante. El incremento fue lineal ($P < 0,01$) en el suelo Cafelina y de tendencia cuadrática en el suelo Tangareal (Figura 7). En el suelo Cafelina el magnesio cambiante se incrementó de 0,68 m.e./100g. (testigo) hasta 2,26 m.e./100g. (10 Tbn/Ha). En el suelo Tangareal el nivel original (1,50 m.e./100g) se incrementó hasta 3,54 m.e./100g. cuando se aplicaron 10 Tbn/Ha de cal.

La saturación de magnesio se incrementó desde su nivel original (4,08%: Cafelina; 5,01%: Tangareal) hasta 11,17% (10 Tbn/Ha) en el suelo Cafelina y hasta 11,8% (5 Tbn/Ha) en el suelo Tangareal. En los dos suelos la respuesta fue cuadrática ($P < 0,01$) (Figura 8).

La explicación a los resultados anteriores no sería otra que el encalamiento causó una liberación o solubilización de magnesio desde las formas complejas, pues la fuente de cal utilizada no contiene magnesio. Esta solubilización seguramente se efectuó por meteorización microbiana, en razón de que el calcio posiblemente incrementó la actividad de los microorganismos.

El sodio cambiante respondió a los niveles

de encalamiento con tendencia lineal ($P < 0,01$) en los dos suelos experimentales. Sin embargo, a pesar de la significación estadística obtenida el incremento fue prácticamente insignificante (Tablas II y III).

Tanto en el suelo Cafelina como en el fangareal.

El potasio cambiante no respondió a la aplicación de cal, resultados que coinciden con los obtenidos en suelos volcánicos (8).

Se han tratado (34, 51, 81) para estudiar a una

4.6 Efecto sobre saturación de bases. aplicación de 2,5 ton/ha fue suficiente para corregir esa relación y llevarla

La saturación de bases se incrementó linealmente ($P < 0,01$) en los dos suelos experimentales. De acuerdo a la Figura 9 y a las ecuaciones de respuesta, en el suelo Cafelina la saturación de bases se incrementó en 4,26% por cada tonelada de cal aplicada, mientras que en el suelo fangareal este incremento fue de 2,98%. Este resultado era previsible en razón del efecto positivo observado sobre el Ca y Mg.

El original (7,9 m.e./100g.) de este suelo

Tanto en el suelo Cafelina (8,37%) como en el suelo fangareal (10,8%) los valores originales de saturación de bases son bajos, pero con el encalamiento a niveles de 5 a 10 ton/ha se alcanzaron valores de saturación adecuados para la planta (50% o más) (34, 51, 81).

El incremento en la C.I.C. observado en el suelo fangareal a partir de 2,5 ton/ha de cal, no

4.7 Efecto sobre relación Calcio/Magnesio.
La Figura 10 muestra que la relación Ca:Mg respondió con tendencia lineal positiva ($P < 0,01$), tanto en el suelo Cafelina como en el Tangareal.

Los suelos experimentales tienen relaciones Ca:Mg originales invertidas, lo cual de acuerdo a diferentes tratadistas (34, 51, 81) puede conducir a una deficiencia de calcio. En los dos suelos, la aplicación de 2,5 Ton/Ha. fué suficiente para corregir esa relación y llevarla a un valor adecuado (Ca/Mg:2).

4.8 Efecto sobre capacidad de intercambio catiónico.

En el suelo Tangareal, la respuesta de la capacidad de intercambio catiónico a los niveles de cal fué de tendencia significativamente cuadrática. La C.I.C. original (29,9 m.e./100g.) de este suelo disminuyó al aplicar 2,5 Ton/Ha (22,7 m.e./100g.) pero al partir de este nivel se incrementó sostenidamente hasta alcanzar el máximo (35,8 m.e./100g.) cuando la dosis aplicada fué de 10 Ton/Ha (Figura 11).

El incremento en la C.I.C. observado en el suelo Tangareal a partir de 2,5 Ton/Ha de cal, ha sido

también observado en suelos volcánicos de Maricao (8) y en otros tipos de suelos (17, 30, 55, 57). Este aumento se debe a la formación de nuevas cargas electronegativas dependientes del pH en el complejo coloidal (17, 56).

En el suelo Cafelina la C.I.C. también tendió a incrementarse con los niveles de encalamiento, pero el efecto no fue detectado a nivel estadístico significativo ($P > 0,05$).

4.9 Efecto sobre fosfatos de calcio.

La concentración de fosfatos de calcio apatíticos no fue afectada significativamente ($P > 0,05$) por el encalamiento. Este resultado coincide con los obtenidos en suelos volcánicos de Costa Rica (30) y Maricao (8), y con los encontrados en suelos latosólicos del Brasil (20).

Los fosfatos de calcio apatíticos se incrementaron linealmente ($P < 0,05$) y en forma estadísticamente similar en los dos suelos experimentales. El coeficiente de regresión (Figura 12) indica que se presentó un incremento promedio de 1,34 ppm. por cada tonelada de cal aplicada. La precipitación del mineral

apatítico en suelos encalados ha sido demostrada experimentalmente por Hurrmann y Pesch (59).

Al observar la Figura 12 se aprecia que hasta el nivel de 5 Tbn/Ha. la precipitación de apatita es escasa, en tanto que al nivel de 10 Tbn/Ha. el fenómeno se duplica en intensidad. Esto tiene interés práctico ya que demuestra la inconveniencia de adiciones de cal en dosis superiores a 5 Tbn/Ha., pues está demostrado que la fracción apatítica del fósforo casi no suministra fósforo a la planta (59).

4.10 Efecto sobre fosfatos de hierro y aluminio.

El encalado no afectó ($P > 0,05$), la concentración de fosfatos de hierro en los suelos estudiados, lo cual coincide con los resultados encontrados por Fassbender y Molina (30) en suelos volcánicos de Centroamérica, por Cabala y Fassbender (20) en latosoles del Brasil y por Arteaga y Matta (8) en suelos volcánicos de Naríño.

La respuesta de los fosfatos de aluminio a los niveles de cal en el suelo Cafelina fué de tendencia cuadrática ($P < 0,05$) y se ilustra en la Figura 13. Al aplicar 2,5 toneladas de cal la concentra-

ción de fosfatos de aluminio disminuyó del nivel original (53 ppm.) a 40 ppm., mientras que al aumentar la dosis de encalado hasta 5 Tbn/Ha y 10 Tbn/Ha. la concentración aumentó a 58 ppm. y 69 ppm., respectivamente (Tablas II y III).

De acuerdo a lo anterior, parece claro que al nivel de aplicación bajo de cal (pH 5,0 - 5,4) se presentó una hidrólisis o solubilización del P-Al, conforme lo ha demostrado Bache (10), mientras que a niveles de encalamiento altos (5 a 10 Tbn/Ha) el pH resultante (6,0 - 7,0) tiende a generarse, de acuerdo a las evidencias conseguidas por Hou y Rennie (40, 41), una retención de fósforo por los hidróxidos de aluminio coloidal. De acuerdo a Dunbar y Baker (26) y a Mackenzie (50), el fósforo así retenido se recupera como P-Al en el fraccionamiento de Chang y Jackson (25).

La situación anteriormente descrita coincide exactamente con la encontrada, en un trabajo paralelo al presente (8), en un andosol típico de Nariño, sugiriendo que aplicaciones bajas de cal en suelos de pH inferiores a 5,5 podrían ser benéficas desde el punto de vista del suministro de fósforo a la planta.

En el suelo Tangareal el efecto del enca

lamiento sobre el P-Al fué nulo ($P > 0,05$) a cualquier nivel de aplicación; lo cual seguramente está relacionado con las diferencias en su condición mineralógica-química, con respecto al suelo Cafelina.

4.11 Efecto sobre fósforo aprovechable y fácilmente reemplazable.

El efecto de la aplicación de cal ($P > 0,05$).

El fósforo aprovechable respondió a los niveles de encalado con tendencia cuadrática estadísticamente similar en los dos suelos. La Figura 14 muestra que la concentración de P-aprovechable se incrementó desde su nivel original hasta alcanzar un máximo cuando se aplicaron 2,5 Ton/Ha. de cal. Con dosis más altas de encalado la concentración de P-aprovechable volvió a caer hasta su nivel original.

El resultado anterior es congruente con el obtenido para los fosfatos de aluminio (Figura 13), pues con la dosis de 2,5 Ton/Ha. de cal se consiguió una hidrólisis o solubilización del P-Al, lo que se reflejó en un incremento del P-aprovechable. A niveles más altos de encalado hubo una retención hacia el P-Al que resultó en una disminución del P-aprovechable. Sin embargo hay que tomar en cuenta que la respuesta obtenida para el P-aprovechable, si bien fué estadísticamente detectable, no tiene interés práctico.

co, pues las fluctuaciones producidas con muy pequeñas (1 - 2 ppm.). Esta última circunstancia coincide con los resultados obtenidos en suelos tropicales por otros investigadores (14, 18, 20, 29, 30).

De otra parte, el fósforo fácilmente reemplazable no respondió significativamente a la aplicación de cal ($P > 0,05$).

4.12 Efecto sobre fósforo orgánico.

El efecto del encalado sobre el P-orgánico solamente fué detectable en el suelo Tangareal el cual presentó una concentración original de P-orgánico seis veces superior a la del suelo Cafelina.

En la Figura 15 se puede observar que el contenido inicial de P-orgánico (70 ppm) se incrementó con las adiciones de cal hasta alcanzar un máximo cuando se aplicaron 5 Ton/Ha de cal (85 ppm). Con la adición de 10 Ton/Ha el P-orgánico cayó hasta una concentración de 64 ppm.

Lo anterior implica que el encalamiento a niveles de 2,5 y 5,0 Ton/Ha causó, dentro del metabolismo del fósforo un proceso de inmovilización.

Con el nivel de 10 Tbn/Ha., en cambio, se presentó una tendencia hacia la mineralización. De todas maneras, es evidente el predominio de la inmovilización sobre la mineralización, lo cual parece ser el común denominador cuando se encala suelos tropicales (6, 16, 24, 37, 43). Esta situación la explica Hiasco (16) mediante varias hipótesis.

4.13 Requerimientos de cal.

En la Tabla VI se presentan los requerimientos teóricos de cal, de acuerdo a tres criterios, para los suelos estudiados. Es evidente que el criterio de la acidez cambiante tiende a llevar a la obtención de los requerimientos más altos de cal, en tanto que los requerimientos más bajos se obtuvieron cuando se calculan en base al aluminio cambiante. Resultados similares han sido obtenidos para oxisoles del Africa (67), y para suelos volcánicos de Marifio (8).

Por otra parte, el suelo Tangareal presentó mayores requerimientos teóricos de cal que el suelo Cafelina cuando los criterios utilizados fueron el aluminio y acidez cambiante, lo cual resulta explicable en razón de la mayor concentración de aluminio y acidez cambiante en el suelo Tangareal. Sin embargo,

cuando el criterio utilizado fué el pH se presentó la situación inversa, probablemente debido a una mayor capacidad de amortiguación en el suelo Tangareal.

En contraste con lo anterior, al examinar los datos de neutralización del aluminio y la acidez cambiante, que se presentan en la Tabla VII, se encuentra que ningún nivel de encalado logró neutralizar la totalidad del aluminio y la acidez. La aplicación de 10 Ton/Ha de cal, tan solo neutralizó el 58% de la acidez cambiante y el 63% del aluminio cambiante en el suelo Cafelina, mientras que en el suelo Tangareal, esa misma aplicación, solamente consiguió neutralizar el 34% de la acidez y el 43% del aluminio cambiante. Además, salta a la vista que la neutralización aumenta con la dosis de encalamiento. ?

De lo anterior se puede deducir que en el suelo Cafelina la neutralización del aluminio y la acidez cambiante fué superior a la registrada en el suelo Tangareal. De otra parte, al confrontar los datos de requerimientos teóricos de cal (Tabla VI) con los de neutralización (Tabla VII) se deduce que los criterios teóricos de requerimientos, correspondientes a aluminio y acidez, no corresponden con la neutralización obtenida, lo cual indicaría una baja confiabilidad de esos criterios.

Se considera importante anotar que la neutralización del aluminio cambiante en los suelos estudiados es muy superior a la conseguida en suelos volcánicos de Nariffo (8), especialmente a al tos niveles de aplicación.

Si se toma en cuenta los criterios de Kamprath (47) y de Evans y Kamprath (27), para saturación de aluminio, anteriormente discutidos, y los resultados obtenidos para Ca, relación Ca/Mg, saturación de bases, y fósforo, los dos suelos estudiados requirieron, desde el punto de vista de su equilibrio químico-nutricional, entre 2,5 y 5 Ton/Ha de cal.

Sin embargo, se cree que los datos aportados en este trabajo deben ser la pauta para llevar a cabo investigaciones de invernadero y campo, utilizando diferentes especies cultivadas y niveles de cal entre 0 y 5 Ton/Ha.

| | 0 | 2,5 | 5 | 7,5 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Ca (%) | 10,55 | 13,77 | 22,57 | 30,85 |
| Mg (%) | 2,79 | 2,54 | 2,71 | 2,33 |
| Rel. Ca/Mg | 3,77 | 5,42 | 8,32 | 13,24 |
| pH | 4,56 | 4,73 | 5,10 | 5,50 |
| Aluminio intercambiable (%) | 33,75 | 30,32 | 28,43 | 25,56 |
| Aluminio total (%) | 5,01 | 5,05 | 5,70 | 6,73 |
| Aluminio no intercambiable (%) | 28,74 | 25,27 | 22,73 | 18,77 |
| Aluminio intercambiable/total (%) | 12,58 | 12,71 | 11,54 | 11,70 |

TAJELA II

EFFECTO DE LOS NIVELES DE ENCALAMIENTO SOBRE LAS VARIABLES DE RESPUESTA EN ESTUDIO, EN EL SUELO CAPULINA

| VARIABLES DE RESPUESTA | Niveles de cal (Tn/Ha) | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------|-------|-------|
| | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 |
| pH (KCl 1N, 1:2,5) | 5,00 | 5,40 | 6,11 | 6,95 |
| Acidez cambiante m.e./100g. | 20,53 | 17,06 | 13,33 | 8,66 |
| Al-Cambiable m.e./100g. | 5,71 | 5,13 | 4,10 | 2,13 |
| Al-Saturación % | 33,79 | 28,57 | 18,90 | 10,54 |
| Ca-Cambiable m.e./100g. | 0,49 | 3,33 | 8,60 | 12,46 |
| Ca-Saturación % | 2,93 | 18,44 | 37,97 | 60,86 |
| K-Cambiable m.e./100g. | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,14 |
| Mg-Cambiable m.e./100g. | 0,68 | 1,52 | 1,77 | 2,26 |
| Mg-Saturación % | 4,08 | 8,63 | 7,85 | 11,17 |
| Na-Cambiable m.e./100g. | 0,04 | 0,07 | 0,08 | 0,11 |
| Relación Ca/Mg | 0,73 | 2,23 | 4,82 | 5,57 |
| Saturación de Bases % | 8,37 | 28,49 | 46,95 | 73,30 |
| C.I.C. m.e./100g. | 17,06 | 18,53 | 22,66 | 20,43 |
| P-Ca no Apat. ppm. | 9,99 | 8,54 | 8,54 | 8,33 |
| P-Ca Apat. ppm. | 9,37 | 10,20 | 14,37 | 31,04 |
| P-Fe ppm. | 101,66 | 113,33 | 72,70 | 45,83 |
| P-Al ppm. | 53,39 | 40,32 | 58,43 | 69,66 |
| P-Aprovechable ppm. | 0,61 | 0,66 | 0,78 | 0,75 |
| P-Fácilmente Resomp. ppm. | 6,45 | 8,12 | 9,99 | 7,91 |
| P-Orgánico ppm. | 12,66 | 11,37 | 11,04 | 11,70 |

TAHIA III

EFFECTO DE LOS NIVELES DE ENCALAMIENTO SOBRE LAS VARIABLES DE RESPUESTA EN ESTUDIO, EN EL SUELO TANGARAL

| VARIABLES DE RESPUESTA | Niveles de cal (lb/ha) | | | |
|-----------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 |
| pH (KCl 1N, 1:2,5) | 5,75 | 6,16 | 6,43 | 6,90 |
| Acidos Cambiable m.e./100g. | 25,20 | 25,13 | 21,00 | 16,66 |
| Al-Cambiable m.e./100g. | 10,61 | 11,07 | 8,78 | 6,01 |
| Al-Saturación % | 35,57 | 50,46 | 29,11 | 16,77 |
| Ca-Cambiable m.e./100g. | 1,37 | 5,10 | 11,56 | 15,47 |
| Ca-Saturación % | 4,59 | 22,39 | 39,36 | 43,68 |
| K-Cambiable m.e./100g. | 0,28 | 0,28 | 0,29 | 0,28 |
| Mg-Cambiable m.e./100g. | 1,50 | 2,55 | 3,47 | 3,54 |
| Mg-Saturación % | 5,01 | 11,59 | 11,85 | 9,96 |
| Na-Cambiable m.e./100g. | 0,06 | 0,08 | 0,09 | 0,12 |
| Relación Ca/Mg | 0,91 | 2,10 | 3,34 | 4,37 |
| Saturación de Bases % | 10,80 | 35,61 | 52,55 | 54,83 |
| C.I.C. m.e./100g. | 29,90 | 22,73 | 30,06 | 35,80 |
| P-Ca no Apat. ppm. | 5,41 | 6,24 | 9,16 | 7,50 |
| P-Ca Apat. ppm. | 13,33 | 17,91 | 16,66 | 35,41 |
| P-Fe ppm. | 116,24 | 138,74 | 116,66 | 159,99 |
| P-Al ppm. | 96,01 | 91,89 | 89,37 | 88,00 |
| P-Aprovechable ppm. | 0,90 | 1,98 | 1,89 | 0,90 |
| P-Fácilmente Recomp. ppm. | 6,25 | 9,79 | 6,45 | 5,00 |
| P-Orgánico ppm. | 70,16 | 76,75 | 85,58 | 64,29 |

TABLE IV
CUADROS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | C U A D R A D O S M E D I O S | | | Al Saturación % |
|---------------------|------|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | | pH | Acidez Cambiable | Al Cambiable | |
| SUELOS | 1 | 1,19 ⁺⁺ | 302,46 ⁺⁺ | 140,97 ⁺⁺ | 603,24 ⁺ |
| ERROR (a) | 4 | 0,01 | 4,37 | 0,87 | 48,84 |
| TRATAMIENTO | 3 | 2,67 ⁺⁺ | 123,24 ⁺⁺ | 22,17 ⁺⁺ | 797,89 ⁺⁺ |
| TOTAL | 1 | | | 58,29 ⁺⁺ | 1852,53 ⁺⁺ |
| | 1 | | | 8,00 N.S. | 345,99 N.S. |
| | 1 | | | 0,23 N.S. | 195,14 N.S. |
| TANGAREAL | 1 | 2,07 ⁺⁺ | 132,61 ⁺⁺ | | |
| | 1 | 0,001 N.S. | 15,65 ⁺ | | |
| | 1 | 0,018 N.S. | 2,24 N.S. | | |
| CAPSELINA | 1 | 6,46 ⁺⁺ | 232,06 ⁺⁺ | | |
| | 1 | 0,14 ⁺⁺ | 1,08 N.S. | | |
| | 1 | 0,006 N.S. | 0,06 N.S. | | |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 0,23 ⁺⁺ | 3,99 N.S. | 1,07 N.S. | 111,51 N.S. |
| ERROR (b) | 12 | 0,004 | 1,51 | 3,48 | 102,92 |
| TOTAL | 23 | 0,43 | 31,29 | 11,13 | 207,04 |

+ = Significación al 95%
 ++ = Significación al 99%
 N.S. = No significativo

L = Tendencia Lineal
 C = Tendencia Cuadrática
 Cu = Tendencia Cúbica

TENDENCIA DE TRATAMIENTOS

TAULA IV
CUADROS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA
(Continuación)

| PUNTS DE VARIACION | G.L. | GUADRADOS | | MEDIOS | | K Cambiable |
|---------------------|------|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------------|
| | | G.I.C. | Ca Cambiable | Mg Cambiable | K Cambiable | |
| SUELOS | 1 | 594,01 ⁺⁺ | 27,85 ⁺⁺ | 8,69 ⁺⁺ | 0,0828 ⁺⁺ | |
| ERROR (a) | 4 | 2,54 | 0,30 | 0,07 | 0,0002 | |
| TRATAMIENTO | 3 | 64,91 ⁺ | 204,51 ⁺⁺ | 3,83 ⁺⁺ | 0,0005 ^{N.S.} | |
| | 1 | 6,01 ⁺⁺ | 606,73 ⁺⁺ | | | |
| TOTAL | 1 | 0,0002 ^{N.S.} | 0,54 ^{N.S.} | | | |
| | 1 | 0,0004 ^{N.S.} | 6,25 ⁺ | | | |
| | 1 | 94,00 ⁺ | | 7,42 ⁺⁺ | | |
| | 1 | 124,80 ⁺ | | 0,72 ⁺ | | |
| | 1 | 38,88 ^{N.S.} | | 0,07 ^{N.S.} | | |
| | 1 | 30,38 ^{N.S.} | | 3,70 ⁺⁺ | | |
| | 1 | 10,26 ^{N.S.} | | 0,09 ^{N.S.} | | |
| | 1 | 12,24 ^{N.S.} | | 0,10 ^{N.S.} | | |
| SUELO Y TRATAMIENTO | 3 | 38,61 ^{N.S.} | 1,58 ^{N.S.} | 0,21 ^{N.S.} | 0,0004 ^{N.S.} | |
| ERROR (b) | 12 | 14,47 | 1,27 | 0,08 | 0,0003 | |
| TOTAL | 23 | 47,32 | 28,81 | 0,96 | 0,0039 | |

TENDENCIA DE
 TRATAMIENTOS

TANGARIBAL
 CAPELINA

TABLA IV
 CUADROS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA
 (Continuación)

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | CUADRADOS MEDIOS | | | | MG Saturación % |
|---------------------|------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| | | Na. Cambiable | Bases Saturación % | Ca. Saturación % | | |
| SUELOS | 1 | 0,0012 ^{N.S.} | 4,15 ^{N.S.} | 38,94 ^{N.S.} | 16,73 ^{N.S.} | |
| ERROR (a) | 4 | 0,0012 | 15,41 | 8,18 | 3,74 | |
| TRATAMIENTO | 3 | 0,0041 ⁺⁺ | 3314,75 ⁺⁺ | 2690,75 ⁺⁺ | 48,05 ⁺⁺ | |
| | | | | | | |
| TOTAL | 1 | 0,01 ⁺⁺ | | | 95,05 ⁺⁺ | |
| | 1 | 0,0001 ^{N.S.} | | | 35,23 ⁺⁺ | |
| | 1 | 0,0004 ^{N.S.} | | | 13,87 ^{N.S.} | |
| | | | | | | |
| TANGAREAL | 1 | | 3331,78 ⁺⁺ | 2702,25 ⁺⁺ | | |
| | 1 | | 380,47 ⁺ | 136,14 ⁺ | | |
| | 1 | | 6,88 ^{N.S.} | 20,98 ^{N.S.} | | |
| | | | | | | |
| CAPULINA | 1 | | 6821,76 ⁺⁺ | 5606,47 ⁺⁺ | | |
| | 1 | | 29,17 ^{N.S.} | 40,88 ^{N.S.} | | |
| | 1 | | 13,62 ^{N.S.} | 0,06 ^{N.S.} | | |
| | | | | | | |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 0,00006 ^{N.S.} | 213,14 ⁺ | 144,84 ⁺ | 7,97 ^{N.S.} | |
| ERROR (b) | 12 | 0,0002 | 44,29 | 25,04 | 5,95 | |
| TOTAL | 23 | 0,0009 | 486,12 | 386,04 | 11,79 | |

DIRECCION DE ASESORIA TECNICA

CUADROS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA
TABLE IV
(Continuación)

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | CUADRADOS MEDIOS | | | |
|---------------------|------|----------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | Relación Ca/Mg | P-Fácilmente Reemplazable | P-Ca No Apático | P-Ca Apático |
| SUELOS | 1 | 2,59 ⁺ | 9,36 ⁺⁺ | 18,82 ^{N.S.} | 126,09 ^{N.S.} |
| ERROR (a) | 4 | 0,31 | 0,09 ^{N.S.} | 4,42 | 196,04 |
| TRATAMIENTO | 3 | 21,02 ⁺⁺ | 10,09 ^{N.S.} | 2,37 ^{N.S.} | 593,17 ^{N.S.} |
| TOTAL | 1 | | | | 1350,11 ⁺ |
| TANGAREAL | L | 20,31 ⁺⁺ | | | 337,57 ^{N.S.} |
| | C | 0,02 ^{N.S.} | | | 91,82 ^{N.S.} |
| | Cu | 0,01 ^{N.S.} | | | |
| CAPELINA | L | 43,92 ⁺⁺ | | | |
| | C | 0,43 ^{N.S.} | | | |
| | Cu | 1,29 ^{N.S.} | | | |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 0,97 ^{N.S.} | 8,80 ^{N.S.} | 7,40 ^{N.S.} | 7,71 ^{N.S.} |
| ERROR (b) | 12 | 0,31 | 4,01 | 5,66 | 245,79 |
| TOTAL | 23 | 3,19 | 4,98 | 5,81 | 246,19 |

TABLA IV
CUADROS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA
(Continuación)

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | CUADRADOS MEDIOS | | | |
|----------------------------|------|-------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | | P-Fe | P-Al | P | |
| | | | Aprovechable | Orgánico | |
| SUOS | 1 | 14718,83 ⁺ | 7718,51 ⁺⁺ | 3,07 ⁺ | 23438,13 ⁺⁺ |
| ERROR (a) | 4 | 712,81 | 330,69 | 0,17 | 3,68 |
| TRATAMIENTO | 3 | 1058,70 ^{N.S.} | 169,22 ^{N.S.} | 0,58 ⁺ | 113,70 ^{N.S.} |
| TOTAL | | | | | |
| L | 1 | | | | |
| C | 1 | | | | |
| Cu | 1 | | | | |
| TANGAREAL | | | | | |
| L | 1 | 105,86 ^{N.S.} | | 0,001 ^{N.S.} | 11,60 ^{N.S.} |
| C | 1 | 5,68 ^{N.S.} | | 3,21 ⁺⁺ | 582,83 ⁺⁺ |
| Cu | 1 | 0,03 ^{N.S.} | | 0,01 ^{N.S.} | 157,23 ^{N.S.} |
| CAPELINA | | | | | |
| L | 1 | 671,47 ⁺ | | 0,04 ^{N.S.} | 1,54 ^{N.S.} |
| C | 1 | 442,62 ⁺ | | 0,005 ^{N.S.} | 2,88 ^{N.S.} |
| Cu | 1 | 217,20 ^{N.S.} | | 0,006 ^{N.S.} | 0,0002 ^{N.S.} |
| SUBLO x TRATAMIENTO | | | | | |
| SUBLO x TRATAMIENTO | 3 | 3005,74 ^{N.S.} | 311,74 ⁺ | 0,50 ^{N.S.} | 138,32 ⁺ |
| ERROR (b) | 12 | 1672,43 | 86,27 | 0,15 | 35,61 |
| TOTAL | 23 | 2166,63 | 500,84 | 0,38 | 1071,14 |

BRASILENSIS
 ESTADISTICA DE

Tabla VI

REQUISITOS NUTRICIONALES DE CAL, $Ca(OH)_2$ EN LOS SUELOS ESTUDIADOS, DE ABRADO A TRES CILINDROS
TABLA V
INTENSIDAD DE LA TRANSFORMACION DE LA CAL EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

| SUELO | NIVEL DE APLICACION (Ton/Ha) | | | |
|-----------|------------------------------|------|-------|------|
| | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 |
| CAFELINA | 0 | 71 % | 100 % | 75 % |
| TANGAREAL | 0 | 93 % | 100 % | 88 % |

- * Cal necesaria para llevar el pH a 5,5 (Figura 1).
- ** Calculado a razón de 1 m.e./100g. de $Ca(OH)_2$ por ca. 0,5 m.e./100g. de aluminio cambiante.
- *** Calculado a razón de 1 m.e./100g. de $Ca(OH)_2$ por ca. 0,5 m.e./100g. de sodio cambiante.

TABLA VI

REQUERIMIENTOS TEORICOS DE CAL, $(Ca(OH)_2)$ EN LOS SUELOS ESTUDIADOS, DE ACUERDO A TRES CRITERIOS (Ton/Ha)

| SUELO | CRITERIO | | |
|-----------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| | pH ⁺ | Aluminio ⁺⁺ Cambiable | Acidez ⁺⁺⁺ Cambiable |
| CAPELINA | 10 | 3,5 | 12,5 |
| TANGAREAL | 7,2 | 6,5 | 15,3 |

+ Cal necesaria para llevar el pH a 6,5 (Figura 1).

++ Calculado a razón de 1 m.e./100g. de $Ca(OH)_2$ por cada m.e./100g. de aluminio cambiable.

+++ Calculado a razón de 1 m.e./100g. de $Ca(OH)_2$ por cada m.e./100g. de acidez cambiable.

■ Tangareal
● Cafelina

NEUTRALIZACION DEL ALUMINIO Y LA ACIDEZ CAMBIABLE
DATOS EN % DE LA CONCENTRACION ORIGINAL

| NIVEL DE CAL (Ton/Ha) | ACIDEZ CAMBIABLE | | ALUMINIO CAMBIABLE | |
|-----------------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------|
| | SUELO CAFELINA | SUELO TANGAREAL | SUELO CAFELINA | SUELO TANGAREAL |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2,5 | 17 | 0 | 10 | 0 |
| 5,0 | 35 | 17 | 28 | 17 |
| 10,0 | 58 | 34 | 63 | 43 |

Fig. 1- Efecto de los niveles de Cal sobre el pH

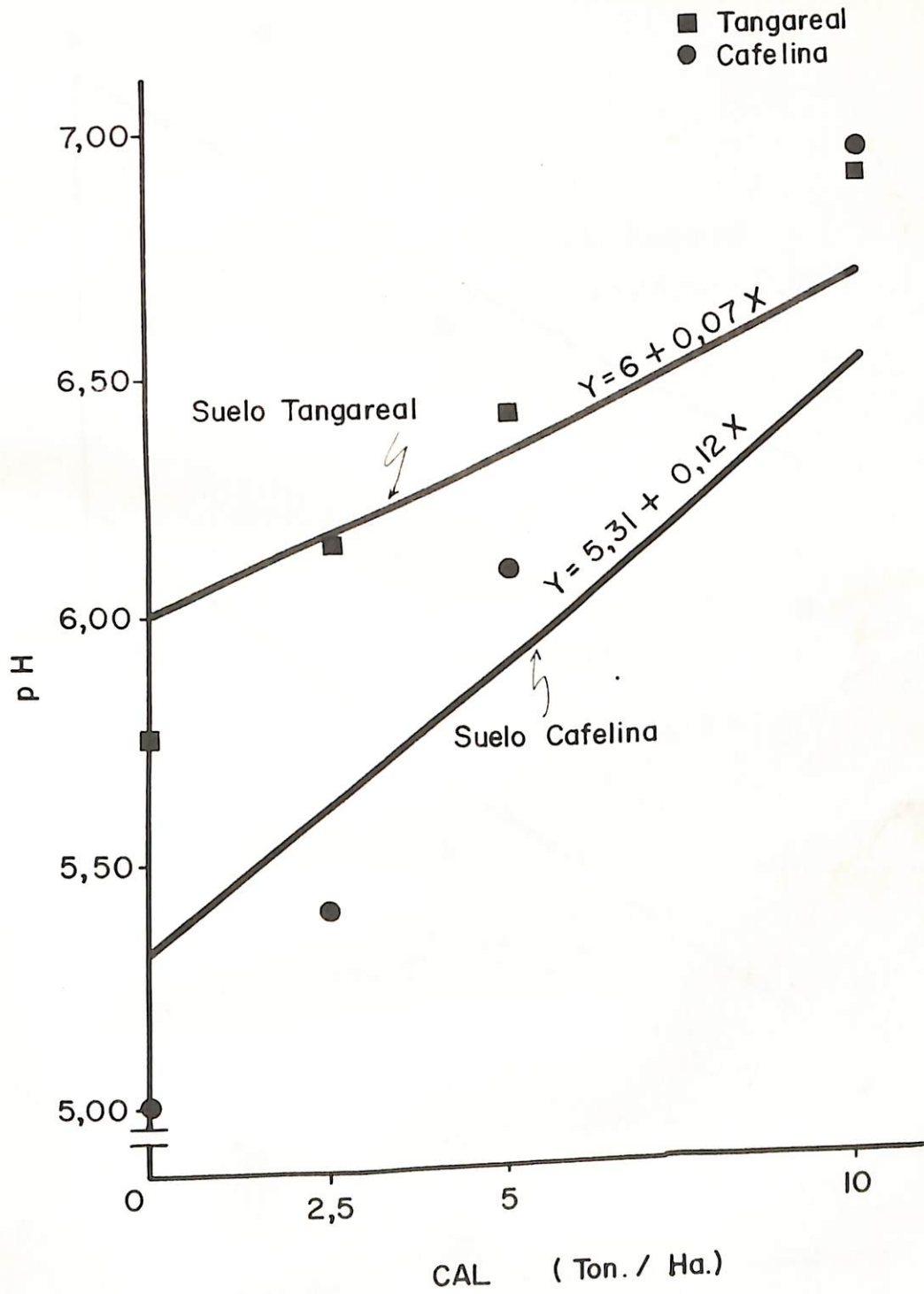


Fig. - 1 - Efecto de los niveles de Cal sobre el pH.

■ Tangareal
● Cafelina

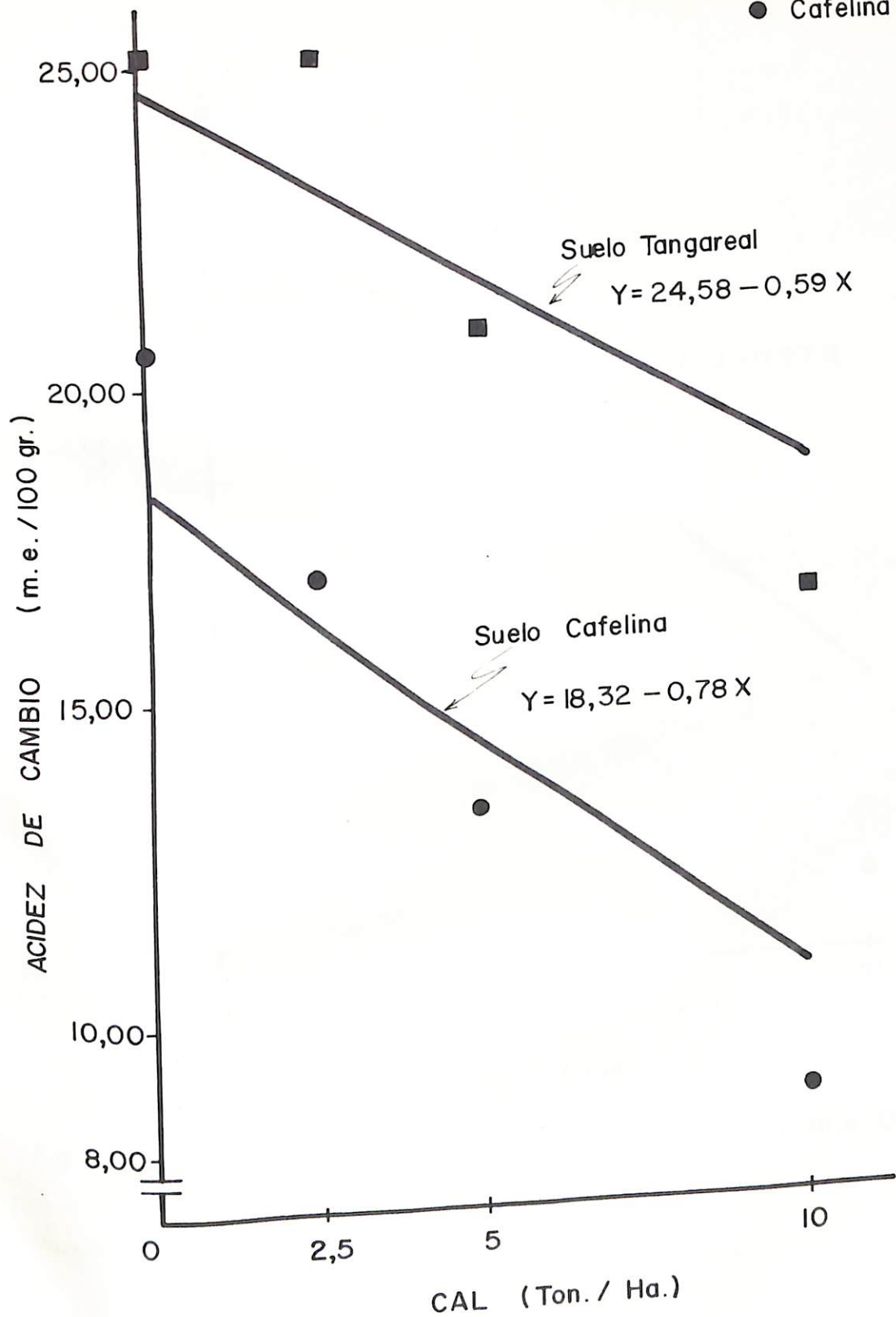


Fig.-2- Efecto de los niveles de Cal sobre la Acidez de Cambio.

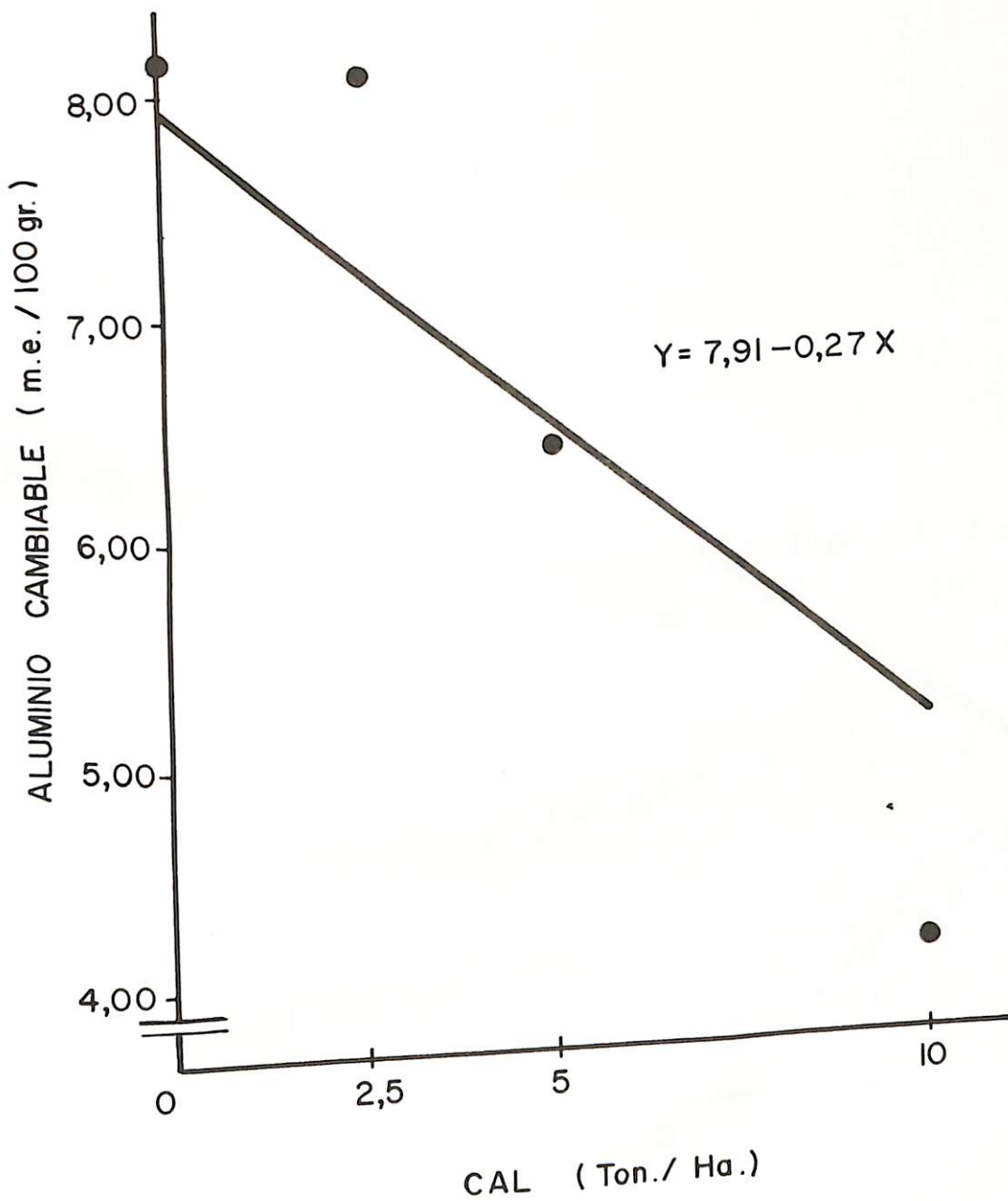


Fig. - 3 - Efecto de los niveles de Cal sobre el Aluminio Cambiable en los suelos estudiados.

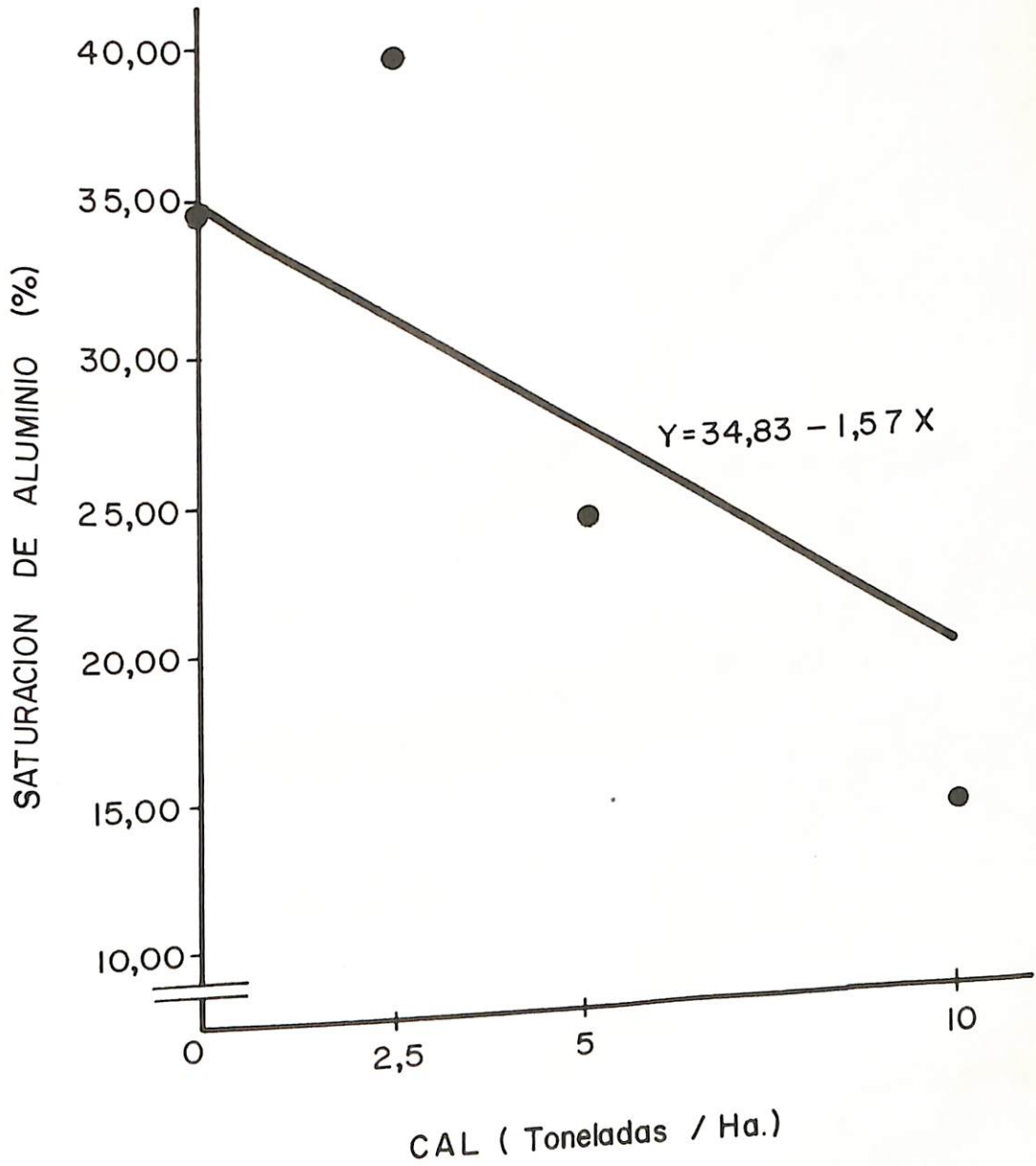


Fig. - 4 - Efecto de los niveles de Cal sobre la Saturación de Aluminio en los suelos estudiados.

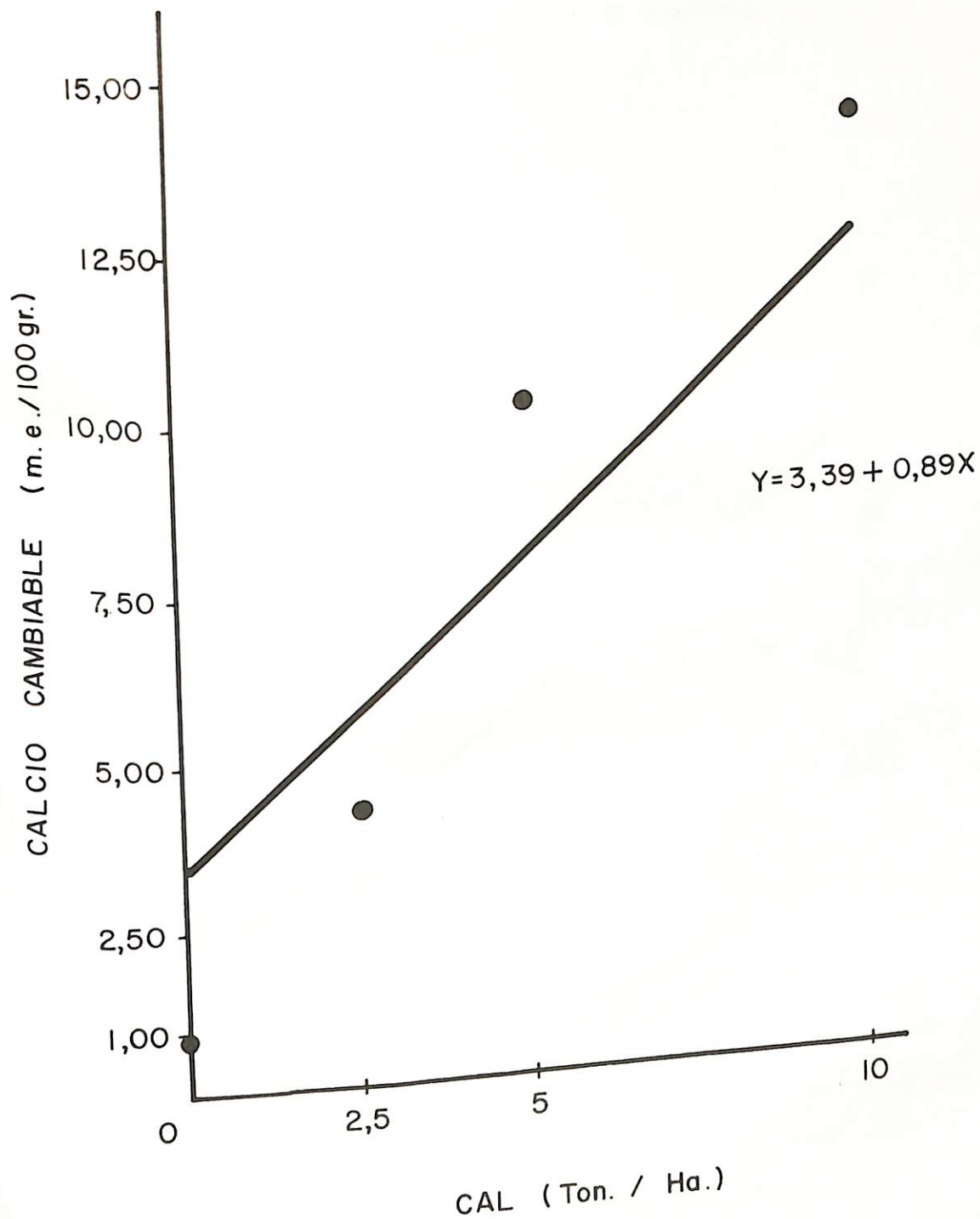


Fig. - 5 - Efecto de los niveles de Cal sobre el Calcio cambiabile en los suelos estudiados.

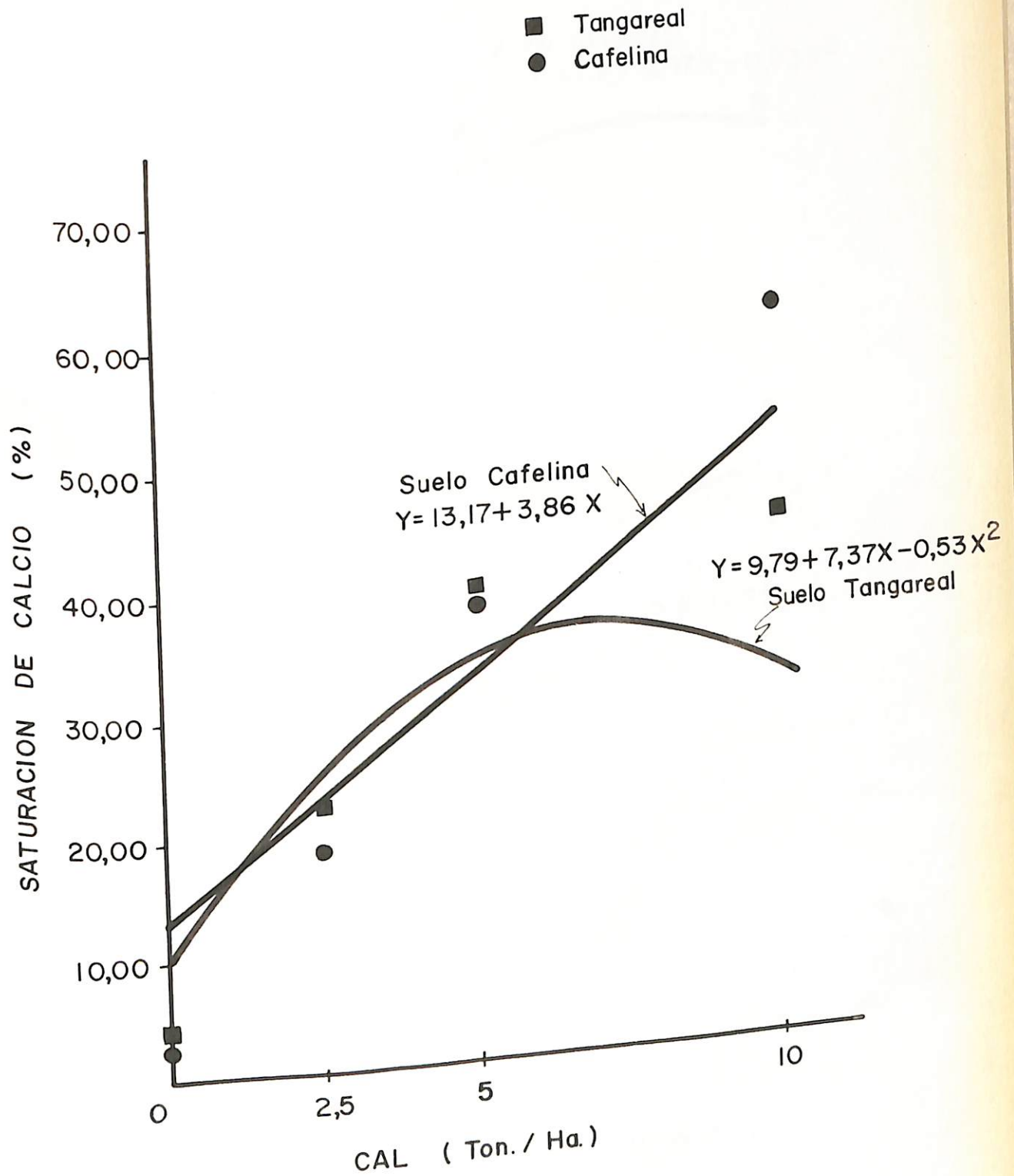


Fig. -6 - Efecto de los niveles de Cal sobre la saturación de Calcio

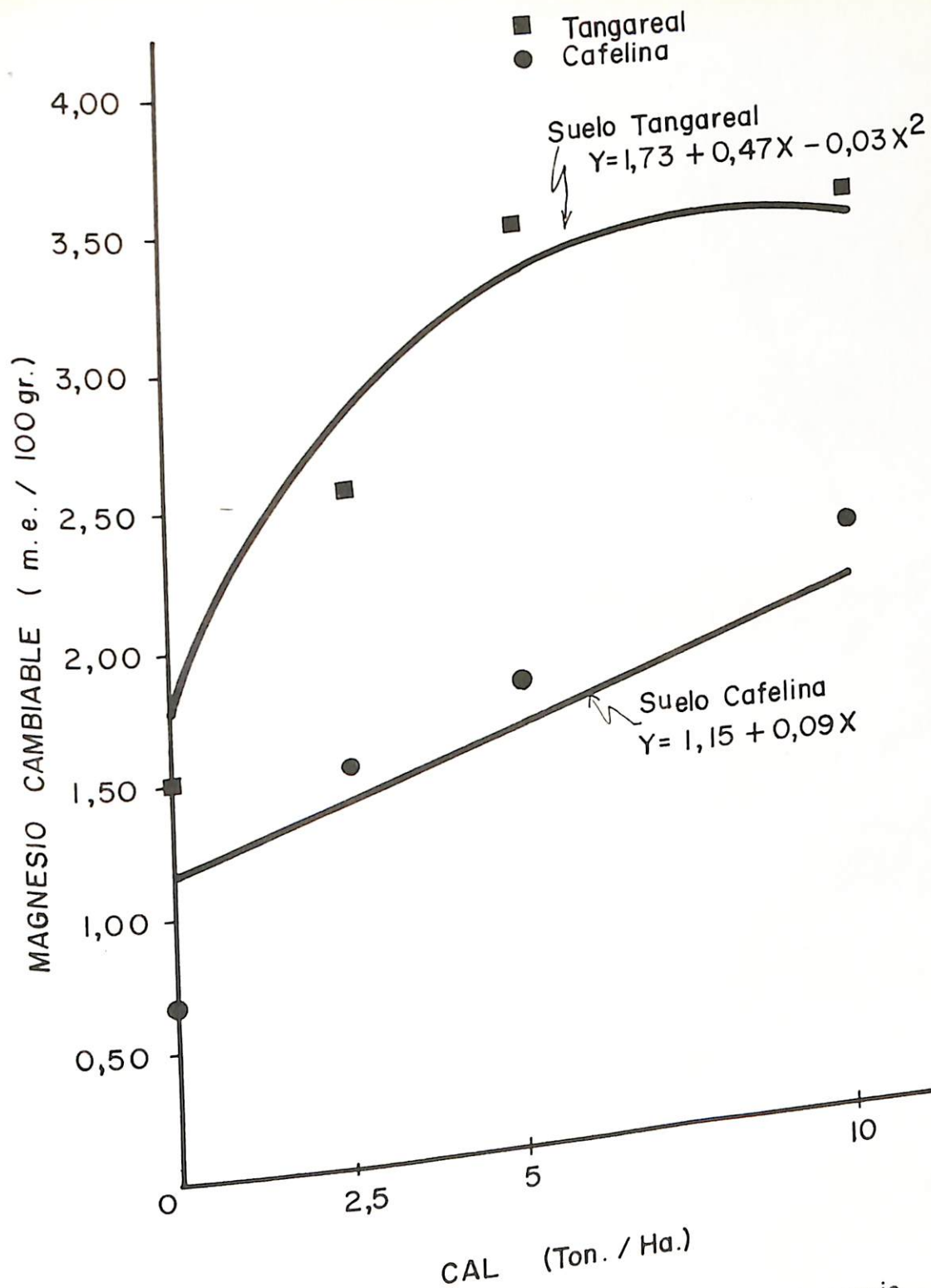


Fig. - 7 - Efecto de los niveles de Cal sobre el Magnesio Cambiable.

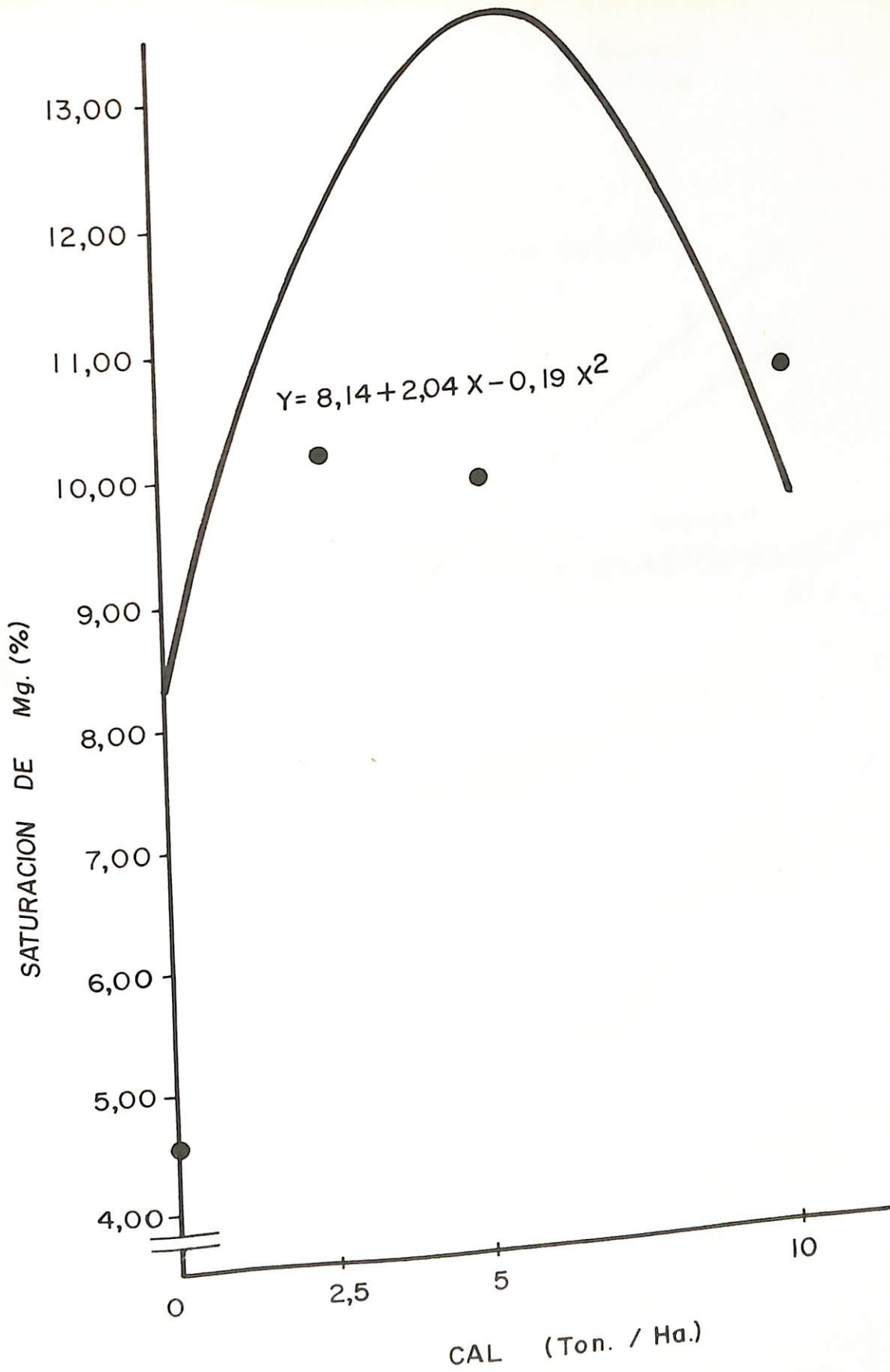


Fig. - 8 - Efecto de los niveles de Cal sobre la saturación de Mg. en los suelos estudiados.

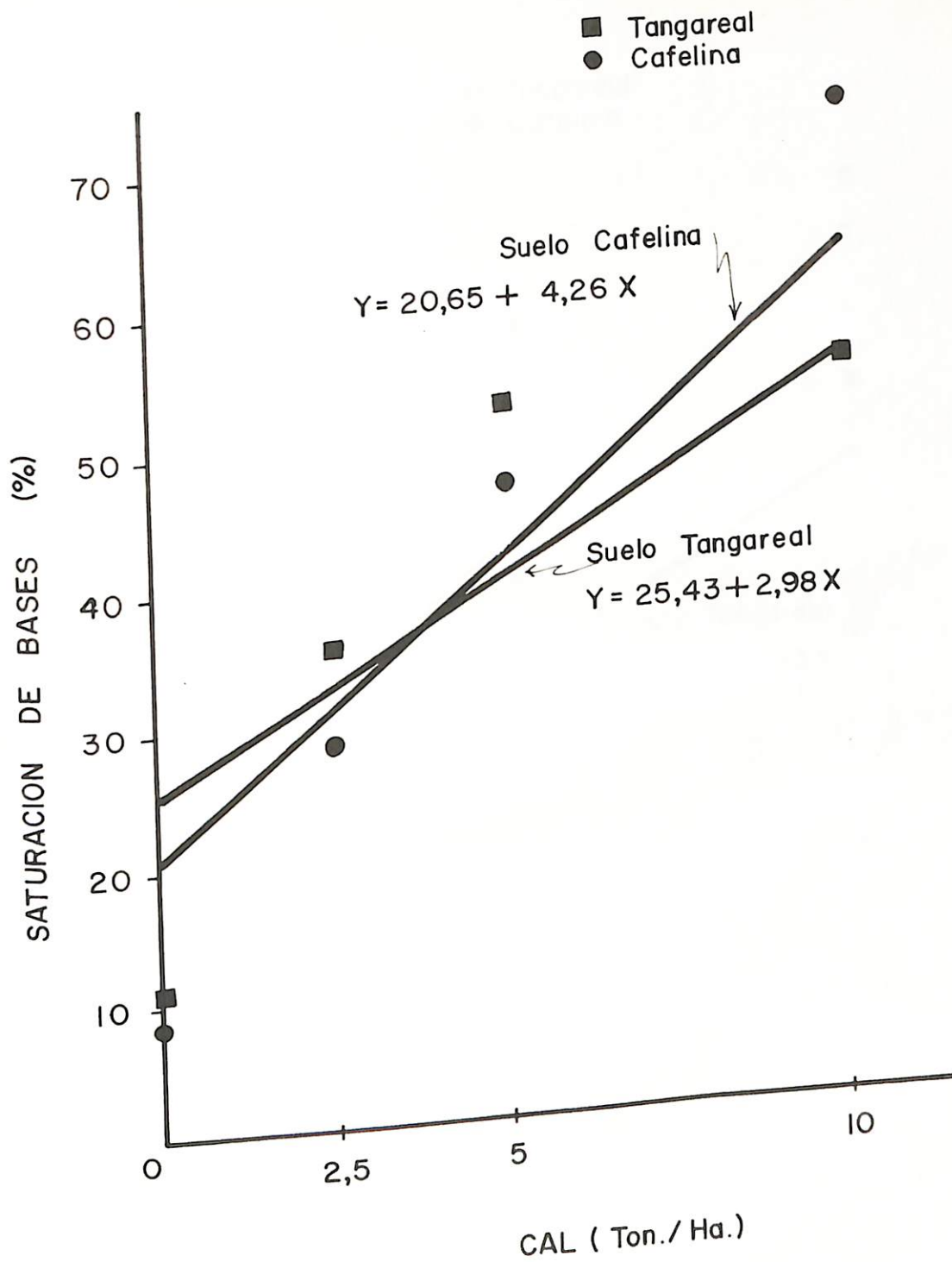


Fig.-9- Efecto de los niveles de Cal sobre la saturación de bases.

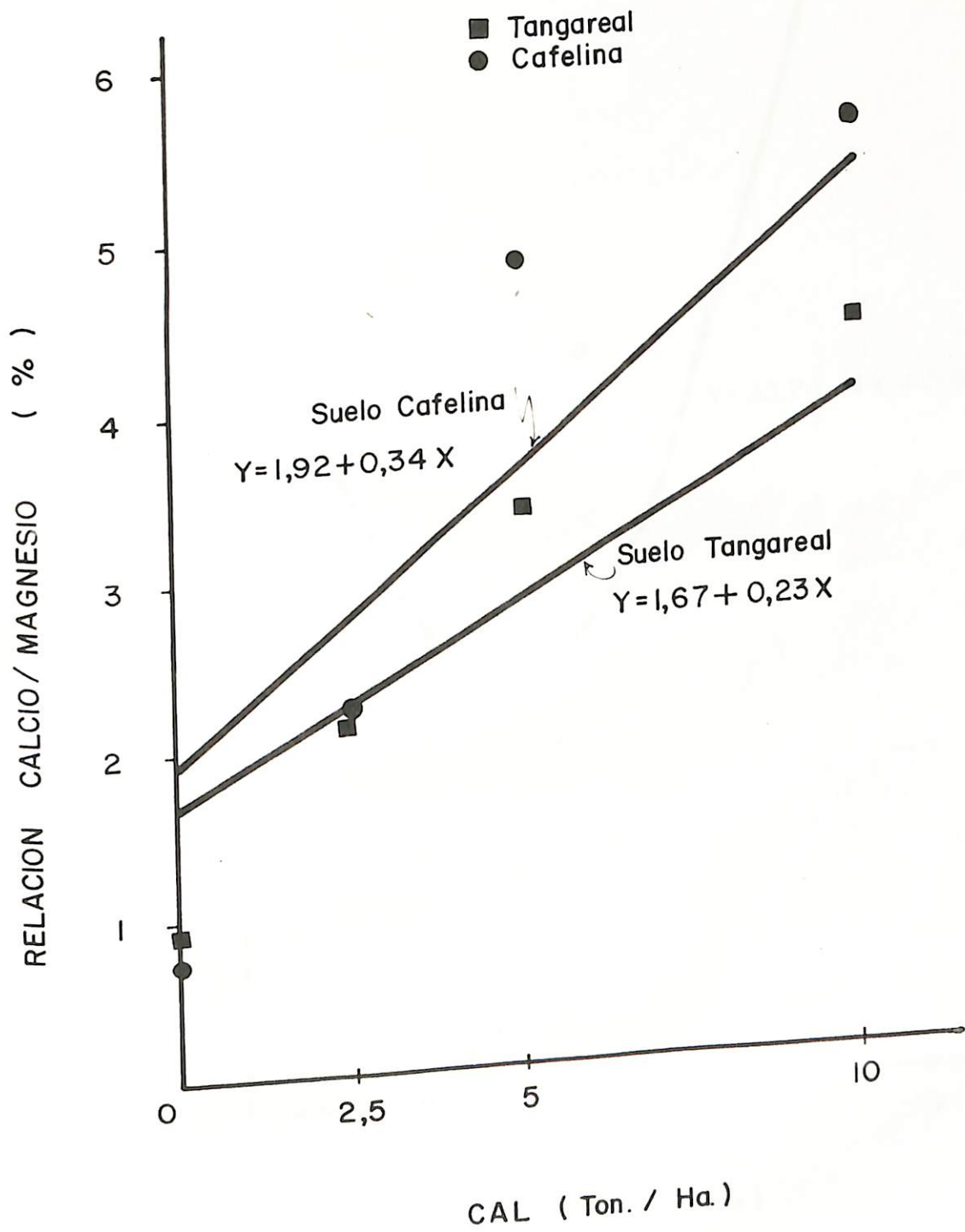


Fig. -10- Efecto de los niveles de Cal sobre la relación Ca./Mg.

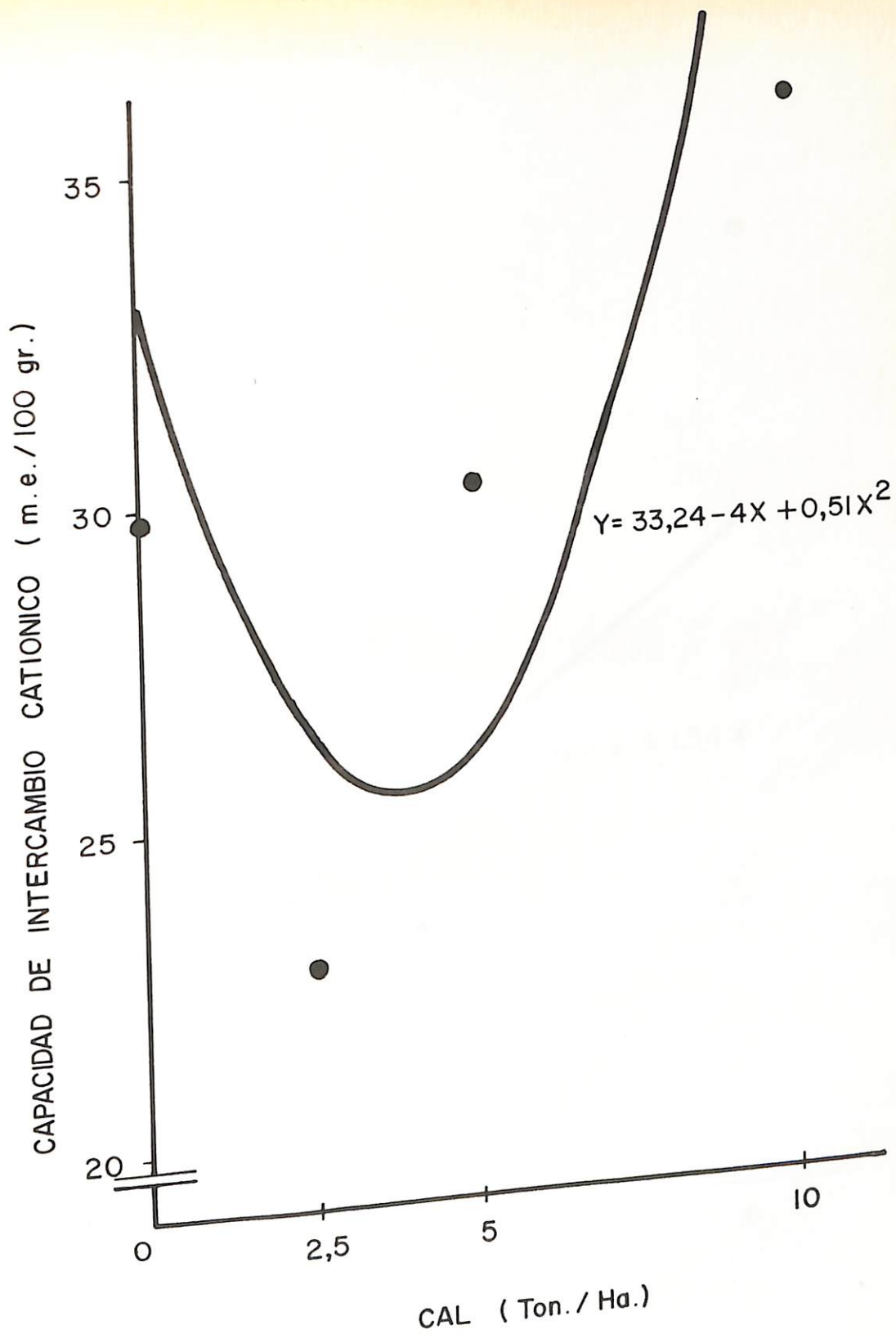


Fig.-11- Efecto de los niveles de Cal sobre la capacidad de intercambio catiónico en el suelo Tangareal.

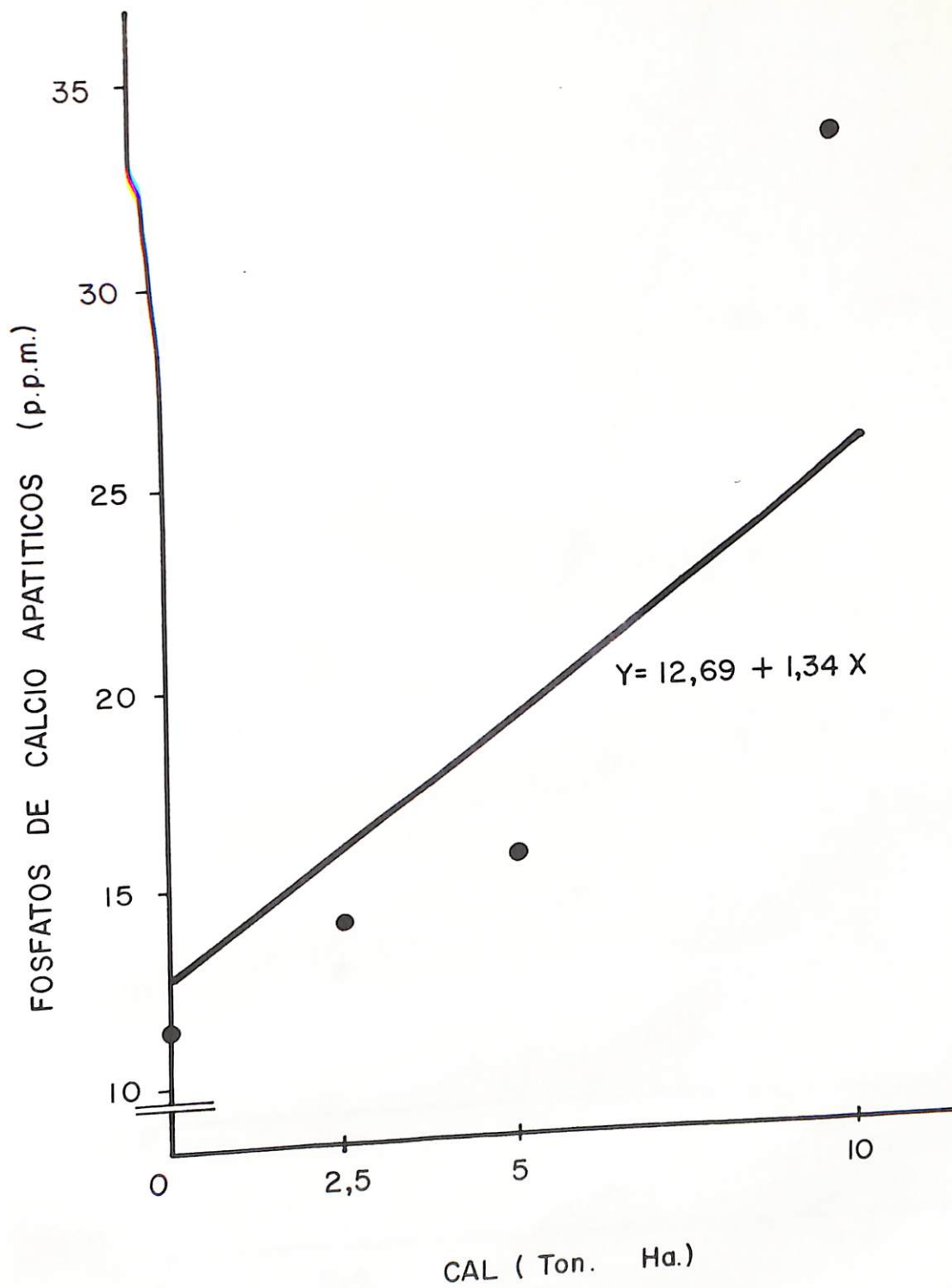


Fig. - 12 - Efecto de los niveles de Cal sobre los Fosfatos de Calcio Apatíticos en los suelos estudiados.

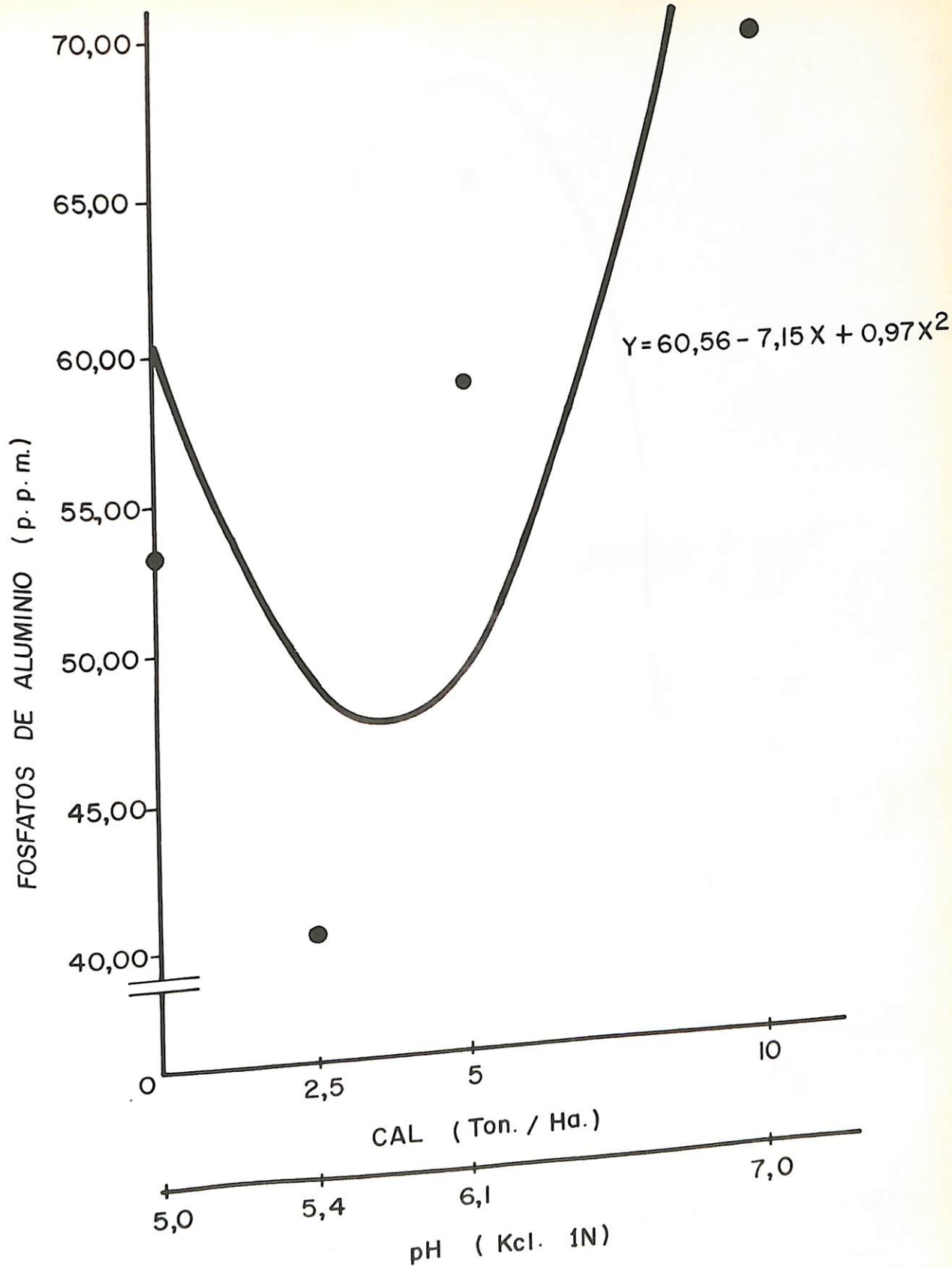


Fig.-13- Efecto de los niveles de Cal sobre los Fosfatos de Aluminio en el suelo Cafelina

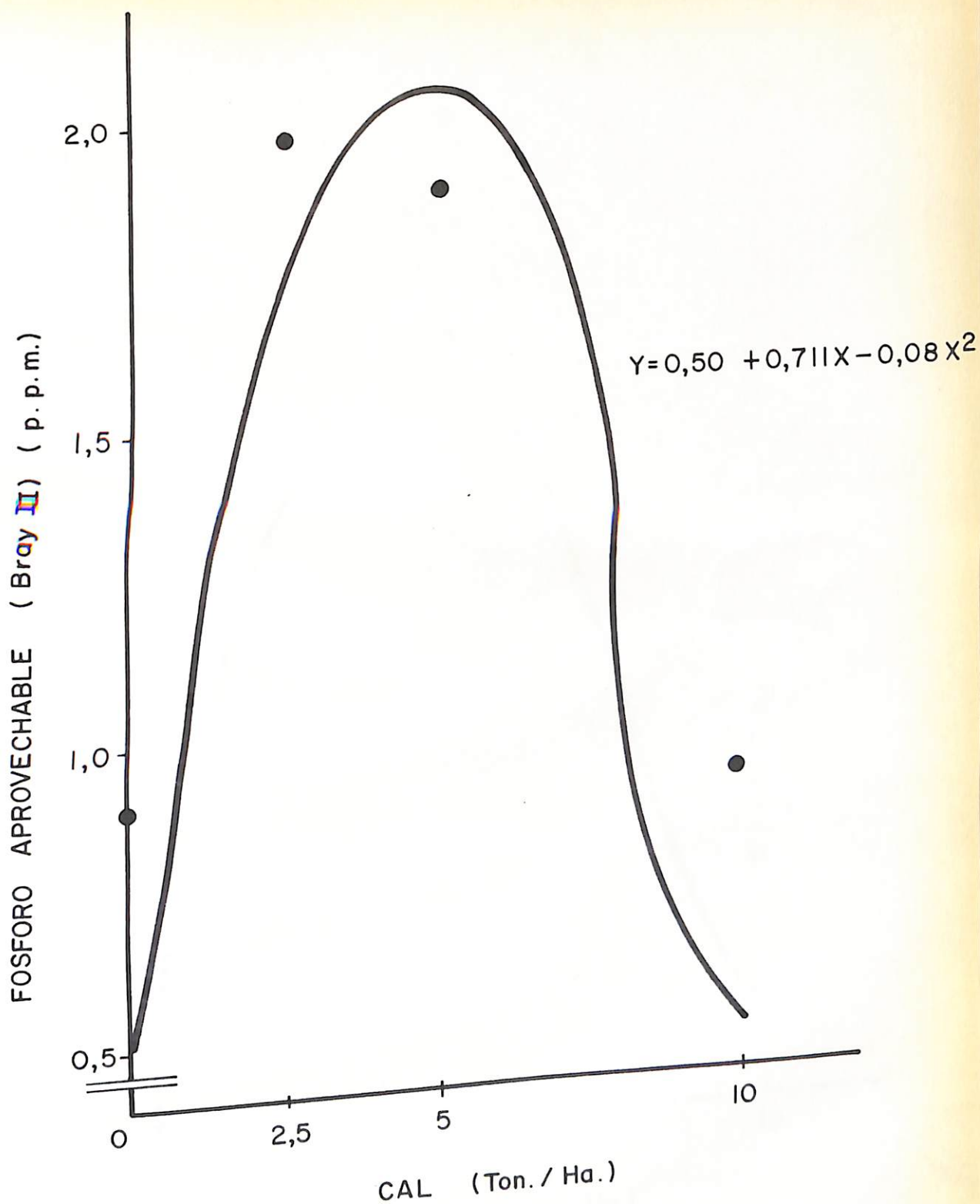


Fig. -14- Efecto de los niveles de Cal sobre el Fósforo Aprovechable (Bray II), en el suelo Tangareal.

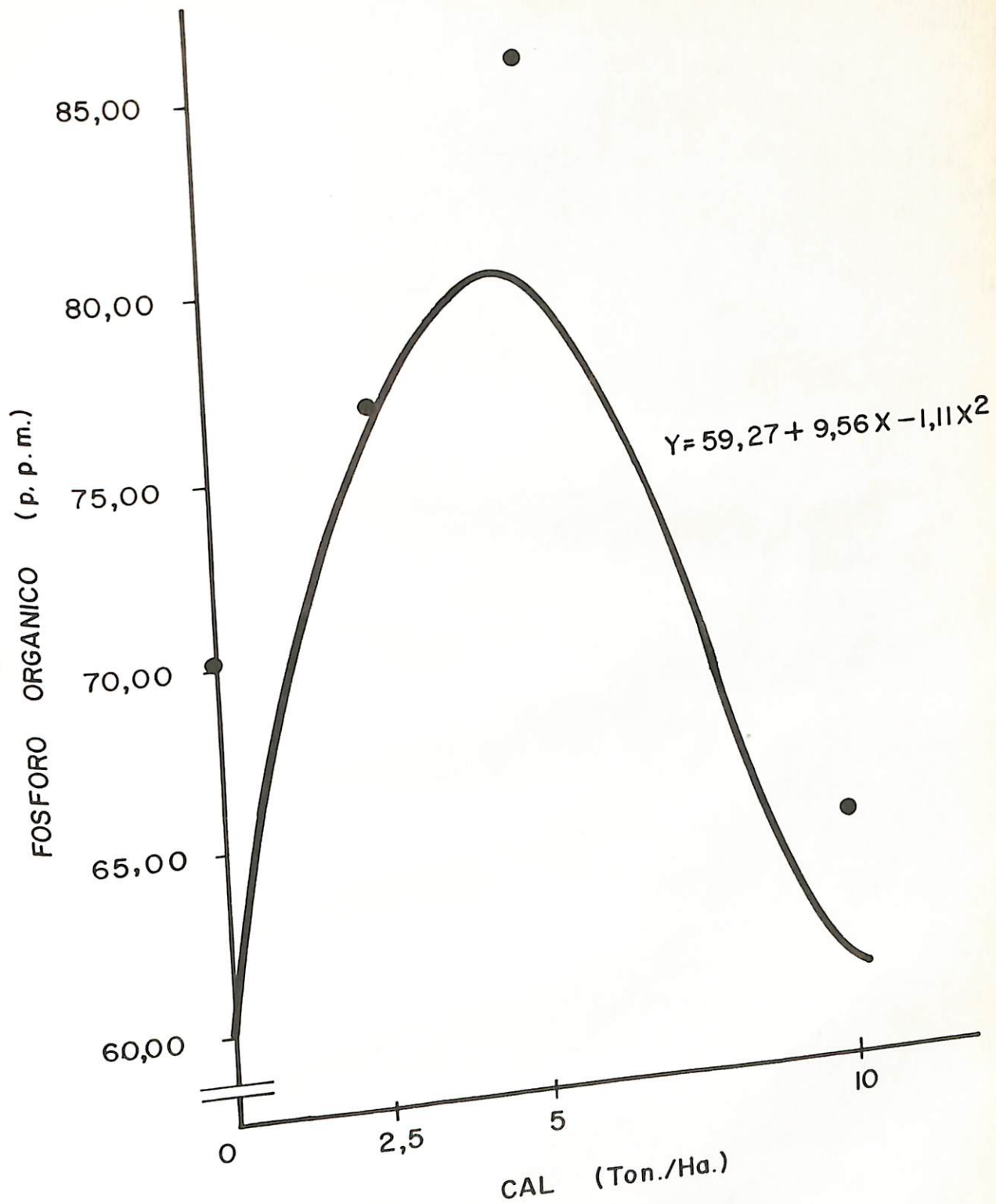


Fig.-15- Efecto de los niveles de Cal sobre el fósforo Orgánico en el suelo Tangareal

V. CONCLUSIONES

1. Los niveles de encalamiento incrementaron linealmente el pH y provocaron una disminución también lineal de la acidez cambiante, el aluminio cambiante y su saturación en los suelos experimentales.
2. Los dos suelos estudiados presentaron niveles originales de saturación de aluminio ($> 30\%$) que podrían ser nocivos para el desarrollo de la mayoría de los cultivos. La neutralización del aluminio y acidez cambiante aumentó con el nivel de cal, pero con la aplicación de 10 t/ha tan solo se neutralizó 34-68% del aluminio cambiante.
3. La mayor parte de la acidez cambiante de los suelos experimentales parece estar integrada por H^+ .
4. El calcio, magnesio y sodio cambiables, lo mismo que las saturaciones de calcio, magnesio, bases totales y relación Ca/Mg se incrementaron con las dosis de cal aplicadas en los dos suelos estudiados, aunque en algunos casos las respuestas tendieron a ser cuadráticas. Por el contrario, el potasio cambiante no respondió al encalamiento.

VII. RESUMEN

En dos suelos latosólicos: Tangareal (Llanura del Pacífico) y Cafelina (Bajo Putumayo), se estudió la respuesta de algunas propiedades químicas al encalamiento. Bajo condiciones de laboratorio, se aplicaron diferentes niveles de cal (0, 2,5, 5,0 y 10,0 Tn/Ha) en forma de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y se sometieron los suelos experimentales a seis meses de incubación en húmedo. Se llevaron tres repeticiones.

Aunque en algunos casos las respuestas fueron de tendencia cuadrática, los niveles de encalamiento incrementaron el pH, calcio, magnesio, sodio cambiabiles, saturación de calcio, magnesio y bases totales, relación Ca/Mg, lo mismo que la concentración de fosfatos de calcio apatíticos y, por el contrario, disminuyeron linealmente la acidez cambiabiles, aluminio cambiabiles y su saturación en los dos suelos estudiados. El potasio cambiabiles, fosfatos de calcio no apatíticos, fosfatos de hierro y fósforo fácilmente reemplazable no respondieron significativamente al encalamiento.

Los dos suelos estudiados presentaron niveles originales de saturación de aluminio ($>30\%$) que

podrían ser nocivos para el desarrollo de la mayoría de los cultivos. La neutralización del aluminio y la acidez cambiante aumentó con el nivel de cal, pero con el nivel de 10 Ton/Ha tan solo se neutralizó 34-68% de la acidez y 43-63% del aluminio. La mayor parte de la acidez cambiante parece estar integrada por H^+ .

La intensidad de transformación de la cal fué del 100%, cuando se aplicaron 5 Ton/Ha, pero esta eficiencia disminuyó en un 20 - 25% cuando el nivel de aplicación fué de 10 Ton/Ha. Tanto la eficiencia de transformación de la cal como la neutralización del aluminio cambiante fueron superiores en los suelos latosólicos estudiados que en suelos volcánicos de Nariño.

En el suelo Tangareal la respuesta de la C.I.C. a los niveles de cal fué cuadrática, disminuyendo cuando se aplicaron 2,5 Ton/Ha e incrementándose se con aplicaciones de 5 y 10 Ton/Ha. Una situación similar se presentó con los fosfatos de aluminio en el suelo Cafelina, sugiriéndose una solubilización del P-Al con aplicaciones de 2,5 Ton/Ha y una retención del fósforo a niveles mayores de encalado. Las dosis de 2,5 y 5,0 Ton/Ha causaron una inmovilización del P, en tanto que aplicaciones de 10 Ton/Ha tendie

ron a causar mineralización del P-orgánico.

El suelo Tangareal presentó mayores requerimientos teóricos de cal que el suelo Cafelina, cuando los criterios utilizados fueron aluminio o acidez cambiante, en tanto que cuando el criterio utilizado fue pH la situación fue inversa. El criterio de la acidez cambiante condujo a la obtención de los requerimientos más altos de cal y el del Aluminio cambiante a los más bajos, pero ninguno de los dos coincidió con la neutralización obtenida.

Desde el punto de vista de su equilibrio químico-nutricional y de su saturación de aluminio, los suelos estudiados y sus similares requieren aplicaciones entre 2,5 y 5,0 Tn/Ha de cal. Sin embargo, se considera que los datos aportados en este trabajo deben ser la base para llevar a cabo investigaciones de invernadero y campo.

SUMMARY

The response of some chemical properties to liming was studied on two latosolic soils: Tangareal (Pacific Prairie) and Cafelina (Low Putumayo).

Different levels of lime (0, 2, 5, 5.0 and 10.0 Tons/Ha) were applied, under laboratory conditions, in the form of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and soil samples were submitted to wet incubation for six months. Three replications were made.

Although in some cases the response was of a quadratic tendency, the different lime levels increased pH, Ca, Mg, exchangeable Sodium, Calcium saturation, Magnesium and total bases, Ca/Mg relation as well as phosphate, apathitic Calcium concentrations and, on the contrary, exchangeable acidity, exchangeable Aluminium and its saturations was reduced.

Exchanged potassium, non apathitic Calcium, and Iron phosphates and easily replaced Phosphorus did not answer significantly to liming.

Both studied soils presented original levels of Aluminum saturation ($>30\%$) that could be noxious for the majority of crops. The Aluminium neutraliza-

tion and the exchangeable acidity increased with lime levels, but with that of 10 Tbn/Ha it only neutralized 34-68% of acidity and 43-63% of Aluminium. Most of exchangeable acidity seems to be integrated by H^+ .

Discussion.

The intensity of transformation due to lime was 100% when 5 Tbn/Ha were applied, but the efficiency was reduced to 20 - 25% when the application level was 10 Tbn/Ha. Both the intensity of lime transformation and the exchangeable Aluminium neutralization were greater in the latosolic studied soils than in the volcanic ones of Nariffo.

The C.I.C. answer from Tangareal soils to different lime levels was quadratic, diminishing when 2,5 Tbn/Ha were applied and increasing when 5 to 10 Tbn/Ha were used. A similar situation presented Aluminium phosphates in the Cafelina soil suggesting a solution of P-Al with applications of 2,5 Tbn/Ha and a Phosphorus relation in larger levels of liming. The 2,5 and 5,0 dosages of Tbn/Ha produced an immovility in Phosphorus, while 10 Tbn/Ha applications tended to cause a P-organic mineralization.

Tangareal soil need more theoretical requirements of lime than Cafelina soils when the utilized criteria were Aluminium or exchangeable acidity.

tion and the exchangeable acidity increased with lime levels, but with that of 10 Tbn/Ha it only neutralized 34-68% of acidity and 43-63% of Aluminium. Most of exchangeable acidity seems to be integrated by H^+ .

Discussion

The intensity of transformation due to lime was 100% when 5 Tbn/Ha were applied, but the efficiency was reduced to 20 - 25% when the application level was 10 Tbn/Ha. Both the intensity of lime transformation and the exchangeable Aluminium neutralization were greater in the latosolic studied soils than in the volcanic ones of Nariffo.

The C.I.C. answer from Tangareal soils to different lime levels was quadratic, diminishing when 2,5 Tbn/Ha were applied and increasing when 5 to 10 Tbn/Ha were used. A similar situation presented Aluminium phosphates in the Cafelina soil suggesting a solution of P-Al with applications of 2,5 Tbn/Ha and a Phosphorus relation in larger levels of liming. The 2,5 and 5,0 dosages of Tbn/Ha produced an immovility in Phosphorus, while 10 Tbn/Ha applications tended to cause a P-organic mineralization.

Tangareal soil need more theoretical requirements of lime than Cafelina soils when the utilized criteria were Aluminium or exchangeable acidity.

and using the pH criterion the result was inverse. The criterion of exchangeable acidity gave a result of greater request of lime and exchangeable Aluminium, but none of those coincide with the obtained neutralization.

Looking the chemical-nutricional equilibrium an the Aluminium saturation, the studied soils and simmlar ones need applications of 2,5 and 5,0 Tbn/Ha of lime. Howerner it is considered that the obtained data must be the base for conducting greenhouse and field research.

3. STANTON, F. P. STANTON, G. E. A rapid method for determining lime requirement of red-tellow podsolis soils. Soil Science Society of America Transactions 18: 657-663. 1962.

4. STANTON, F. P. STANTON, G. E. Effect of chemical analysis of soil solution aluminum on cotton yield. Contribution of soil science. Soil Science Society of America 19: 197-199. 1965.

5. STANTON, F. P. STANTON, G. E. Crop response to lime in the southern United States and Puerto Rico. In: Tropical Soil Science and Fertility. Ed. by J. B. Whitmore, R. W. P. Adams, Jr. Soil Science Society of America 19: 197-199. 1965.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ABRUÑA, F., VICENTE-CHANDLER, J. y PEARSON, R.W. Effects of liming on yield and composition of heavily fertilized grasses and on soil properties under humid tropical conditions. Soil Science Society of America Proceedings 28 (5): 657-661. 1964.
2. ABRUÑA, F. et al. Crop responses to soil acidity factors in ultisols and oxisols: I. Tobacco. Soil Science Society of America Proceedings 34 (4): 629-635. 1970.
3. ADAMS, F. y EVANS, C.E. A rapid method for measuring lime requirement of Red-Yellow podzolic soils. Soil Science Society of America Proceedings 28: 657-661. 1962.
4. ADAMS, F. y LUND, Z.F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. Soil Science 101: 193-198. 1966.
5. ADAMS, F. y PEARSON, R.W. Crop response to lime in the southern United States and Puerto Rico. In Pearson, R.W. y Adams, F. Soil Acidity and

- Liming. Agronomy Monograph No. 12. American Society of Agronomy. 1967. pp: 161-206.
6. ALCOFORADO, B.C. Mineralizacão de fósforo en suelo de Pacifico de Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1972. 76p.
7. ARNON, D.I., FRATZKE, W.E. y JOHNSON, C.M. Hydrogen ion concentration in relation to adsorption of inorganic nutrients by higher plants. Plant Physiology 17 (4): 515-524. 1942.
8. ARTEAGA, L. y MATTA, M. Respuesta de algunas propiedades químicas a la aplicación de niveles de cal en dos suelos volcánicos del Altiplano de Pasto. Tesis de Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1973. 95p.
9. ANGULO, R.N. et al. Fraccionamiento de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el piso tropical del Departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. 1970. 116p.
10. BACHE, B.W. Aluminum and iron phosphate studies

10. relating to soils. I. Solution and Hydrolysis of variscite and strangite. *Journal of Soils Science* 14 (1): 113-123. 1963.
11. BALERDI, F., MULLER, L. y FASSBENDER, H.W. Estudios del fósforo en suelos de América Central. III. Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. *Turrialba* 18 (4): 348-359. 1968.
12. BARI, A. Efecto de la cal en la disponibilidad de fósforo en los suelos de el Zamorano. *Ceiba* 10 (2): 62-67. 1964.
13. BARI, A. y RITOMER, C. Effect of lime on availability of soil phosphorus. *Ceiba* 10 (1): 22-29. 1964.
14. BENAVIDES, R.S. Distribution of native phosphorus and phosphorus sorption capacity of some tropical soils of Colombia. Master of Science Thesis. Oklahoma State University. 1963. 103p.
15. BLASCO, L.M. Conferencias de suelos II. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Facultad de Agronomía, 1963. 427p. (En mimeógrafo).

16. BLASCO, L.M. El fósforo orgánico y su metabolismo en los suelos. III Coloquio de Suelos: "El fósforo en zonas tropicales". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. 1973. 19p. (En mimeógrafo).
17. BORNEMISZA, E., LAROCHE, F.A., y FASSBENDER, H.W. Effects of lime on some chemical characteristics of a Costa Rican latosol. Soil and Crop Science Society of Florida 27: 219-226. 1967.
18. BURBANO, O.E. y MAFLA, B.A. Efecto de la adición de cal y sílice sobre formas y fijación de fósforo en suelos de Nariño y Putumayo. Tesis de Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, 1973. 79p.
19. BURBANO, O.H. et al. Algunos aspectos del encalamiento en suelos del Altiplano de Pasto. Revista de Ciencias Agrícolas 1 (2): 51-64. 1969.
20. CABALA, P.R. y FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en las formas y disponibilidad de fosfatos en suelos de la región cacaotera, Bahía, Brasil. Turrialba 21 (1): 38-46. 1967.
21. COLEMAN, N.T., KAMPRATH, B.J. y WEED, S.B. Lining.

In Norman, A.J. ed. Advances in Agronomy 10:
475-522. New York, Academic Press Inc. 1958.

22. COLEMAN, N.T. y THOMAS, G.W. The basic chemistry of soil acidity. In Soil Acidity and Liming. Pearson, R.W. y Adams, P. ed. Agronomy Monograph No. 12. American Society of Agronomy. 1967. pp: 1-41.
23. COLEMAN, N.T., WEBB, S.B. y MacCRACKEN, R.J. Cation exchange capacity and exchangeable cations in piedmont soils of North Carolina. Soil Science Society of America Proceedings 23: 146-149. 1959.
24. CUELLAR, S.G. Efecto de la adición de carbonato de calcio y superfosfato triple en la mineralización del fósforo en suelos volcánicos de la Sabana de Tiquerres. Nariño, Colombia. Tesis de Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1973. 63p.
25. CHANG, S.C. y JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science Society of America Proceedings 84: 133-137. 1957.
26. DUMBAR, A.D. y BAKER, D.B. Use of isotopic dilu

tion in a study of inorganic phosphorus fractions from different soils. Soil Science Society of America Proceedings 29 (2): 259-262. 1965.

27. EVANS, C.E. y KAMPRAH, B.J. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings 34 (6): 893-896. 1970.

28. ESTRADA, E.P. y MARTINEZ, J.J. Características generales de algunos suelos del sector Volcán Galeras y relación con las formaciones vegetales. Tesis Ing. Agr. Pasto. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. 1970. 173p.

29. FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizantes fosfatados en un andosol de Costa Rica. Fitotecnia Latinoamericana 6 (1): 115-126. 1969.

30. FASSBENDER, H.W. y MOLINA, R. Influencia de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica.

In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica, IICA-FAO. pp: C.2.1-C.2.12. 1969.

31. FISKELL, J.G. y SPENCER, W.F. Forms of phosphate in lakeland fine sand after six years of heavy phosphate and lime applications. Soil Science 97: 320-327. 1964.

32. FISKELL, J.G. et al. Effects of soil acidity and liming of Leon fine sand on the exchange properties and on water melons as indicator plants. Soil Crop Science Society of Florida Proceedings 24: 52-63. 1964.

33. FOX, R.L. Phosphorus solubility and availability to plants and the aluminum status of Hawaii soils as influenced by liming. International Society of Soil Science. Transaction of 73th. Joint Meeting. Commissions IV and V. New Zealand. pp: 574-583. 1962.

34. FRYE, C.A. El análisis de suelos en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. In Ciclo de Conferencias sobre fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Universidad del Tlaxcala.

1971. pp:1-29.

35. GRIFFIN, E.F. Effect of liming on the soil test level of phosphorus as determined by three methods. Soil Science Society of America Proceedings 35 (4): 540-542. 1971.
36. HALL, C.B. y DENNISON, R.A. Lime induced manganese deficiency of strawberries. Florida State Horticultural Society Proceedings 69: 228-229. 1956.
37. HERNANDEZ, A. y MESSIAS, J. Mineralización del fósforo orgánico en algunos suelos de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de Ing. Agr. Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 49p.
38. HORSTENTINE, C.C. y OZAKI, H.Y. The effects of liming on the availability of Fe and Mn on Soil Ca and pH on Davis fine sand. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings 21: 44-50. 1961.
39. HOURIGAN, W.R. et al. Growth and Ca uptake by plants as affected by rate of liming. Soil Science Society of America Proceedings 25:

39. 491-494. 1961.
40. HSU, P.H. y RENNIE, D.A. Reactions of phosphate in aluminum systems. I. Adsorption of phosphate by X-ray amorphous "AlOH". Canadian Journal of Soil Science 42: 197-209. 1962.
41. _____ . Reactions of phosphate in aluminum systems. II. Precipitation of phosphate by exchangeable aluminum on a cation exchange resin. Canadian Journal of Soil Science 42: 210-221. 1962.
42. IGUE, K. y FUENTES, R. Retención y solubilización de $32P$ en suelos ácidos de regiones tropicales. Turrialba 21 (4): 429-434. 1971.
43. IGUE, K., FUENTES, R. y BORNEMISZA, R. Mineralización del P-orgánico en suelos ácidos de Costa Rica. Turrialba 21: 47-52. 1971.
44. JACKSON, M.H. Soil chemical analysis. Second ed. Prentice Hall Inc. N.J. 1960. 498p.
45. JENNY, H. Reflections on the soil acidity merry ground. Soil Science Society of America Proceedings 25: 428-432. 1961.

46. JIMENEZ, P.J. y OCAMPO, C.M. El aluminio como factor de acidez en varios suelos del Departamento de Narino. Tesis Ing. Agr. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola, Pagto. 1970. 93p.
47. KAMPRAH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Soil Science Society of America Proceedings 34 (2): 252-254. 1970.
48. LAROCHE, F.A. Efeitos da calagem sobre o complexo de troca de un latosolo tropical e os teores de cationes absorbidos pelo tomate. Tesis de grado de "Magister Scientiae". Turrialba, Costa Rica, IICA. 1966. 75p.
49. LUCAS, L.N. y BLUE, W.G. Effects of lime and phosphorus on selected alluvial entisols from eastern Costa Rica. I. Phosphorus retention and soil phosphorus fractions. Tropical Agriculture 49 (4): 287-295. 1972.
50. MACKENZIE, A.F. Inorganic soil phosphorus fractions of some Ontario soils as studied using isotopic exchange and solubility criteria. Canadian Journal of Soil Science 42: 150-155.

1962.

51. MARIN, M.G. La capacidad de intercambio catióni
co y las bases intercambiables del suelo. In
ICA ed. Interpretación de análisis de Suelos
y recomendación de fertilizantes. Instituto
Colombiano Agropecuario. 1971. 5p.
52. MARTINI, J.A. Algunas notas sobre el problema
del encalado en los suelos del trópico. Fu-
rrialba 18 (3): 249-256. 1968.
53. MATSUSAKA, y SHERMAN, D. Lime requirements of
Hawaiian soils. Hawaii Farm Science 13 (3):
5-6. 1964.
54. McCONAGHY, S., McALISTER, J.J. y DICKSON, D.A.
Residual value of phosphates in relation to
soil conditions. Tech. Bull. Ministry of
Agriculture, Fisheries and Food 20: 80-88.
1971. Ministry of Agriculture, Northern Ire-
land (Original no consultado, resumido en
Soils and Fertilizers 35 (2): 1483. 1972).
55. McLEAN, E.O. y OWEN, E.J. Effects of pH on the
contributions of organic matter and clay to
soil cation exchange capacities. Soil Scie.

55. Soil Science Society of America Proceedings 33 (6): 855-859. 1969.
56. McLEAN, E.O., REICOSKY, D.C. y LAKSHMANAN, C. Aluminum in soils. VII. Inter-relationships of organic matter, liming and extractable aluminum with "permanent charge" (KCl) and pH dependent cation exchange capacity of surface soils. Soil Science Society of America Proceedings 29: 374-378. 1965.
57. MORELLI, M., FURNISS, R. e IGUE, K. Efecto del encalado en el complejo de cambio y movimiento de Calcio y Magnesio. Turrialba 21 (3): 317-322. 1971.
58. MOSCHLER, W.W., JONES, G.D. y THOMAS, G.W. Lime and soil acidity effects on alfalfa growth in a Red-Yellow podzolic soil. Soil Science Society of America Proceedings 24: 507-509. 1960.
59. MURRMANN, P.R. y PEECH, M. Reaction products of applied phosphate in limed soils. Soil Science Society of America Proceedings 32 (4): 493-496. 1968.

60. PEARSON, R.W., ABRUÑA, F. y VICENTE-CHANDLER, J.
Effect of lime and nitrogen applications on
downward movement of calcium and magnesium in
two humid tropical soils of Puerto Rico. *Soil
Science* 93 (2): 77-82. 1962.
61. PEECH, M. Exchange acidity. In *Methods of Soil
analysis*. American Society of Agronomy Mono-
graph 9 (1): 905-913. 1965.
62. _____ Line Requirement. In Black, C.A. ed.
Methods of soil analysis. Part. 2. Agronomy
Monograph No. 9. American Society of Agrono-
my. 1965. pp: 927-932.
63. PLUCKNETT, D.L. y SHERMAN, G.D. Extractable alu-
minum in some Hawaiian soils. *Soil Science
Society of America Proceedings* 27 (1): 39-41.
1963.
64. PRADO, B.G. El aluminio como factor de acidos
en suelos del Valle del Sibundoy, Putumayo,
Colombia. Tesis Ing. Agr. Universidad de Na-
rino, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1970.
105p.
65. RAGLAND, J.L. y COLEMAN, N.F. The effect of

soil solution aluminum and calcium on root growth. Soil Science Society of America Proceedings 23: 355-360. 1959.

66. REEVE, H.G. y SUMNER, M.B. Effects of aluminum toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. Soil Science Society of America Proceedings 34 (2): 263-267. 1970.

67. Line requirements of Natal oxisols based on exchangeable aluminum. Soil Science Society of America Proceedings 34 (4): 595-598. 1970.

68. REVELO, C. Aspectos de fertilidad y acidez en los suelos del sector Villarica-Santander (Cauca). Cali, Corporación Autónoma Regional del Cauca. 1971. 83p.

69. RIOS, V., MARTINI, J.A. y PEJEIRA, R. Efecto del encalado sobre la acidez y el contenido de aluminio y hierro extraíble en nueve suelos de Panamá. Turrialba 18 (2): 139-146. 1968.

70. RIXON, J.A. y SHERMAN, D.C. Effects of heavy lime applications to volcanic ash soils in

- the humid tropics. *Soil Science* 94: 19-27.
1962.
71. RODRIGUEZ, M. y CORREA, J. Efectos de la aplicación de cal en el grado de acidez de tres suelos rojos de Antioquia. *Agricultura Tropical* 22 (1): 47-54. 1966.
72. ROSS, G.J., LAWTON, K. y BLISS, B.G. Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michigan soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 28: 209-212. 1964.
73. SAIZ DEL RIO, J.F. y BORNEMISZA, B.S. Análisis químico de suelos. Turrialba, C.R. 1961. 107p.
74. SANTABALLA, G. y GONZALEZ, M. Influencia del carbonato de calcio en las propiedades químicas de un suelo de la terraza de Villarica (Cauca). *Acta Agronómica* 15 (1-4): 33-60. 1965.
75. SCHOLLEMBERGER, C.J. y SIMON. Determination of cation exchange properties of soil by the ammonium acetate method. *Soil Science* 59: 14. 1945.

76. SEN GUPTA, M.B. y CORNFIELD, A.H. Phosphorus in calcareous soils. *Journal of Soil Science and Food Agriculture* 13: 652-655. 1962.
77. SHERMAN, G.D. y FUJIMOTO, CH.K. The effect of the use of lime, soil fumigants and mulch on the solubility of manganese in Hawaiian soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 11: 206-210. 1946.
78. SHORMAKER, H.E., McLEBAN, E.O. y PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings* 25: 274-277. 1961.
79. SHOOP, G.J. et al. Differential responses of grasses and legumes to liming and phosphorus fertilization. *Agronomy Journal* 53: 101-115. 1961.
80. SPENCER, W.F. Distribution and availability of phosphates added to a Lakeland fine sand. *Soil Science Society of America Proceedings* 21: 141-144. 1957.
81. TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. Soil Fertility

and fertilizers. Sec. ed. New York, MacMillan, 1967. 694p.

82. VEHENA, K.C. Some notes on pH, lime status, lime requirement and liming of subtropical and tropical soils. Potash, Review, Subject 5: 16 and 17 suites. 1961.

83. VILLACHICA, L.H. y QUEVEDO, J.F. Efecto del encajado en el rendimiento y la concentración de nutrimentos en el Sorgo. Turrialba 22 (1): 11-17. 1972.

84. WOODRUFF, J.R. y KAMPRAH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. Soil Science Society of America Proceedings 29: 148-150. 1965.

85. YUAN, E.L. y FISKELL, J.G. Aluminum studies. II. The extraction of aluminum from some Florida soils. Soil Science Society of America Proceedings 23: 202-205. 1959.

Table 2

Appendix, Page 92

(Continued from Page 91)

REVENUES

| Category | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. Sales Tax | 124.24 | 130.70 | 137.20 | 143.70 | 150.20 | 156.70 | 163.20 | 169.70 | 176.20 | 182.70 | 189.20 |
| 2. License Fees | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 | 2,400 |
| 3. Other | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 | 1,110 |
| Total | 3,734 | 3,810 | 3,887 | 3,967 | 4,047 | 4,127 | 4,207 | 4,287 | 4,367 | 4,447 | 4,527 |

A P P E N D I X

CALIFORNIA

| Category | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1. State General Fund | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 2. State General Fund | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 3. State General Fund | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| Total | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 |

1. State General Fund
 2. State General Fund
 3. State General Fund

1. State General Fund
 2. State General Fund
 3. State General Fund

TABLA I

TENDENCIA PARA pH
(SUELO X TRATAMIENTO)

TANGARIBAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | Sc | Fe |
|-------------|-------|-------|-------|-------|----------------|----|----|-------|----------------------|
| TOTAL | 17,25 | 18,50 | 19,30 | 20,70 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 124,32 | 20 | 60 | 2,07 | 517,50 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 0,02 | 4 | 12 | 0,001 | 0,25 N.S. |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 1,10 | 20 | 60 | 0,018 | 4,50 N.S. |

CAPRILINA

| TOTAL | 15,00 | 16,20 | 18,35 | 20,85 | Q ² | K | Kr | Sc | Fe |
|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|----|----|-------|-----------------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 388,09 | 20 | 60 | 6,46 | 1615,00 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 1,69 | 4 | 12 | 0,14 | 35,00 ⁺⁺ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 0,36 | 20 | 60 | 0,006 | 1,50 N.S. |

+ = Significancia al 95%
 ++ = Significancia al 99%
 N.S. = No significativo

L = Tendencia Lineal
 C = Tendencia Cuadrática
 Cu = Tendencia Cúbica

TABLA II
TENDENCIA PARA ACIDEZ CAMBIABLES
(SUENO X TRATAMIENTO)

TANGARRAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | Sc | Fo |
|-------------|-------|-------|-------|-------|----------------|----|----|--------|----------------------|
| TOTAL | 75,60 | 75,40 | 63,00 | 50,00 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 7956,64 | 20 | 60 | 132,61 | 87,82 ⁺⁺ |
| O | +1 | -1 | -1 | +1 | 163,84 | 4 | 12 | 13,65 | 9,03 ⁺ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 134,56 | 20 | 60 | 2,24 | 1,48 ^{H.S.} |
| CAPBLINA | | | | | | | | | |
| TOTAL | 61,60 | 51,20 | 40,00 | 26,00 | Q ² | K | Kr | Sc | Fo |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 13924,00 | 20 | 60 | 232,66 | 153,68 ⁺⁺ |
| O | +1 | -1 | -1 | +1 | 12,96 | 4 | 12 | 1,08 | 0,71 ^{H.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 4,00 | 20 | 60 | 0,06 | 0,03 ^{H.S.} |

TABLA III

TENDENCIA PARA ALUMINIO CAMBIABLES
(TRATAMIENTO)

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | KI | Sc | To |
|-------------|-------|-------|-------|-------|----------------|----|-----|-------|----------------------|
| TOTAL | 48,99 | 48,62 | 38,66 | 24,43 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 6995,64 | 20 | 120 | 58,29 | 16,70 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 192,09 | 4 | 24 | 8,00 | 2,29 ^{M.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 28,30 | 20 | 120 | 0,23 | 0,06 ^{M.S.} |

TABLA IV

TENDENCIA PARA AL⁺⁺⁺ - SATURACION %
(TRATAMIENTO)

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | Sc | Pc |
|-------------|--------|--------|--------|-------|----------------|----|-----|---------|----------------------|
| TOTAL | 208,11 | 237,13 | 144,07 | 81,96 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 222303,60 | 20 | 120 | 1852,53 | 17,99 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 8303,76 | 4 | 24 | 345,99 | 3,36 ^{N.S.} |
| Ca | -1 | +3 | -3 | +1 | 23416,80 | 20 | 120 | 195,14 | 1,89 ^{N.S.} |

ZABLA VI

TENDENCIA PARA Ca^{++} - SATURACION %
(SUELO x TRATAMIENTO)

PANGARBAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q^2 | K | Kr | Sc | Po |
|-------------|-------|-------|--------|--------|-----------|----|----|---------|----------------------|
| TOTAL | 13,79 | 67,27 | 118,08 | 131,04 | | | | | |
| L | -3 | -2 | +2 | +3 | 162135,07 | 20 | 60 | 2702,25 | 107,91 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 1633,77 | 4 | 12 | 136,14 | 5,43 ⁺ |
| Ca | -1 | +3 | -3 | +1 | 1258,83 | 20 | 60 | 20,98 | 0,83 ^{N.S.} |

CAPBLINA

| TOTAL | 6,80 | 55,33 | 113,92 | 182,60 | Q^2 | K | Kr | Sc | Po |
|-------|------|-------|--------|--------|-----------|----|----|---------|-----------------------|
| L | -3 | -2 | +2 | +3 | 336388,40 | 20 | 60 | 5606,47 | 223,90 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 490,62 | 4 | 12 | 40,88 | 1,63 ^{N.S.} |
| Ca | -1 | +3 | -3 | +1 | 3,88 | 20 | 60 | 0,06 | 0,002 ^{N.S.} |

TABLA VII

TENDENCIA PARA Mg⁺⁺ - CAMBIABLE
(SUELO X TRATAMIENTO)

TANGARRAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | Sc | Fc |
|-------------|------|------|-------|-------|----------------|----|----|------|----------------------|
| TOTAL | 4,50 | 7,66 | 10,41 | 10,62 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 455,63 | 20 | 60 | 7,42 | 92,75 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 8,70 | 4 | 12 | 0,72 | 9,0 ⁺ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 4,53 | 20 | 60 | 0,07 | 0,87 ^{M.S.} |

CAPBLINA

| TOTAL | 2,06 | 4,50 | 5,33 | 6,78 | Q ² | K | Kr | Sc | Fc |
|-------|------|------|------|------|----------------|----|----|------|----------------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 222,30 | 20 | 60 | 3,70 | 46,25 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 1,14 | 4 | 12 | 0,09 | 1,12 ^{M.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 6,10 | 20 | 60 | 0,10 | 1,25 ^{M.S.} |

TABLA IX

TENDENCIA PARA BASES -SATURACION %
(SUELO x TRATAMIENTO)

TANGAREAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | Sc | Pc |
|-------------|-------|--------|--------|--------|----------------|----|----|---------|----------------------|
| TOTAL | 32,41 | 106,84 | 157,65 | 164,51 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 199907,35 | 20 | 60 | 3331,78 | 75,22 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 4565,70 | 4 | 12 | 380,47 | 8,59 ⁺ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 413,30 | 20 | 60 | 6,88 | 0,15 ^{N.S.} |

CAPULLA

| TOTAL | 25,15 | 85,47 | 140,87 | 219,92 | Q ² | K | Kr | Sc | Pc |
|-------|-------|-------|--------|--------|----------------|----|----|---------|----------------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 409305,65 | 20 | 60 | 6821,76 | 154,02 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 350,06 | 4 | 12 | 29,17 | 0,65 ^{N.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 817,38 | 20 | 60 | 13,62 | 0,30 ^{N.S.} |

TAULA X

TENDENCIA PARA LA RELACION Ca^{++}/Mg^{++}
(SUELO X TRATAMIENTO)

TANGARIBAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q^2 | X | Kr | Sc | Fc |
|-------------|------|------|-------|-------|---------|----|----|-------|----------------------|
| TOTAL | 2,73 | 6,30 | 10,04 | 13,12 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 1218,70 | 20 | 60 | 20,51 | 65,51 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 0,24 | 4 | 12 | 0,02 | 0,06 ^{N.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 0,68 | 20 | 60 | 0,01 | 0,03 ^{N.S.} |

CAYBLINA

| TOTAL | 2,19 | 6,70 | 14,48 | 16,71 | Q^2 | K | Kr | Sc | Fc |
|-------|------|------|-------|-------|---------|----|----|-------|----------------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 2635,79 | 20 | 60 | 43,92 | 141,67 ⁺⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 5,19 | 4 | 12 | 0,43 | 1,38 ^{N.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 77,79 | 20 | 60 | 1,29 | 4,16 ^{N.S.} |

TABLE XI

TENDENCIA PARA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO
(SUELO X TRATAMIENTO)

T A H O A R R E A L

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | Sc | Pc |
|-------------|-------|-------|-------|--------|----------------|----|----|--------|----------------------|
| TOTAL | 89,70 | 68,20 | 90,20 | 107,40 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 5640,01 | 20 | 60 | 94,00 | 6,49 ⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 1497,69 | 4 | 12 | 124,80 | 8,62 ⁺ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 2332,89 | 20 | 60 | 38,88 | 2,68 ^{N.S.} |

C A F E L I N A

| TOTAL | 51,20 | 55,60 | 68,00 | 61,30 | Q ² | K | Kr | Sc | Pc |
|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|----|----|-------|----------------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 1823,29 | 20 | 60 | 30,38 | 2,09 ^{N.S.} |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 123,21 | 4 | 12 | 10,26 | 0,70 ^{N.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 734,41 | 20 | 60 | 12,24 | 0,84 ^{N.S.} |

TENDENCIA PARA P-Ca APATICO
(TRATAMIENTO)

TABLA XII

TENDENCIA PARA P-Ca APATICO
(TRATAMIENTO)

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | K _F | S ₀ | P ₀ |
|-------------|-------|-------|-------|--------|----------------|----|----------------|----------------|----------------------|
| TOTAL | 68,12 | 84,36 | 93,12 | 199,37 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 162014,30 | 20 | 120 | 1350,11 | 5,49 ⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 8101,80 | 4 | 24 | 337,57 | 1,37 ^{N.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 11018,70 | 20 | 120 | 91,82 | 0,37 ^{N.S.} |

| | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

TABLA XIII

TENDENCIA PARA P-ALUMINIO
(SUOLO X TRATAMIENTO)

TANGARIBAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | q ² | K | Kr | Sc | Fc |
|-------------|--------|--------|--------|--------|----------------|----|----|--------|------------------------|
| TOTAL | 288,05 | 275,67 | 268,12 | 264,00 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 6352,09 | 20 | 60 | 105,86 | 1,22 ^{N.S.} |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 68,22 | 4 | 12 | 5,68 | 0,06 ^{N.S.} |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 1,96 | 20 | 60 | 0,03 | 0,0003 ^{N.S.} |

CAPULINA

| TOTAL | 160,18 | 120,98 | 175,30 | 208,98 | q ² | K | Kr | Sc | Fc |
|-------|--------|--------|--------|--------|----------------|----|----|--------|----------------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 40288,51 | 20 | 60 | 671,47 | 7,78 ⁺ |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 5311,49 | 4 | 12 | 442,62 | 5,23 ⁺ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 13032,50 | 20 | 60 | 217,20 | 2,51 ^{N.S.} |

TABLA XIV

TENDENCIA PARA P-APROVECHABLES
(SUELO X TRATAMIENTO)

TANGAREAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Σ^2 | K | Kr | 80 | Po |
|-------------|------|------|------|------|------------|----|----|-------|------------|
| TOTAL | 2,71 | 5,95 | 5,67 | 2,70 | | | | | |
| L | -3 | +1 | +1 | +3 | 0,09 | 20 | 60 | 0,001 | 0,006 N.S. |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 38,56 | 4 | 12 | 3,21 | 21,40++ |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 0,68 | 20 | 60 | 0,01 | 0,06 N.S. |

CAPULLINA

| TOTAL | 1,83 | 2,00 | 2,35 | 2,26 | Σ^2 | K | Kr | 80 | Po |
|-------|------|------|------|------|------------|----|----|-------|------------|
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 2,68 | 20 | 60 | 0,04 | 0,26 N.S. |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 0,06 | 4 | 12 | 0,005 | 0,033 N.S. |
| Cu | -1 | +3 | -3 | +1 | 0,38 | 20 | 60 | 0,006 | 0,04 N.S. |

TABLA XV

TENDENCIA PARA P-ORGANICO
(SUELO x TRATAMIENTO)

TANGAREAL

| TRATAMIENTO | 0 | 2,5 | 5,0 | 10,0 | Q ² | K | Kr | So | To |
|-------------|--------|--------|--------|--------|----------------|----|----|--------|---------------------|
| TOTAL | 210,90 | 230,25 | 256,75 | 192,87 | | | | | |
| L | -3 | -1 | +1 | +3 | 696,43 | 20 | 60 | 11,60 | 0,32 N.S. |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 6993,97 | 4 | 12 | 582,83 | 16,36 ⁺⁺ |
| Ca | -1 | +3 | -3 | +1 | 9434,23 | 20 | 60 | 157,23 | 4,41 N.S. |

CAPULINA

| TOTAL | 38,00 | 34,12 | 33,12 | 35,12 | Q ² | K | Kr | So | To |
|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|----|----|--------|---------------|
| L | +3 | -1 | +1 | +3 | 92,92 | 20 | 60 | 1,54 | 0,04 N.S. |
| C | +1 | -1 | -1 | +1 | 34,57 | 4 | 12 | 2,88 | 0,08 N.S. |
| Ca | -1 | +3 | -3 | +1 | 0,014 | 20 | 60 | 0,0002 | 0,000005 N.S. |

TABLA XVI

ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA PH

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.O. | C.M. | Fc. | Ft | |
|---------------------|------|------|-------|----------------------|-------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 1.19 | 1.19 | 119.00 ⁺⁺ | 21.20 | 7.71 |
| ERRORES (a) | 4 | 0.04 | 0.01 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 8.02 | 2.67 | 667.50 ⁺⁺ | 5.95 | 3.49 |
| SUBIO x TRATAMIENTO | 3 | 0.69 | 0.23 | 57.50 ⁺⁺ | 5.95 | 3.49 |
| ERRORES (b) | 12 | 0.05 | 0.004 | | | |
| TOTAL | 23 | 9.99 | 0.43 | | | |

TABLA XVII
ANÁLISIS DE VARIANCIAS PARA ACIDEZ CAMBIABLE

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F ₀ | F _t | |
|---------------------|------|--------|--------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 302,46 | 302,46 | 69,21 ⁺⁺ | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 17,50 | 4,37 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 369,74 | 123,24 | 81,61 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 11,98 | 3,99 | 2,64 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 18,18 | 1,51 | | | |
| TOTAL | 23 | 719,86 | 31,29 | | | |

RAMA XVIII

ANALISIS DE VARIANCIAS PARA AL⁺⁺⁺ - CAMBIABLES

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F ₀ . | F _t | |
|----------------------|------|--------|--------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 140,97 | 140,97 | 160,47 ⁺⁺ | 21,10 | 7,71 |
| ERRORES (a) | 4 | 3,51 | 0,87 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 66,53 | 22,17 | 6,35 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 3,23 | 1,07 | 0,30 ^{M.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERRORES (b) | 12 | 41,87 | 3,48 | | | |
| TOTAL | 23 | 256,13 | 11,13 | | | |

TABLA XIX

ANÁLISIS DE VARIANCIAS PARA AL⁺⁺⁺ - SATURACION %

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Pt |
|----------------------|------|---------|--------|----------------------|-------|
| | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 603,24 | 603,24 | 12,34 ⁺ | 21,20 |
| ERROR (a) | 4 | 195,38 | 48,84 | | 7,71 |
| TRATAMIENTO | 3 | 2393,67 | 797,89 | 17,75 ⁺⁺ | 5,95 |
| SUELOS x TRATAMIENTO | 3 | 334,53 | 111,51 | 1,08 ^{N.S.} | 5,95 |
| ERROR (b) | 12 | 1235,14 | 102,92 | | |
| TOTAL | 23 | 4761,98 | 207,04 | | |

TABLA XX

ANÁLISIS DE VARIANCIAS PARA C_0^{++} - CAMBIABLE

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F.C. | F _t | |
|---------------------|------|--------|--------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 27,85 | 27,85 | 92,83 ⁺⁺ | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 1,20 | 0,30 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 613,54 | 204,51 | 161,03 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 4,74 | 1,58 | 1,24 ^{M.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 15,34 | 1,27 | | | |
| TOTAL | 23 | 662,67 | 28,81 | | | |

6
10
10
10

TABLA XXI

ANALISIS DE VARIANCIAS PARA Ca⁺⁺ - SATURACION %

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F _o . | F _t | |
|----------------------|------|---------|---------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 38,94 | 38,94 | 4,76 ^{M.S.} | 21,20 | 7,71 |
| EROR (a) | 4 | 32,74 | 8,18 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 8072,27 | 2690,75 | 107,35 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 434,52 | 144,84 | 5,78 ⁺ | 5,95 | 3,49 |
| EROR (b) | 12 | 300,53 | 25,04 | | | |
| TOTAL | 23 | 8879,00 | 386,04 | | | |

TABLE XXII
ANALISIS DE VARIANCIA PARA K⁺ - CAMBIABLE

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | S.O. | C.M. | F _c . | F _t | |
|----------------------|------|--------|--------|--------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 0,0828 | 0,0828 | 0,0828 | 414,00 ^{††} | 21,20 | 7,71 |
| ERRORES (a) | 4 | 0,0009 | 0,0009 | 0,0002 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 0,0017 | 0,0017 | 0,0005 | 1,66 ^{M.S.} | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 0,0013 | 0,0013 | 0,0004 | 1,33 ^{M.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERRORES (b) | 12 | 0,0043 | 0,0043 | 0,0003 | | | |
| TOTAL | 23 | 0,0910 | 0,0910 | 0,0039 | | | |

TABLA XXIII

ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA Mg⁺⁺ - CAMBIABLE

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.O. | C.M. | F _c . | F _t | |
|----------------------|------|-------|------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 8,69 | 8,69 | 124,14 ⁺⁺ | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 0,28 | 0,07 | | 5,95 | 3,49 |
| TRATAMIENTO | 3 | 11,49 | 3,83 | 47,87 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 0,63 | 0,21 | 2,62 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 1,04 | 0,08 | | | |
| TOTAL | 23 | 22,13 | 0,96 | | | |

TABLA XXIV

ANALISIS DE VARIANCIAS PARA Mg^{++} - SATURACION %

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F _c . | F _t | |
|----------------------|------|--------|-------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 16.73 | 16.73 | 4.47 ^{N.S.} | 21.20 | 7.71 |
| ERROR (a) | 4 | 14.99 | 3.74 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 144.15 | 48.05 | 8.07 ^{tt} | 5.95 | 3.49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 23.91 | 7.97 | 1.33 ^{N.S.} | 5.95 | 3.49 |
| ERROR (b) | 12 | 71.48 | 5.95 | | | |
| TOTAL | 23 | 271.26 | 11.79 | | | |

8

 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSO
 DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICA Y CENSO

TABLA XXV

ANALISIS DE VARIANCA PARA Na⁺ - CAMBIABLE

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F _{c.} | F _t | |
|----------------------|------|--------|---------|---------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 0,0012 | 0,0012 | 1 N.S. | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 0,0049 | 0,0012 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 0,0123 | 0,0041 | 20,50 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUBJO X TRATAMIENTO | 3 | 0,0002 | 0,00006 | 0,30 N.S. | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 0,0032 | 0,0002 | | | |
| TOTAL | 23 | 0,0208 | 0,0009 | | | |

TABLA XXVI

ANALISIS DE VARIANCIAS PARA RELACION Ca^{++}/Mg^{++}

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F ₀ . | F _t | |
|----------------------|------|-------|-------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 2,59 | 2,59 | 8,35 ^t | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 1,25 | 0,31 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 63,08 | 21,02 | 67,80 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 2,92 | 0,97 | 3,12 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 3,74 | 0,31 | | | |
| TOTAL | 23 | 75,58 | 3,19 | | | |

TABLE XXVII

ANALISIS DE VARIANCIA PARA BASES - SATURACION %

| FUENTES DE VARIACION | G.I. | S.C. | C.M. | F ₀ . | F _t | |
|----------------------|------|----------|---------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUBLOS | 1 | 4,15 | 4,15 | 0,26 ^{N.S.} | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 61,65 | 15,41 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 9944,27 | 3314,75 | 74,84 ⁺⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 639,43 | 213,14 | 4,81 ⁺ | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 531,48 | 44,29 | | | |
| TOTAL | 23 | 11180,98 | 486,12 | | | |

8
B

TAHLA XXVIII

ANALISIS DE VARIANCLIA PARA CAPACIDAD CANTONICA DE CAMBIO

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | F _t | |
|----------------------|------|---------|--------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 594,01 | 594,01 | 233,86 ^{tt} | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 10,19 | 2,54 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 194,75 | 64,91 | 4,48 ^t | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 115,84 | 38,61 | 2,66 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 173,67 | 14,47 | | | |
| TOTAL | 23 | 1088,46 | 47,32 | | | |

TAHA XXIX

ANALISIS DE VARIANCIA PARA P-CALCULO NO APARITIVOS

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft | |
|----------------------|------|--------|-------|----------------------|-------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 18,82 | 18,82 | 4,25 ^{N.S.} | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 17,68 | 4,42 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 7,11 | 2,37 | 0,41 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 22,21 | 7,40 | 1,30 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 67,94 | 5,66 | | | |
| TOTAL | 23 | 153,76 | 5,81 | | | |

TABLA XXX

ANALISIS DE VARIANCIA PARA P-CALCIO APA TI TIICO

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F ₀ . | F _t | |
|-------------------------|------|---------|--------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 126,09 | 126,09 | 0,64 ^{N.S.} | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 784,16 | 196,04 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 1779,52 | 593,17 | 2,41 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 23,14 | 7,71 | 0,03 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 2949,58 | 245,79 | | | |
| TOTAL | 23 | 5662,49 | 246,19 | | | |

TABLA XXXI

ANÁLISIS DE VARIANCIAS PARA P-Fe

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | Tc. | Ft | |
|---------------------|------|----------|----------|----------------------|-------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 14718,83 | 14718,83 | 20,64 [†] | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 2851,24 | 712,81 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 3176,12 | 1058,70 | 0,63 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 9017,23 | 3005,74 | 1,79 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 20069,22 | 1672,43 | | | |
| TOTAL | 23 | 49832,64 | 2166,63 | | | |

TABLA XXXII

ANALISIS DE VARIANCIA PARA P-ALUMINIO

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F _{c.} | F _t | |
|---------------------|------|----------|---------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 7718,51 | 7718,51 | 23,34 ⁺⁺ | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 1322,78 | 330,69 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 507,66 | 169,22 | 1,96 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 935,23 | 311,74 | 3,61 ⁺ | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 1035,31 | 86,27 | | | |
| TOTAL | 23 | 11519,49 | 500,84 | | | |

TABLA XXXIII

ANALISIS DE VARIANCA PARA P-APROVECHABLES

| FUENTES DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F _c | F _t | |
|----------------------|------|------|------|----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 3,07 | 3,07 | 18,05 ⁺ | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 0,69 | 0,17 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 1,75 | 0,58 | 3,86 ⁺ | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 1,52 | 0,50 | 3,33 ^{N.S.} | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 1,82 | 0,15 | | | |
| TOTAL | 23 | 8,85 | 0,38 | | | |

TABLE XXIV

ANALISIS DE VARIANCIA PARA P-FACILMENTE RESEMPLAZABLES

| FUENTES DE VARIACION | G.D. | S.C. | C.M. | Fc. | Ft | |
|----------------------|------|--------|-------|----------------------|-------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 9,36 | 9,36 | 104,00 ⁺⁺ | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 0,39 | 0,09 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 30,29 | 10,09 | 2,51 N.S. | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 26,42 | 8,80 | 2,19 N.S. | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 48,21 | 4,01 | | | |
| TOTAL | 23 | 114,67 | 4,98 | | | |

TABLA XXXV

ANÁLISIS DE VARIANCIAS PARA P-ORGANICO

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F ₀ . | F _t | |
|---------------------|------|----------|----------|-----------------------|----------------|------|
| | | | | | 1% | 5% |
| SUELOS | 1 | 23438,13 | 23438,13 | 6369,05 ^{††} | 21,20 | 7,71 |
| ERROR (a) | 4 | 14,75 | 3,68 | | | |
| TRATAMIENTO | 3 | 341,12 | 113,70 | 3,19 ^{M.S.} | 5,95 | 3,49 |
| SUELO x TRATAMIENTO | 3 | 414,98 | 138,32 | 3,88 [†] | 5,95 | 3,49 |
| ERROR (b) | 12 | 427,35 | 35,61 | | | |
| TOTAL | 23 | 24636,33 | 1071,14 | | | |

T

631.84

15177

G922

Ej.1 Gudiño Villacrés, Rubén D.

Respuesta de algunas propiedades
químicas a la aplicación.....

NOMBRE *Norberto Jambor*

Nº del Carnet *Jorge Vélez 98'392.962*

NOMBRE *Johana Pabon 9903123*

Nº del Carnet *09 MAY 200*

NOMBRE *Jesús Coral M.*

Nº del Carnet *26160225*

NOMBRE *Maribel Jambor*

Nº del Carnet *24108186*

T

631.84

G922

Ej.1.

15177