

T
AN
631.842
7786
Ep. 1

RESPUESTA DE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS A LA APLICACION
DE NIVELAS DE CAL EN DOS SUELOS VOLCANICOS
DEL ALTIPLANO DE PASTO

Por

//
LUIS I. ARRIAZA OBANDO

MILTON V. MATTA OBANDO

Este libro y sus contenidos corresponden a la tesis

de Tesis de Grado presentada como requisito

parcial para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

del año del presente del 20 de agosto de 1971, en Bogotá

del presente del presente del presente del presente del presente

de la Universidad de Pasto.

Presidente de Tesis

RICARDO GUERRERO-BIASCOS I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE PASTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.973

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

Art. 1o. del Acuerdo 324 de 1.966, de Octubre 11, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Marilló.

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

DEDICO
LUIS IGNACIO ANTUAGA OBANDO

CONTENIDO

- A MIS PADRES
- A MIS HERMANOS
- A MIS FAMILIARES
- A MIS AMIGOS

AL SEÑOR DON JUAN DE LOS RIOS
DEPARTAMENTO DE LA GUERRA
CALLE ANTONIO MORA
LA HABANA, CUBA

AL SEÑOR DON JUAN DE LOS RIOS
DE LA FORTALEZA DEDICO

MILTON WILLIAM HAYTA ORLANDO

Este es un recuerdo que en una o otra
forma me acompañara en el momento
del primer trabajo.

CONTENIDO

I.	AGRADECIMIENTOS	1
II.	RESUMEN DE TRABAJOS	1
III.	CONFERENCIAS DEDICADAS AL TEMA	2
IV.	EFECTOS DEL CONSERVACIONISMO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	3
V.	ANEXOS Y REFERENCIAS	4
	AGRADECIMIENTOS A:	
	DR. RICARDO GUERRERO REASCOS I., A., N. S.	
	FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	
	RITA ABELLANO ROTAS	
	LA UNIVERSIDAD DE MADRID	
VI.	EXPOSICIONES Y RESULTADOS	11
	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.	
	REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	
	EFECTOS DEL CONSERVACIONISMO	
	EFECTOS DEL CONSERVACIONISMO EN LAS PROPIEDADES DE LOS	
	SUELOS	
	EFECTOS DEL CONSERVACIONISMO	
VI.	EXPOSICIONES Y RESULTADOS	11
	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.	

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Conceptos modernos de suelos	3
2.2 Efecto del encalamiento sobre las propiedades químicas del suelo.	4
2.2.1 Acidos y aluminio.	4
2.2.2 Cationes cambiabiles.	5
2.2.3 Capacidad de Intercambio Cationico	6
2.2.4 Floculo y sus fracciones	8
2.3 Requerimientos de cal en los suelos	9
III. MATERIALES Y METODOS	13
3.1 Suelos	13
3.1.1 Suelo Donm	13
3.1.2 Suelo Catamburo.	14
3.2 Procedimiento experimental.	14
3.2.1 Inoculación y tratamientos.	14
3.2.2 Diseño experimental.	15
3.2.3 Determinación de las variables de respuesta	15
3.3 Analisis estadísticos.	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	20
4.1 Efecto sobre pH y Acidos Cambiable.	20

4.2	Efecto sobre Aluminio Intercambiable y Saturación de Aluminio	21
4.3	Efecto sobre Calcio Cambiable y Saturación de Calcio	24
4.4	Intensidad de transformación de la cal	25
4.5	Efecto sobre Potasio, Magnesio y Sodio intercambiables	26
4.6	Efecto sobre relación Calcio/Magnesio	27
4.7	Efecto sobre saturación de bases	27
4.8	Efecto sobre capacidad de Intercambio Catiónico	28
4.9	Efecto sobre Fosfatos de Calcio	29
4.10	Efecto sobre Fosfatos de Hierro y Aluminio	30
4.11	Efecto sobre el Fósforo Aprovechable y Fósforo Disponible	31
4.12	Efecto sobre Fósforo Orgánico	31
4.13	Requerimientos de Cal	32
V.	CONCLUSIONES	39
VI.	RECOMENDACIONES	62
VII.	RESUMEN	63
	SUMMARY	65
VIII.	BIBLIOGRAFIA	67
	APPENDIX	80

TABLAS

	Pág.
Tabla I. Características físico-químicas de los suelos estudiados	19
Tabla II. Efecto de los niveles de encalamiento sobre las variables de respuesta en estudio, en el suelo Rosa	36
Tabla III. Efecto de los niveles de encalamiento sobre las variables de respuesta en estudio, en el suelo Catatumbo	37
Tabla IV. Cuadrados medios y significación estadística para las variables de respuesta	38
Tabla V. Intensidad de la transformación de cal en los suelos estudiados	43
Tabla VI. Requerimientos teóricos de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) en los suelos estudiados, de acuerdo a tres criterios	44
Tabla VII. Neutralización del aluminio y la acidez cambiante. Datos en % de la concentración original	45

ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Efecto de los niveles de Cal sobre el pH . . .	46
Figura 2. Efecto de los niveles de Cal sobre la Acidez Cambiable	47
Figura 3. Efecto de los niveles de Cal sobre el Aluminio Cambiable en el suelo Daza	48
Figura 4. Efecto de los niveles de Cal sobre el % de Saturación de Aluminio en el suelo Daza	49
Figura 5. Efecto de los niveles de Cal sobre Calcio Cambiable	50
Figura 6. Efecto de los niveles de Cal sobre % de Saturación de Calcio	51
Figura 7. Efecto de los niveles de Cal sobre Sodio Cambiable en el suelo Daza	52
Figura 8. Efecto de los niveles de Cal sobre la relación Ca/Mg en los suelos estudiados	53
Figura 9. Efecto de los niveles de Cal sobre % de Saturación de Bases	54

EFECTOS DE LOS NIVELES DE CAL SOBRE LA CAPACIDAD
DE INTERCAMBIO DE CATIONES EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

	Pág.
Figura 10. Efecto de los niveles de Cal sobre la Capacidad de Intercambio de Cationes	55
Figura 11. Efecto de los niveles de Cal sobre los Puntos de Calcio Agotable en los suelos estudia- dos	56
Figura 12. Efecto de los niveles de Cal sobre los Puntos de Aluminio en el suelo Java	57
Figura 13. Efecto de los niveles de Cal sobre los Puntos de Aluminio en el suelo Catalano	58

En el capítulo de Cal, se estudia el efecto de los niveles de Cal sobre la capacidad de intercambio de cationes en los suelos estudiados. Se estudia también el efecto de los niveles de Cal sobre los puntos de Calcio Agotable y de Aluminio en los suelos estudiados. En el capítulo de Aluminio, se estudia el efecto de los niveles de Aluminio sobre los puntos de Aluminio en los suelos estudiados. En el capítulo de Catalano, se estudia el efecto de los niveles de Catalano sobre los puntos de Catalano en los suelos estudiados.

[1] Este es el primer capítulo de este trabajo que se publica en el Boletín de la Sociedad Española de Fisiología Vegetal, vol. 1, no. 1, 1954.

**RESPUESTA DE ALGUNAS PROPIEDADES QUÍMICAS A LA APLICACION
DE NEVELES DE CAL EN DOS SUELOS VOLCANICOS**

DEL ALTIPLANO DE PASTO (*)

LUIS I. ARREAGA ORLANDO

HILTON W. MATTA ORLANDO

I. INTRODUCCION

La práctica de encalentamiento es una de las más antiguas en la historia de la Agricultura. En la actualidad, sin embargo, es motivo de algunas controversias, pues, en primer lugar, el modelo de respuesta generado para suelos de regiones templadas no se ajusta a los resultados encontrados para suelos tropicales y, en segundo lugar, el concepto de acidez de los suelos ha sufrido en los últimos trece años cambios fundamentales.

En el Altiplano de Pasto, en particular, y en la región Andina, en general, la práctica del encalado es usual entre el agricultor tradicional. No obstante, para los suelos volcánicos de Ibarillo, la caracterización química y algunos resultados experimentales (17, 36) ponen en duda su validez.

(*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero R. I.A., N.30.

II. REVISIÓN DE LITERATURA (1).

2.1 Conceptos molares de acidez.

El concepto de pH o reacción del suelo ha sufrido cambios radicales a partir de 1950. 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 (72).

Los trabajos de Coleman y colaboradores, Low, Jemy, Chao y Harvard, Chuvrov, Harvard y Coleman y Helann y colaboradores, citados por Hartini (55), han demostrado que las arcillas saturadas de hidrógeno se comportan muy diferentemente a las saturadas con aluminio y que en los suelos férricos 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 de los suelos.

De esta manera, se ha establecido en forma clara que el aluminio es adsorbido por las arcillas no solamente como el ión cambiante monovalente trivalente, sino también como el polímero de hidróxido de aluminio de tamaño y grado de hidroxilación variable. Así mismo, está comprobado que el ión de aluminio hexahidratado se ioniza en una solución acuosa débilmente a un ácido débil, produciendo gran parte de los iones hidrógeno que contribuyen al pH del suelo ácido en agua (23).

Coleman y Thomas (23) indican que la reacción de hidrólisis del aluminio es:

(1): Realizada conjuntamente con: Guadino, V.R. y Vega, M.A.



2.2 Efecto del encalamiento sobre las propiedades químicas del suelo.

El efecto del encalamiento sobre la acidez, capacidad de intercambio iónico, disponibilidad de nutrientes y sobre otras propiedades físicas, químicas y microbiológicas 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 y reacción del suelo y a los resultados experimentales contradictorios obtenidos sobre este aspecto en los suelos del trópico. Por otra parte, la confusión ha aumentado al comparar estos resultados con los derivados de experiencias de suelos de la zona templada (55).

Con respecto a lo anterior, Harrell y colaboradores (56) 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 encalamiento es necesario tomar en cuenta este complejo del suelo, especialmente lo pertinente a las propiedades de intercambio catiónico.

2.2.1 Ácidos y aluminio.

Es muy conocido el poder neutralizante del encalamiento sobre la acidez del suelo; es decir que el encalamiento aumenta los valores de pH (1, 2, 16, 18, 21, 29, 40, 49, 51, 60, 70, 72, 74, 77). Sin embargo, de acuerdo a Larock (51), el tiempo de incubación juega un papel importante en el proceso de neutralización.

De otra parte, en algunas experiencias (30, 31, 73) 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 Neerer y Dunner (69) y Evans y Knapoth (29), con altos niveles de materia orgánica.

Está muy bien establecido, además, que los bajos valores de pH coinciden con altos niveles de aluminio extractible y viceversa (2, 21, 22, 23, 29, 47, 48, 49, 51, 66, 67, 72, 91). El encalamiento conduce a valores de pH altos lo cual, por tanto, resulta en una disminución de aluminio soluble, según lo ha demostrado un gran número de investigaciones (1, 2, 16, 21, 22, 29, 40, 47, 49, 51, 66, 70, 71, 72). Esta disminución del aluminio soluble y extractible por efecto de la adición de cal, está asociada con la formación de precipitados de hidróxidos de aluminio (17, 21, 22, 47, 66).

2.2.2 Cationes cambiabiles.

Contrario a lo que ocurre con la acidez, es claro e igualmente conocido el efecto del encalamiento sobre el calcio cambiabile y la saturación de bases. En términos generales, estas variables sufren un incremento proporcional a los dosis de cal aplicadas, conforme a los resultados obtenidos por Cabala y Famburton (19), en suelos del Brasil, Famburton y Holim (31), en suelos volcánicos de Costa Rica, Villachica y Quevedo (87), en un suelo del Perú, Moralli y colaboradores (60), en un suelo volcánico de Costa Rica, Santaella y González (77), en suelos del Cauca y, Romanina y colaboradores (16), 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 (16, 19).

Por otra parte, el efecto del encalamiento sobre el magnesio y potasio cambiables no tiene una tendencia definida. Así, Blanco (14) indica que el encalamiento aumenta la aprovechabilidad del potasio en los suelos desalinados por coloides inorgánicos del tipo caolínico e ilítico, pero disminuye cuando predominan las arcillas del tipo montmorillonítico.

Villachica y Quevedo (57) encontraron que la aplicación de cal conlleva a una disminución en la absorción de magnesio por el cultivo, 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 (56) concluye que la práctica de encalar en estos suelos conlleva, generalmente, a un aumento desproporcionado 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 Catiónica.

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 isomorfa en las arcillas, mientras que el último se debe a la materia orgánica y a los óxidos amorfos de hierro y aluminio presentes (24, 64).

De acuerdo a Horvath y colaboradores (60), en suelos donde la fracción mineral predominantemente está constituida por minerales arcillosos, la capacidad de intercambio catiónico 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 sugiere que el encalamiento al incrementar el pH incrementa también la capacidad de intercambio catiónico. En efecto, Fausbender y Holina (31) encontraron que hubo un aumento progresivo de la capacidad de cambio catiónico en dos suelos de Costa Rica, al aumentar la dosis de cal, incremento 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, Nelson y Owen (58) detectaron una relación directa entre el pH y la capacidad de intercambio catiónico.

En un suelo latosólico de Costa Rica, Ramonissa y otros (16) observaron un notorio incremento de la capacidad de intercambio catiónico como resultado del aumento en los niveles de cal. A resultados similares llegaron Fitchell, et al. (33) al detectar un incremento lineal de la capacidad de intercambio catiónico por efecto de las dosis de cal en un suelo de la Florida.

Horvath y sus colaboradores (60) concluyen, de los resultados obtenidos en un suelo clasificado como Oxis Hydrantrop, que la capacidad de intercambio catiónico determinada con NH_4Cl no evidenció ningún efecto del encalado, mientras que la determinada mediante el

uso de CaCl_2 muestra un aumento en función de las dosis de CaCl_2 .

2.2.4 Fósforo y sus fracciones.

Para suelos de la zona templada, algunos autores (37, 57, 80) han encontrado un incremento en la aprovechabilidad del fósforo y/o una disminución en su fijación por efecto de la adición de CaCl_2 .

Sin embargo, para el caso de los suelos tropicales los resultados son diversos y muchas veces contradictorios. Así Bari (11) y Bari y Ritcher (12) 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 Igun y Fuentes (44), en suelos de Costa Rica.

Investigaciones realizadas por Passbender (30), en un andosol de Costa Rica, mostraron un efecto nulo de la CaCl_2 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 CaCl_2 sobre la fijación del fósforo y sus diferentes formas. A resultados similares llegaron Passbender y Molina (31) al estudiar suelos derivados de conchas volcánicas del mismo país, y Cabala y Passbender (19), en Oxisoles de Bahía, Brasil.

En suelos de Humil, Fox y colaboradores (34) demostraron que por efecto de la adición de CaCl_2 aumentó el pH, disminuyendo el aluminio intercambiable y, en consecuencia, se atenuó la fijación de fosfatos.

Al analizar suelos aluviales de Costa Rica, Linares y Blum (32) 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 fue insignificante. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Fickell y Spencer (32) y por Spencer (34).

Rubens y Hoefla (17) 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 incrementó la retención del fósforo aplicado por el aluminio.

Para suelos latosólicos de los Llanos Orientales de Colombia, Benavides (13) concluyó 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 (49). 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, 65, 81).

Sin embargo, el bajo pH no es el factor limitante para el desarrollo de las plantas. Así Aron (8) ha demostrado que muchos cultivos pueden crecer satisfactoriamente en soluciones nutritivas bien bo-

asociadas con pH entre 4 y 5. De esta 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 mientras en ésta última parece existir una buena correlación entre el pH, el porcentaje de saturación de bases y el requerimiento de cal; en vista de que el calcio es el ión predominante entre los cationes cambiables, en el trópico y - subtropico ésta correlación no es significativa a causa de que el aluminio y no el calcio es el catión predominante, especialmente en suelos ácidos (55).

Varios investigadores (21, 32, 40, 51, 60) han encontrado que la corrección de la acidez, mediante el encalado 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 (21, 56, 63, 66).

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 in-

intercambiable (1, 2, 4, 5, 29, 41, 49, 61, 63, 70, 75, 82).

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

Alfalfa : 0,2 mg/100g. (61).

Algodón : 0,1 - 2,5 mg/100g. (4).

Cebada : 0,55 mg/100g. (9).

Pasto elefante : 2,0 mg/100g. (1).

Sorgo : 0,21 mg/100g. (70).

Trébol latino : 0,1 mg/100g. (82).

Es evidente que no es posible obtener un valor crítico universal para aluminio intercambiable, pues éste valor depende no solamente de la especie cultivada sino también de múltiples condiciones del suelo (70).

Los diferentes investigadores han demostrado que la concentración de aluminio intercambiable, expresada en mg/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 Turner (70) 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 Oriskany del Africa guarda una estrecha concordancia con los requerimientos de capacidad estimados para reducir el aluminio intercambiable a 0,2 mg/100g.

Empsath (49) indica que la saturación de aluminio es mejor indicativo que su concentración absoluta para estimar los requerimientos de cal en Carolina del Norte y, establece los siguientes valores críticos para tres cultivos:

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

3.1.1. Maíz.

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

$$\text{mg/100g. de CaCO}_3 = \text{mg/100g. de Al-Carb.} \times 1,5$$

Evans y Empsath (29) 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.

3.1.2. Suelos de Maíz.

3.1.2.1. Suelos de Maíz.

(1941) (1).

3.1.2.2. Suelos de Maíz.

El autor indica que la saturación de aluminio es un buen indicador de la acidez de un suelo. En los suelos con una saturación de aluminio superior al 30% se debe aplicar cal para reducir la acidez del suelo.

(2) Suelos de Maíz.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Suelos.

Para la presente investigación se utilizaron dos suelos de rivas de materiales volcánicos y ubicados en el Altiplano de Pasto, bajo las siguientes condiciones y características:

3.1.1 Suelo Dem.

Localización: A 10 km. sobre el margen derecho de la carretera que de Pasto conduce al aeropuerto "Antonio Narino".

Altitud: Está ubicado a 2.900 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 11°C.

Precipitación promedio: 1.000 mm/año.

Vegetación natural: Pastos.

Formación vegetal: bosque húmedo Montano Bajo

(17).

Morfología y clasificación tentativa: Es un suelo del tipo A (B) G. Sus características morfológicas y físico-químicas permiten estimar que se trata de un andosol típico. En la séptima aproximación podría ubicarse como Tipo Dystrandept (*).

(*) Información personal: Ricardo Guerrero R. I.A., H.Sc.

3.1.2 Suelo Catambuco.

Localización: A 7 km. y 200 m. sobre el margen derecho de la carretera que de Pasto conduce a Ipiales.

Altitud: Está ubicado a 2,840 m.s.n.m.

Temperatura promedio: 12°C.

Precipitación promedio: 700 mm/año.

Vegetación natural: Pastos.

Formación vegetal: bosque seco Montano Bajo

(to-10) (17).

Morfología y clasificación tentativa: Es un suelo del tipo A (B) C. Sus condiciones tanto físico-químicas como morfológicas permiten ubicarlo dentro del Orden Inceptisoles, y Sub-orden Tropets (+).

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

3.2 Procedimiento experimental.

3.2.1 Inoculación y tratamientos.

Las muestras de los suelos experimentales, después

(+) Información personal: Ricardo Guerrero Rivas I.A., E.C.

de noceras al azar, molarlas y tamizarlas, se sometieron a incubación en potes plásticos durante seis meses a capacidad de campo, previa aplicación de los siguientes tratamientos:

- a) 0 Ton/Ha. de cal.
- b) 2,5 Ton/Ha. de cal.
- c) 5,0 Ton/Ha. de cal.
- d) 10,0 Ton/Ha. de cal.

La fuente de cal utilizada fue el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ del 99% de pureza.

3.2.2 Diseño experimental.

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

Factor de Suelo (Parcelas principales).

Factor de 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 muestra suelo: HCl 1N, relación 1:2,5 (46).

b) Determinación de la acción de cambio mediante el método del cloruro de bario y la trietanolamina, descrito por Pesch (64).

c) Aluminio cambiabile: Por el método del Aluminio modificado, propuesto por Huss y Piskoll y descrito por Ruiz del Rio y Domínguez (76).

d) Saturación de aluminio: El porcentaje de saturación de aluminio se obtiene dividiendo los miliequivalentes de aluminio cambiabile entre la capacidad de intercambio catiónico y multiplicando por el factor constante 100.

e) Bases cambiabiles (K, Na, Ca): Por medio de un espectrofotómetro de llama Columna, siguiendo las partes indicadas por Jackson (46).

f) Magnesio cambiabile: Según el método de Verwey, siguiendo la técnica indicada por Ruiz del Rio y Domínguez (76).

g) Saturación de calcio: El porcentaje de saturación de calcio se obtiene dividiendo los miliequivalentes de calcio cambiabile entre la capacidad de intercambio catiónico y multiplicando por el factor constante 100.

h) Saturación de magnesio: El porcentaje de saturación de magnesio se obtiene dividiendo los miliequivalentes de magnesio cambiabile entre la capacidad de intercambio catiónico y multiplicando por el factor constante 100.

1) **Relación Calcio/Magnesio:** Esta relación se obtuve dividiendo los miliequivalentes de calcio cambiabile entre los miliequivalentes de magnesio cambiabile.

2) **Saturación de bases:** El porcentaje de saturación de bases se logró dividiendo la suma de bases totales entre la capacidad de intercambio catiónico y multiplicando por el factor constante 100.

3) **Capacidad de cambio catiónico:** Por el método de Acetato de Amonio normal y neutro, según la técnica de Schollenberger y Simon (76).

4) **Fraciones minerales de fósforo:** Se determinaron de acuerdo a la metodología de Cheng y Jackson (25), modificada por Ghani y descrita por Sen Gupta y Cornfield (79).

5) **Fósforo aprovechable:** Se determinó por el método de Bray II, descrito por Balconi, Miller y Fausbender (10).

6) **Fósforo Orgánico:** Se determinó mediante el método de ignición propuesto por Sammis y Williams y descrito por Jackson (46).

7) **Intensidad de transformación de la cal:** Se estimó con base en el calcio intercambiabile incrementado por efecto de la adición de los diferentes niveles de calcio aplicados, de acuerdo con Bannister y colaboradores (16), mediante la siguiente fórmula:

§ Transformación de la Cal =

Incremento del Ca Carb. (mg/100g) x 100

mg/100g. de Ca aplicado

3.3 Análisis estadístico.

Se realizaron análisis de varianzas y de tendencia para las variables de respuesta en estudio.

Variable	Valor	Significancia
Producción de leche (kg)	12.40	0.05
Producción de leche (kg)	12.30	0.07
Producción de leche (kg)	12.20	0.08
Producción de leche (kg)	12.10	0.09
Producción de leche (kg)	12.00	0.10
Producción de leche (kg)	11.90	0.11
Producción de leche (kg)	11.80	0.12
Producción de leche (kg)	11.70	0.13
Producción de leche (kg)	11.60	0.14
Producción de leche (kg)	11.50	0.15
Producción de leche (kg)	11.40	0.16
Producción de leche (kg)	11.30	0.17
Producción de leche (kg)	11.20	0.18
Producción de leche (kg)	11.10	0.19
Producción de leche (kg)	11.00	0.20
Producción de leche (kg)	10.90	0.21
Producción de leche (kg)	10.80	0.22
Producción de leche (kg)	10.70	0.23
Producción de leche (kg)	10.60	0.24
Producción de leche (kg)	10.50	0.25
Producción de leche (kg)	10.40	0.26
Producción de leche (kg)	10.30	0.27
Producción de leche (kg)	10.20	0.28
Producción de leche (kg)	10.10	0.29
Producción de leche (kg)	10.00	0.30

(1) Fuente de datos: ... (2) Fuente de datos: ...

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TARLA I
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

CARACTERÍSTICAS	SUELOS	
	DAZA	CATAMBO
Profundidad en cm.	0 - 40	0 - 40
Arenas %	32,37 (+)	43,43 (")
Arillos %	14,39 (+)	21,97 (")
Limos %	51,45 (+)	34,60 (")
Textura	Franco limoso	Franco
Carbono Orgánico %	5,40 (+)	4,85 (")
Materia Orgánica %	9,30 (+)	8,37 (")
Densidad Aparente g/cc.	0,72 (+)	1,10
pH (NFI M, relación 1:2,5)	4,44	4,79
Ácidos Cambiable mg/100g.	43,33	19,18
Aluminio Cambiable mg/100g.	18,68	2,24
Saturación de Aluminio %	54,65	7,98
C.I.C. mg/100g.	33,13	28,06
Bases Totales mg/100g.	5,26	13,68
Calcio Cambiable mg/100g.	0,80	8,53
Magnesio Cambiable mg/100g.	3,79	3,77
Potasio Cambiable mg/100g.	0,26	1,21
Sodio Cambiable mg/100g.	0,31	0,17
Saturación de Bases %	15,51	48,77
Saturación de Calcio %	2,43	30,37
Saturación de Magnesio %	11,32	13,43
Relación Ca/Mg	0,23	2,30
P-fosforo Reemplazable ppm.	1,87	0,83
Fosfatos Ca no Apatíticos ppm.	1,87	1,45
Fosfatos Ca Apatíticos ppm.	16,25	30,20
Fosfatos de Hierro ppm.	99,16	131,87
Fosfatos de Aluminio ppm.	161,56	115,49
Fósforo Aprovechable ppm.	8,89	6,12
Fósforo Orgánico ppm.	215,08	127,91

(+) Tomado del ANIAS, H.A. y GUERRERO, R.R. (7).

(") Tomado del BARRANO, O.R. y NAFLA, B.A. (17).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas II a III se presentan los resultados promedio obtenidos para las variables de respuesta en estudio. En la Tabla IV se incluyen los contrastes netos y la significación estadística resultante del análisis de varianzas y del análisis de tendencia.

4.1 Efecto sobre pH y Acidez Cambiable.

El efecto de los niveles de cal sobre los valores de pH fue altamente significativo ($P < 0,01$) y, como era de esperar, de tendencia positiva y lineal ($P < 0,01$) en los dos suelos estudiados. Este resultado se ajusta a las tendencias obvias que han sido encontradas por otros investigadores (1, 2, 16, 18, 21, 23, 40, 49, 51, 60, 70, 72, 74, 77).

Sin embargo, tal como se observa en la Figura 1, la magnitud del incremento, como resultado del aumento en una unidad de cal, no es igual y depende del suelo ($P < 0,01$). Así, mientras que en el suelo Daza por cada tonelada de cal aplicada el pH aumenta en promedio 0,10 unidades, en el suelo Gatambuco el incremento es de 0,14 unidades. Como resultado de esta situación la aplicación de 10 Ton/ha. de cal lleva a un pH de 7,07 el suelo Gatambuco, mientras que el suelo Daza lo lleva a un pH de 6,10.

Lo anterior pone en evidencia una mayor capacidad de amortiguamiento ("buffer") en el suelo Daza que en el suelo Gatambuco. Esta mayor capacidad de amortiguación del suelo Daza está sin duda relacionada con su mayor contenido de materia orgánica (Tabla 1), según lo demostrado por Beave y Sumner (69) y Evans y Raperath (29) y, posiblemente, por una mayor concentración de sales suaves de hierro y aluminio los cuales, según Raperath (50), al contribuir substancialmente en la

capacidad de intercambio catiónico dependiente del pH, incrementan la capacidad de amortiguación.

Como era previsible, el contenido de lo que ocurrió con el pH, la acidez cambiante disminuyó linealmente ($P < 0,01$) con el cambio de en sales sales. En la Figura 2, se puede apreciar que la acidez cambiante original del suelo Daza (43,33 mg/100g.) es aproximadamente el doble de la correspondiente al suelo Catamburo (19,33 mg/100g.) y que con el nivel mismo de en sales, la acidez se redujo hasta 27,76 mg/100g. en el suelo Daza y hasta 8,60 mg/100g. en el suelo Catamburo.

Las ecuaciones de regresión respectivas (Figura 2) indican que en el suelo Daza se requieren 1.000 Kg/ha. de cal para neutralizar 1 mg/100g. de acidez intercambiable, mientras que en el suelo Catamburo se requieren 1.500 Kg/ha. de cal para conseguir el mismo efecto. O sea que mientras en el suelo Daza la relación de neutralización es de 1 n.o. de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para 1 n.o. de acidez, en el suelo Catamburo esa relación es 1 n.o. de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ para 0,66 n.o. de acidez.

4.2 Efecto sobre Aluminio Intercambiable y Saturación de Aluminio.

El efecto del en sales sobre el aluminio cambiante solamente fue detectable en el suelo Daza, en donde la tendencia de la respuesta fue significativamente cuadrática ($P < 0,05$).

En la Figura 3, se puede observar que el aluminio intercambiable disminuye desde la concentración original de 18 mg/100g. hasta 13,7 mg/100g., concentración que se obtiene con 5 Ton/ha. de cal; al aplicar un dosis doble de cal (10 Ton/ha.) la concentración de alumi-

no se mantiene en el mismo nivel anterior. Esto implica que con la aplicación de 5 Ton/ha. no consiguen neutralizar solamente 4 de los 18 me/100g. originales y que niveles de aplicación superiores a éste, no consiguen disminuciones adicionales. Al relacionar esta situación con el pH obtenido (Figura 3), se observa que el aluminio intercambiable disminuye al aumentar el pH con los niveles de cal, pero se estabiliza a partir del pH 5,3.

Como era previsible, la situación con la saturación de aluminio fue similar a la anterior. El efecto sobre esta variable solamente fue detectable en el suelo Daza, en el cual la tendencia de la respuesta fue idéntica a la del aluminio cambiante (Figura 4). Es decir, la saturación de aluminio disminuye con los niveles de cal desde 54,6% (pH 4,4) hasta 35,6 (pH 5,3) (5 Ton/ha.). Aplicaciones mayores de cal no consiguen disminuciones adicionales de la saturación.

Los resultados anteriores son particularmente interesantes pues el suelo Daza muestra niveles muy altos de aluminio intercambiable, (18 me/100g.) los cuales pueden ser nocivos para la planta (1, 4, 5, 49, 61, 70, 82). Sin embargo, la aplicación de 2,5 - 5,0 y aún 10,0 Ton/ha. de cal, solamente consiguió neutralizar un 24% del aluminio cambiante existente, quedando el suelo aún con niveles que podrían causar problemas a los cultivos (13,7 me/100g., 35% de saturación).

La situación expuesta podría tener explicación en las evidencias experimentales aportadas por Igúe y Fuentes (45) y Silva y Schaefer (83), según las cuales una gran proporción del aluminio existente en suelos andosólicos se encuentra acoplada en compuestos orgánicos. No se descarta, entonces, que el encalamiento haya provocado la descomposición parcial de esos compuestos con la consiguiente libe-

ración del aluminio que puede pasar a una forma intercambiable.

De otra parte, no considero importante resaltar el hecho de que las concentraciones de aluminio intercambiable en el suelo Daza arrojaron valores excesivamente altos, lo cual resulta sorprendente para que este suelo se considere un andisol bien desarrollado. Dávila y Torres (+) han encontrado valores de aluminio intercambiable comprendidos entre 2 y 10 mg/100g. en suelos de la misma región (Daza). Por tanto, no se descarta la posibilidad de que la incubación en húmedo durante seis meses haya provocado una descomposición de la materia orgánica y, como se indicó antes, una fuerte liberación del aluminio retenido por complejos orgánicos. Esta situación merece ser estudiada con detenimiento.

En el suelo Catumbuco, el efecto del encalamiento sobre el aluminio intercambiable fue nulo. A este respecto hay que tener en cuenta que este suelo tiene concentraciones muy inferiores de aluminio (2,21 mg/100g.) que el suelo Daza, concentración que se mantiene a cualquier nivel de aplicación.

El hecho de que en el suelo Catumbuco el encalamiento no haya afectado el aluminio intercambiable, pero sí haya conducido a una disminución de la acidez intercambiable, supone que la acidez intercambiable de este suelo está constituida principalmente por H^+ , lo cual ha sido demostrado por Yuan (89, 90) en suelos donde la materia orgánica contribuye con la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico, como es el caso de los suelos estudiados (27).

(+) Dávila, A. y Torres, C. Información personal.

4.3 Efecto sobre Calcio Cambiable y Saturación de Calcio.

En el suelo Dam la respuesta del calcio intercambiable fue directa y lineal ($P < 0,01$). La concentración se incrementó desde el nivel original (0,80 mg/100g.) hasta 15,56 mg/100g. con el nivel máximo de aplicación de cal (Figura 5). Lógicamente, como se ve en la Figura 6, la saturación de calcio en el complejo de cambio siguió la misma tendencia ($P < 0,01$) y aumentó consistentemente desde 2,43% (Testigo) hasta 41,46% (10 Ton/ha.). Estos incrementos son paralelos al incremento en el pH y se ajustan a la tendencia general encontrada por otros investigadores (16, 19, 31, 60, 77, 87). Es entonces evidente, que la saturación de calcio original del suelo Dam puede conducir a deficiencia de éste nutriente en los cultivos y que la aplicación de 5 Ton/ha. de cal lleva la saturación de calcio hasta un nivel adecuado (31%) (35, 54, 85).

En el suelo Catamburo la respuesta del calcio cambiable y de la saturación de calcio obedeció a una tendencia cúbica ($P < 0,01$). La aplicación de 2,5 Ton/ha. de cal incrementó el calcio cambiable desde 30,3% hasta 56,2% de saturación; con 5 Ton/ha. se produjo una disminución (saturación: 28,19%) y con 10 Ton/ha. vuelve a aumentar hasta alcanzar una saturación máxima: 57,09% (Figuras 5 y 6).

La caída del calcio intercambiable y su saturación en el suelo Catamburo, al nivel de 5 Ton/ha. es extraña y solamente explicable en función de la tasa de transformación o descomposición de la cal que se discutirá más adelante.

De cualquier manera a diferencia de lo que ocurre en el suelo Dam, el suelo Catamburo está bien abastecido en calcio. Así lo

indica tanto su nivel intercambiable como su saturación (35, 54, 85).

4.4 Intensidad de transformación de la cal.

En la Tabla V se presenta la tasa de descomposición o transformación de la cal, calculada en función del calcio aplicado y el calcio intercambiable incrementado. El efecto de este parámetro resulta importante por cuanto, generalmente, la magnitud de los incrementos en la concentración de calcio cambiante y , aún en la saturación de bases depende de la intensidad de descomposición del material calcáreo (16, 19).

Al observar los resultados, es claro que en el suelo Lam la intensidad de transformación disminuye cuando se aumenta el nivel de aplicación de cal; así, mientras a nivel de 2,5 Ton/ha. todo el calcio aplicado se transforma a la forma intercambiable, al nivel de 10 Ton/ha. la eficiencia de transformación se reduce a la mitad. Lo mismo ocurre en el suelo Catambuco con la diferencia de que al nivel de 5 Ton/ha. solamente un 6% del calcio aplicado va a ocupar posiciones de cambio, lo que implica un 94% de material calcáreo residual. Este es un resultado sorprendente, cuya explicación no es fácil.

Sin embargo, se podría intentar una explicación basada en el equilibrio dinámico entre el complejo de cambio y la solución. Así, en el suelo Lam, habiendo una baja saturación original de calcio cambiante (2,43%) el equilibrio se desplaza hacia el complejo de cambio, produciéndose una acentuada transformación de la cal. En cambio, en el suelo Catambuco, el alto nivel original de saturación de calcio cambiante (30,37%) no favoreció la transformación del calcio hacia el complejo adsorbente.

La anteriormente expuesta resulta importante por cuanto explicaría la baja susuelta a la cal en suelos que presentan altos niveles de calcio activo e intercambiable (36).

La disminución en la intensidad de descomposición del material calcáreo, cuando se incrementa el nivel de aplicación, fue muy superior a la detectada por Romanians y colaboradores (16), en un suelo de Costa Rica, pero coincide con los resultados encontrados en suelos del Altiplano de Potosí por Robán, *et al.* (36), quienes concluyeron que aplicaciones masivas de calcio no tiene ningún efecto en éstos suelos, por su poca acción sobre el complejo adsorbente.

4.5 Efecto sobre Potasio, Magnesio y Sodio Cambiables.

El enmendante no afectó significativamente los niveles de potasio y magnesio cambiables ni su saturación en el complejo de cambio ($P > 0,05$) (Tabla IV) en ninguno de los suelos estudiados. El efecto sobre magnesio era previsible por cuanto el material calcáreo utilizado no contiene magnesio. En el caso del potasio, de acuerdo a Blasco (14), el efecto positivo o negativo depende de la predominancia de minerales arcillosos del tipo ilítico y caulinítico, en un caso, o de montmorillonítico en el otro. Para los suelos del área estudiada, Callahan y colaboradores (20) indican la predominancia de alúmina y ilioalúmina.

En lo que corresponde al sodio cambiabile, el enmendante causó una disminución lineal ($P < 0,01$) en el suelo Bas. Tal como se observa en la Figura 7, la disminución se operó desde 0,11 mg/100g. (0 Ton/ha.) hasta 0,13 mg/100g. (10 Ton/ha.). Este efecto está seguramente relacionado con una acción de masa del calcio aplicado. En el suelo Cotacabazo se nota la misma tendencia pero no fue significativa.

($P > 0,05$).

4.6 Efecto sobre relación Calcio/Magnesio.

La relación Ca/Mg respondió con tendencia cúbica ($P < 0,01$) a los niveles de aplicación de cal. La tendencia de la respuesta fue al alza en todos los muelles (Figura 8).

El muelle Dam presenta una relación Ca/Mg original invertida (0,23) (Tabla II) lo cual, unido a su baja saturación de calcio, podría resultar en un suministro deficiente de calcio a la planta. La aplicación de 2,5 Ton/ha. de cal, lleva al muelle a una relación Ca/Mg normal (4,1). Al nivel de 5 Ton/ha., la relación cae hasta 2,8 y luego con la aplicación de 10 Ton/ha. vuelve a subir a 4,25.

En el caso del muelle Cataluña la relación Ca/Mg original se puede considerar normal (2,30) (Tabla III) y con los niveles crecientes de cal sufre fluctuaciones de tendencia cúbica. Con el nivel de aplicación de 5 Ton/ha., en razón de la baja transformación del material calcáreo discutida anteriormente, la relación Ca/Mg sufre una caída hasta la cifra de 1,51 la cual, sin embargo, en razón de la adecuada saturación de calcio, seguramente no resultaría perjudicial para la planta.

4.7 Efecto sobre saturación de base.

En la Figura 9, se observa la respuesta de la saturación de base a los niveles de aplicación de cal. Las tendencias encontradas son similares a las registradas para el calcio cambiante, resultado lógico por cuanto el calcio fue la base más afectada por el encalado. En el muelle Dam la respuesta fue positiva y lineal ($P < 0,01$), la saturación

ción se incrementó desde el nivel original (15,31%), que puede calificarse como bajo, hasta un 34,20%, con aplicación de 10 Ton/ha., nivel que puede considerarse aceptable (35, 34, 85).

El suelo Gatanburu parte de un nivel de saturación de bases equivalente al 43% y se incrementa con aplicaciones de 2,5 y 10 Ton/ha. hasta 75 y 77%, respectivamente, alcanzando así niveles de saturación altos. Al nivel de 5 Ton/ha. de cal se presenta una disminución relativa en la saturación de bases (52%), explicable, en sí mismo, por la baja tasa de transformación de la cal y que detentan, por otra parte, que la tendencia de la respuesta en este suelo sea cúbica ($P < 0,01$).

4.6 Efecto sobre capacidad de Intercambio Catiónico.

Tal como se observa en la Figura 10, la capacidad catiónica de cambio respondió en forma diferente a los niveles de cal en los suelos estudiados. En el suelo Gatanburu, la capacidad catiónica de cambio se incrementó linealmente desde 28,06 me/100g. (Testigo) hasta 33,31 me/100g. con aplicación de 10 Ton/ha. Este incremento en la capacidad de intercambio catiónico está relacionado con el aumento paralelo en el pH (4,79 a 7,07) y ha sido observado por otros investigadores (16, 31, 58, 60) en suelos de diferente condición y naturaleza. Facobander y Holm (31) explican que el aumento progresivo en la capacidad de intercambio catiónico, como resultado en el incremento en la dosis de encalado, se debe a la formación de nuevas cargas electronegativas dependientes del pH en el complejo coloidal.

En el suelo Dusa la respuesta de la capacidad de intercambio catiónico al encalado fue de tendencia estadísticamente cuadrática ($P < 0,05$). En la Figura 10, se observa que la capacidad de intercambio

antidóxicos se incrementó desde el nivel original (33,23 mg/100g.) (pila 4,44) hasta aproximadamente 39 mg/100g. con el nivel de aplicación de 5 Ton/ha. (pila 5,3), pero luego volvió a presentarse una disminución (37,6 mg/100g.) al nivel de aplicación de 10 Ton/ha. (pila 6,1).

La tendencia anterior es congruente con la observada para el aluminio intercambiable (Figura 3), pues hasta el nivel de aplicación de 5 Ton/ha. (pila 5,3) hay disminución o neutralización del aluminio y, consecuentemente, una activación de las posiciones de cambio simples originalmente por Al^{+++} en la fracción orgánica de los suelos (16, 59), lo cual resulta en un incremento de la capacidad de intercambio catiónico. A niveles mayores de aplicación de cal, la neutralización del aluminio disminuye lo cual, por tanto, conduce a una caída relativa en la capacidad de intercambio catiónico.

4.9 Efecto sobre Fosfatos de Calcio.

La concentración de los fosfatos de calcio no apéfiticos fue independiente de los niveles de aplicación de cal ($P > 0,05$) en los suelos, resultado que coincide con lo observado por Fanchener y Holm (31) en suelos volcánicos de Costa Rica y Cabala y Fanchener (19) en latosoles del Brasil.

Por el contrario, los fosfatos de calcio apéfiticos respondieron con tendencia cuadrática ($P < 0,05$) estadísticamente similar en los dos suelos experimentales. En la Figura 11, se puede observar que la concentración del P-Ca apéfitico se incrementó desde su nivel original promedio de 23,2 ppm. (Testigo) hasta 29,3 ppm. (5 Ton/ha. de cal) y luego sufrió una caída hasta un nivel de concentración de 23,0

ppm. (10 Ton/ha. de cal).

El resultado anterior, de acuerdo al resultado de Ruzman y Poch (62), se explica en base al pH alcanzado por las diferentes dosis de cal (Figura 13). Hasta pH 5,7 (ligerosamente ácido) (3 Ton/ha. de cal) hay precipitación de apatita, mientras que a valores de pH cercanos a la neutralidad (pH 6,5) (10 Ton/ha. de cal) la formación de mineral apatítico se detiene.

4.10 Efecto sobre Fosfatos de Hierro y Aluminio.

El efecto del encalamiento sobre los fosfatos de hierro no fue estadísticamente detectable ($P > 0,05$) en los suelos estudiados. Una situación similar se ha reportado para suelos de Costa Rica (31) y Panamá (19).

En el suelo Dama los fosfatos de aluminio respondieron a los niveles de cal con una tendencia cuadrática ($P < 0,01$). En la Figura 12, se puede apreciar que al aplicar 2,5 Ton/ha. de cal, hay una disminución en la concentración de fosfatos de aluminio, pero al aumentar la dosis de encalante hasta 5 y 10 Ton/ha. los fosfatos de aluminio se incrementan considerablemente.

Lo anterior implica que a valores de pH ligeramente ácidos (4,4 a 4,5 Figura 12), la adición de cal (2,5 Ton/ha.) causa un hinchamiento de los fosfatos de aluminio, conforme lo ha demostrado Fuchs (9) y, por consiguiente, una disminución en su concentración, mientras que a valores de pH ligeramente ácidos o cercanos a la neutralidad, como los conseguidos con la aplicación de 5 Ton/ha. de cal (pH 5,3) y 10 Ton/ha. de cal (pH 6,1) se genera, tal como lo ha demostrado Liu y De

ente (42, 43), una retención de fósforo por los hidróxidos de aluminio coloidal. El fósforo así retenido es determinado como P-41 en el procedimiento de Chang y Jackson (26, 53).

Es entonces claro que la aplicación de un nivel bajo de cal en el suelo Tama, al solubilizar por hidrólisis el fósforo unido al aluminio, podría resultar benéfico desde el punto de vista del suministro de fósforo a la planta.

En el suelo Catambuco la respuesta del P-41 al ensulado fue contraria pero de sentido contrario a la registrada en el suelo Tama. Los fosfatos de aluminio se incrementaron hasta un nivel de aplicación de 5 Ton/ha. (pH 6,1) y luego hubo una caída en su concentración cuando la aplicación fue de 10 Ton/ha. (pH 7,0) (Figura 13). En este caso, la solubilización del fósforo, a causa de la hidrólisis del P-41, se presenta a niveles altos de aplicación de cal.

4.11 Efecto sobre el Fósforo Aprovechable y Fijamente Recuperable.

Los niveles de encoque no afectaron, a nivel estadístico significativo, las concentraciones de fósforo aprovechable y fósforo recuperable en los suelos estudiados (Tabla IV). Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores en suelos del trópico (13, 17, 19, 30, 31).

4.12 Efecto sobre Fósforo Orgánico.

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza (Tabla IV), los niveles de aplicación de cal no afectaron significativa-

mente los niveles de fósforo orgánico en los suelos estudiados ($P > 0,05$). Esto implica que la adición de cal no afectó, a nivel estadístico detectable, la mineralización del fósforo en los suelos experimentales. Resultados similares han sido encontrados por diferentes investigadores en suelos tropicales (6, 17, 25, 39) y, además, concuerdan con la conclusión obtenida por Illuso (15), en su reciente compilación bibliográfica.

4.13 Requerimientos de Cal.

De los resultados discutidos, resulta claro que los suelos estudiados responden de manera muy diferente a la aplicación de niveles de encalamiento. La razón radica en las propiedades mismas de los suelos. En efecto, al interpretar los datos de la Tabla I, es evidente que el Suelo Dam es más ácido, más liviano y, en general, mucho más evolucionado que el suelo Catubuzo. Mientras el suelo Dam muestra las características morfológicas y químicas de un Dystrandept típico, el suelo Catubuzo las presenta como determinantes de un Inceptisol poco evolucionado. De otra parte, desde el punto de vista mineralógico, el suelo Dam presenta niveles de coloides amorfos (silíceos) muy superiores al suelo Catubuzo (*).

En la Tabla VI se presentan los requerimientos teóricos de cal de los suelos estudiados con base en tres criterios. Los valores difieren abundantemente, tanto entre suelos como entre criterios.

El suelo Dam, cualquiera que sea el criterio utilizado, presenta requerimientos teóricos de cal muy superiores a los correspondientes al suelo Catubuzo. Esto es lógico en vista de la mayor capaci-

(*) Dávila, A. y Torres, G. Información personal.

del de escarificación ("buffer"), derivado de su mayor contenido de materia orgánica y, más que todo, de una mayor concentración de óxidos de hierro y aluminio.

En cuanto a los criterios utilizados para determinar los requerimientos teóricos de cal, el correspondiente al pH (6,5) tiende a conducir a los requerimientos de mayor magnitud, aunque los datos calculados sobre la base de la acidez cambiante no fueron muy diferentes de los anteriores. De otro parte, el criterio del aluminio cambiante condujo a la obtención de los requerimientos de cal más bajos. Resultados similares han sido obtenidos por Reeve y Sumner (70) en Oregón y del África.

Sin embargo, en contraposición a los requerimientos teóricos de cal, en la Tabla VII se resume los resultados obtenidos para neutralización del aluminio y acidez cambiante, resultados estos que revisten especial interés.

En el suelo Dana los niveles de aplicación de cal solamente neutralizaron entre el 11% (2,5 Ton/ha.) y el 36% (10 Ton/ha.) de la acidez cambiante y entre el 21% (2,5 Ton/ha.) y el 34% (10 Ton/ha.) del aluminio cambiante existente. Sin embargo, los requerimientos teóricos indican que tan solo serían necesarias 6,6 Ton/ha. para neutralizar la totalidad del aluminio cambiante.

En el suelo Catamburo, los niveles de aplicación de cal neutralizaron entre el 23% (2,5 Ton/ha.) y 55% (10 Ton/ha.) de la acidez cambiante y entre el 16% (2,5 Ton/ha.) y 0% (10 Ton/ha.) del aluminio cambiante original. Sin embargo, los requerimientos teóricos indican que tan solo se necesitarían 1,2 Ton/ha. para neutralizar el aluminio cambiante existente.

Los resultados ya descritos implican que ninguno de los criterios técnicos utilizados (pH, aluminio cambiante, ácidos cambiante), serían válidos para estimar los requerimientos de cal de los suelos estudiados.

Por otra parte, la situación expuesta es lo pertinente a la neutralización obtenida por los diferentes niveles de encalado, corrobora la hipótesis de que la materia orgánica liberó aluminio por acción de la cal y la incubación en húmedo, de tal suerte que bajo las condiciones del estudio, conforme al aluminio cambiante fue neutralizado se generó, en cierta forma, un flujo de reposición desde los complejos orgánicos. Bajo condiciones de campo, evidentemente la situación cambiara y, por tanto, se considera fundamental investigar, en primera instancia bajo condiciones de invernadero y sobre la base de los datos aportados en el presente estudio, la respuesta de las propiedades del suelo al encalado y sus relaciones con los parámetros de una planta indicadora adecuada. Esta investigación se justifica plenamente en el caso de suelos arcillosos típicos similares en sus condiciones al suelo Dam.

Además, al margen de los resultados obtenidos para la neutralización de la acidez, resulta claro que el suelo Dam y sus condiciones regulares encañamiento a niveles bajos (1-3 Ton/Ha.) con el objeto de incrementar su baja saturación de calcio y de equilibrar su relación Ca/Mg. Además, los resultados obtenidos para los fosfatos de aluminio sugieren un efecto beneficioso de bajos niveles de encalado sobre la difusión del fósforo.

Por lo que concierne al suelo Catambuco y sus relaciones de amplia distribución en el Altiplano de Pasto, teniendo en cuenta su relativo bajo nivel de aluminio cambiante (saturación de aluminio

< 10%) y visto el efecto del ensalamiento sobre sus propiedades químicas, cabe concluir que el ensalado sería una práctica, cuanto menos inofensiva.

ANEXO II

DE LOS EFECTOS DE LA SALINIDAD SOBRE LAS PROPIEDADES QUÍMICAS

(Resultados obtenidos por los experimentos)

Muestra	Índice de N (mg/l.)			
	0	10	20	30
Sal (NaCl, 10%)	0,75	0,25	0,20	0,20
Sal (NaCl, 20%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 30%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 40%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 50%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 60%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 70%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 80%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 90%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 100%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 110%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 120%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 130%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 140%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 150%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 160%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 170%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 180%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 190%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Sal (NaCl, 200%)	0,25	0,25	0,25	0,25

Tabla II

EFFECTO DE LOS NIVELES DE ENCALAMIENTO SOBRE LAS VARIABLES DE RESPUESTA EN ESTUDIO, EN EL SUELO IMAZ
(Resultados promedio para tres repeticiones)

VARIABLES DE RESPUESTA	Niveles de Cal (Ton/ha.)			
	0	2,5	5,0	10,0
pH (KCl 1N, 1:2,5)	4,44	4,88	5,34	6,10
Acidez Cambiable no/100g.	43,33	30,66	34,53	27,76
Al-Cambiable no/100g.	28,08	24,22	13,77	13,73
Al-Saturación %	54,65	36,22	35,61	37,12
Ca-Cambiable no/100g.	0,80	7,70	12,10	15,56
Ca-Saturación %	2,43	19,60	31,22	41,46
K-Cambiable no/100g.	0,26	0,28	0,27	0,25
Mg-Cambiable no/100g.	3,79	2,19	4,15	4,49
Mg-Saturación %	11,32	5,60	10,58	11,68
Na-Cambiable no/100g.	0,31	0,24	0,19	0,13
Relación Ca/Mg	0,23	4,18	2,80	4,25
Saturación de Bases %	15,51	26,58	43,04	54,20
C.I.C. no/100g.	33,13	39,30	30,83	37,60
P-Ca no Apatítico ppm.	1,87	1,03	1,87	6,25
P-Ca Apatítico ppm.	16,25	27,08	22,70	18,54
P-Pb ppm.	99,16	77,70	84,16	81,45
P-Al ppm.	161,56	107,70	156,74	233,29
P-Aprovechable ppm.	8,89	4,37	4,06	6,68
P-Eficiencia Reemplazable ppm.	1,87	3,12	1,66	1,03
P-Orgánico ppm.	215,08	236,00	217,33	221,06

TABLA III
ESECTO DE LOS NIVELES DE ENCALAMIENTO SOBRE LAS VARIABLES
DE RESPUESTA EN ESTUDIO, EN EL SUELO CATAMBUCO
(Resultados promedio para tres repeticiones)

VARIABLES DE RESPUESTA	Niveles de Cal (Ton/ha.)			
	0	2,5	5,0	10,0
pH (MCI 1M, 1:2,5)	4,79	5,65	6,19	7,07
Acidez Cambiable mg/100g.	19,18	14,83	12,46	8,60
Al-Cambiable mg/100g.	2,24	1,88	2,08	2,83
Al-Saturación %	7,98	7,76	6,54	8,51
Ca-Cambiable mg/100g.	8,53	14,18	9,15	18,96
Ca-Saturación %	30,37	56,23	28,19	57,09
Mg-Cambiable mg/100g.	1,21	1,33	0,98	1,48
Mg-Cambiable mg/100g.	3,77	3,25	6,39	5,24
Mg-Saturación %	13,43	12,99	14,08	15,67
Na-Cambiable mg/100g.	0,17	0,16	0,20	0,15
Relación Ca/Mg	2,30	4,35	1,51	4,31
Saturación de Bases %	48,77	75,25	52,19	77,70
C.I.C. mg/100g.	28,06	25,23	32,30	33,24
P-Ca no Apatítico ppm.	1,45	11,66	6,24	6,24
P-Ca Apatítico ppm.	30,20	28,29	36,04	27,49
P-Fe ppm.	131,87	136,24	141,66	176,45
P-Al ppm.	115,49	135,43	150,95	75,62
P-Aprovechable ppm.	6,12	3,26	8,68	9,08
P-Fertilizante Reemplazable ppm.	0,83	1,45	0,62	1,45
P-Orgánico ppm.	127,91	171,41	180,50	167,51

TABLA IV

GRABAJOS MENOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA

FUENTES DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			Saturación %
		FI	Aciones Cambiable	AI	
SUMOS	1	3,24**	294,85**	966,35**	6616,10**
ERROR (a)	4	0,001	2,92	1,32	6,40
TRATAMIENTO	3	4,15**	181,84**	6,50*	134,34**
	1	4,47**	307,60**	27,22**	424,69**
	1	0,08**	3,30*	10,94*	298,10**
	1	0,01 N.S.	1,50 N.S.	1,36 N.S.	36,90 N.S.
	1	8,14**	174,59**	0,57 N.S.	0,01 N.S.
	1	0,00 N.S.	0,17 N.S.	0,92 N.S.	3,59 N.S.
	1	0,05**	1,82 N.S.	0,00 N.S.	2,64 N.S.
SUMOS + TRATAMIENTO	3	0,10**	7,82**	7,09*	121,00**
ERROR (b)	12	0,004	0,59	1,32	14,64
TOTAL	23	0,09	155,33	44,70	329,71

* = Significación al 95%
 ** = Significación al 99%
 N.S. = No Significativo

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

TABLA IV

CAMBIO MEDIO Y DISPERSION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA
(continuación)

FUENTES DE VARIACION	G.L.	Ca		K		Mg Cambiable
		Cambiable	Secundaria y	Cambiable	Cambiable	
SUELOS	1	60,39 [*]	2231,01 ^{**}	5,79 ^{**}	6,59 ^{M.S.}	
SECTOR (a)	4	6,10	56,40	0,01	1,49	
TRATAMIENTO	3	138,84 ^{**}	1150,22 ^{**}	0,06 ^{M.S.}	7,76 ^{M.S.}	
	L	355,46 ^{**}	2495,32 ^{**}			
	C	8,50 ^{M.S.}	35,91 ^{M.S.}			
	Ca	0,36 ^{M.S.}	2,61 ^{M.S.}			
	L	103,49 ^{**}	407,36 [*]			
	C	13,02 ^{M.S.}	6,90 ^{M.S.}			
	Ca	97,79 ^{**}	1843,49 ^{**}			
SUELO x TRATAMIENTO	3	34,23 [*]	443,64 ^{**}	0,07 ^{M.S.}	1,31 ^{M.S.}	
SECTOR (b)	12	6,84	44,54	0,04	3,46	
TOTAL	23	13,34	138,04	0,29	3,52	

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DEL PERU

CUADRO NÚMERO 1
CUADRO NÚMERO 1 Y SIGNIFICACION ESTADÍSTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA
CUADRO NÚMERO 1

(Continuación)

FUENTES DE VARIACIÓN	G.L.	MS		Relación Cu/Ms	Efectos
		Saturación	Contable		
SUELOS	1	101,29 ^{N.S.}	0,01 ^{**}	0,37 ^{N.S.}	4922,64 ^{**}
TRATAMIENTO	4	27,3	0,0001	1,06	67,32
TRATAMIENTO	3	20,64 ^{N.S.}	0,01 [*]	13,92 [*]	1154,20 ^{**}
TOTAL	1			14,42 [*]	
	1			1,33 ^{N.S.}	
	1			26,22 ^{**}	
MAZA	1		0,05 ^{**}		2634,63 ^{**}
	1		0,00 ^{N.S.}		0,00 ^{N.S.}
	1		0,00 ^{N.S.}		17,24 ^{N.S.}
TRATAMIENTO	1		0,00 ^{N.S.}		609,48 [*]
	1		0,00 ^{N.S.}		0,70 ^{N.S.}
	1		0,00 ^{N.S.}		1443,63 ^{**}
SUELO x TRATAMIENTO	3	7,54 ^{N.S.}	0,001 [*]		414,32 [*]
ERROR (b)	12	17,99	0,001		82,38
TOTAL	23	22,42	0,003		473,41

GRABADO EN VITRINA

Tabla IV

CAMBIOS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIABLES DE RESPUESTA

(Continuación)

FUENTES DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS		F=MS / MS Error
		C.I.G.	MS	
SUMAS	1	339,10**	79,75 ^{M.S.}	326,40**
ERROR (a)	4	3,45	11,25	14,59
TRATAMIENTO	3	35,76*	29,41 ^{M.S.}	61,34 ^{M.S.}
TOTAL	8			2290,00 **
DAMA				
SUMAS	1	25,09 ^{M.S.}	9,33 ^{M.S.}	1035,52
ERROR (a)	1	41,07*	175,39*	318,02 ^{M.S.}
TOTAL	2		6,30 ^{M.S.}	
CANTARRICO				
SUMAS	1	76,52**	39,52 ^{M.S.}	967,29 ^{M.S.}
ERROR (a)	1	10,67 ^{M.S.}	20,79	459,60
TOTAL	2		25,26	1594,96
SUELLO Y TRATAMIENTO				
SUMAS	3	29,91*	39,54 ^{M.S.}	51,71 ^{M.S.}
ERROR (b)	12	0,20	20,79	21,43
TOTAL	23	26,14	25,26	51,35

TABLA IV

CAMBIOS MEDIOS Y SIGNIFICACION ESTADISTICA PARA LAS VARIANCIAS DE RESPUESTA
(Continuación)

FUENTES DE VARIACION	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			F-Regresión
		F-02	F-03	F-04	
SUMOS	1	12449,36 ^{M.S.}	3,67 ^{M.S.}	4,16 ^{M.S.}	21960,73 ^{**}
SECTOR (a)	4	2000,30	34,80	0,55	421,23
TRATAMIENTO	3	1440,63 ^{M.S.}	20,19 ^{M.S.}	1,67 ^{M.S.}	1220,84 ^{M.S.}
DOMINIO EN VIGENCIA					
DATA	1	10472,62 ^{**}			
	1	12752,46 ^{**}			
	1	952,54 ^{M.S.}			
	1	1636,24 ^{M.S.}			
CANTONADO	1	6750,73 [*]			
	1	1090,04 ^{M.S.}			
SUELO x TRATAMIENTO	3	9744,91 ^{**}	16,67 ^{M.S.}	1,17 ^{M.S.}	667,96 ^{M.S.}
SECTOR (b)	12	1082,43	13,07	1,60	617,61
TOTAL	23	2926,77	17,64	1,32	1997,89

TAULA V

INTENSIDAD DE LA TRANSFORMACION DE CAL EN LOS
SUELOS ESTUDIADOS

1954-57

SUELO	Nivel de Cal Ton/ha.	Calote Aplicado no/100g.	Incremento en el Calote Intercambiable no/100g.	Intensidad de Transformación de la Cal %.
MIRAS	2,5	6,7	6,9	100
	5,0	13,4	12,3	84
	10,0	26,8	14,7	54
CATAMBUO	2,5	4,5	5,6	100
	5,0	9,0	0,6	6
	10,0	18,0	10,4	55

TABLA VI

REQUERIMIENTOS TEÓRICOS DE CAL ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) EN LOS SUELOS ESTUDIADOS
DE ACUERDO A TRES CRITERIOS

SUELO	Requerimientos de Cal (Ton/Ha.)			
	CRITERIO	pH ⁺	Aluminio ⁺⁺ Cambiable	Acidos ⁺⁺⁺ Cambiable.
IMZA		13	6,6	16
CATAMBUCO		9	1,2	10

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

++ Calculado a razón de 1 mg/100g. de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por cada mg/100g. de aluminio cambiable.

+++ Calculado a razón de 1 mg/100g. de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ por cada mg/100g. de acidos cambiable.

● Suelo Daza
▲ Suelo Catambuco

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

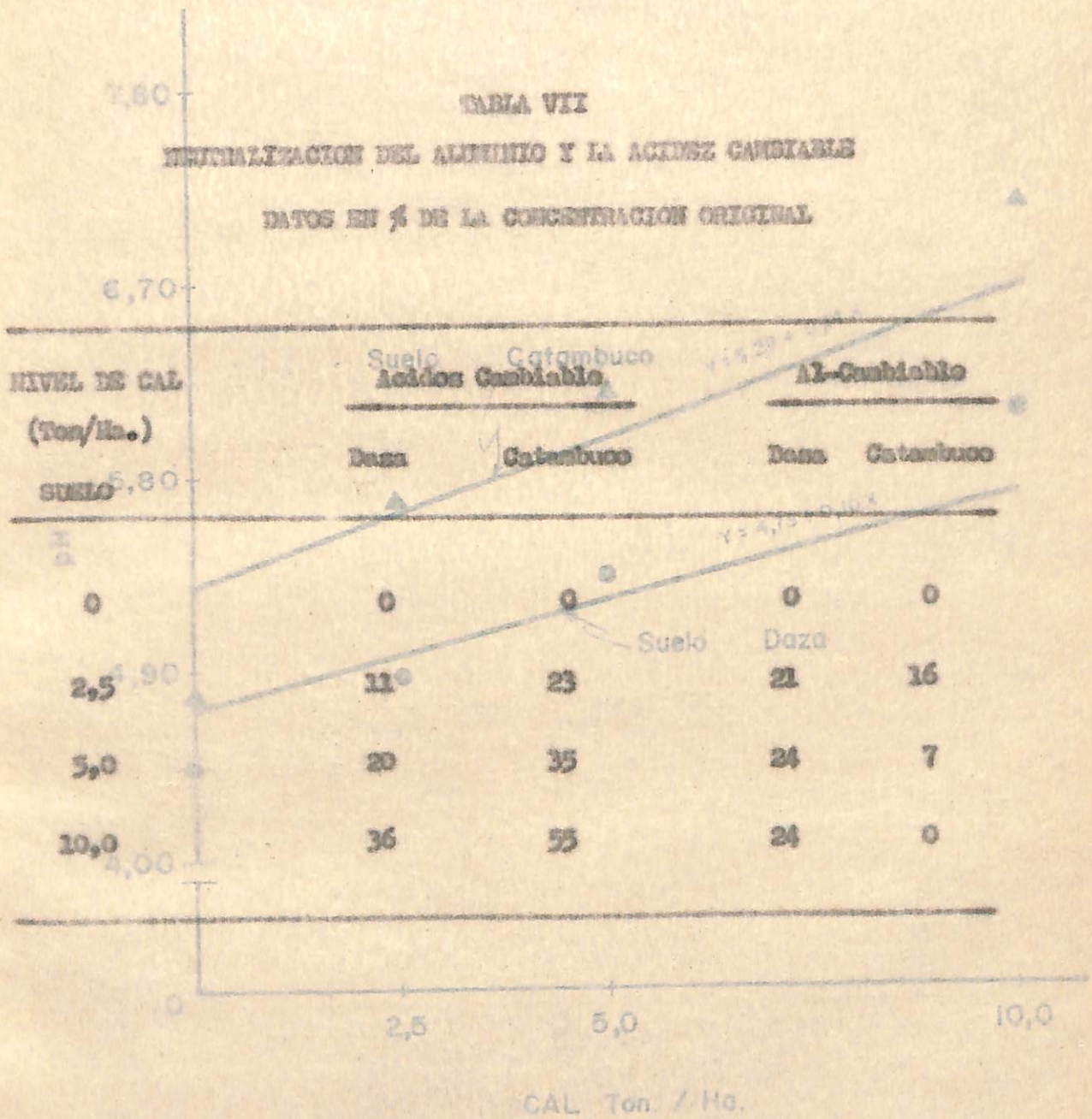


Fig. 1- Efecto de los niveles de Cal sobre el pH

● Suelo Daza
▲ Suelo Catambuco

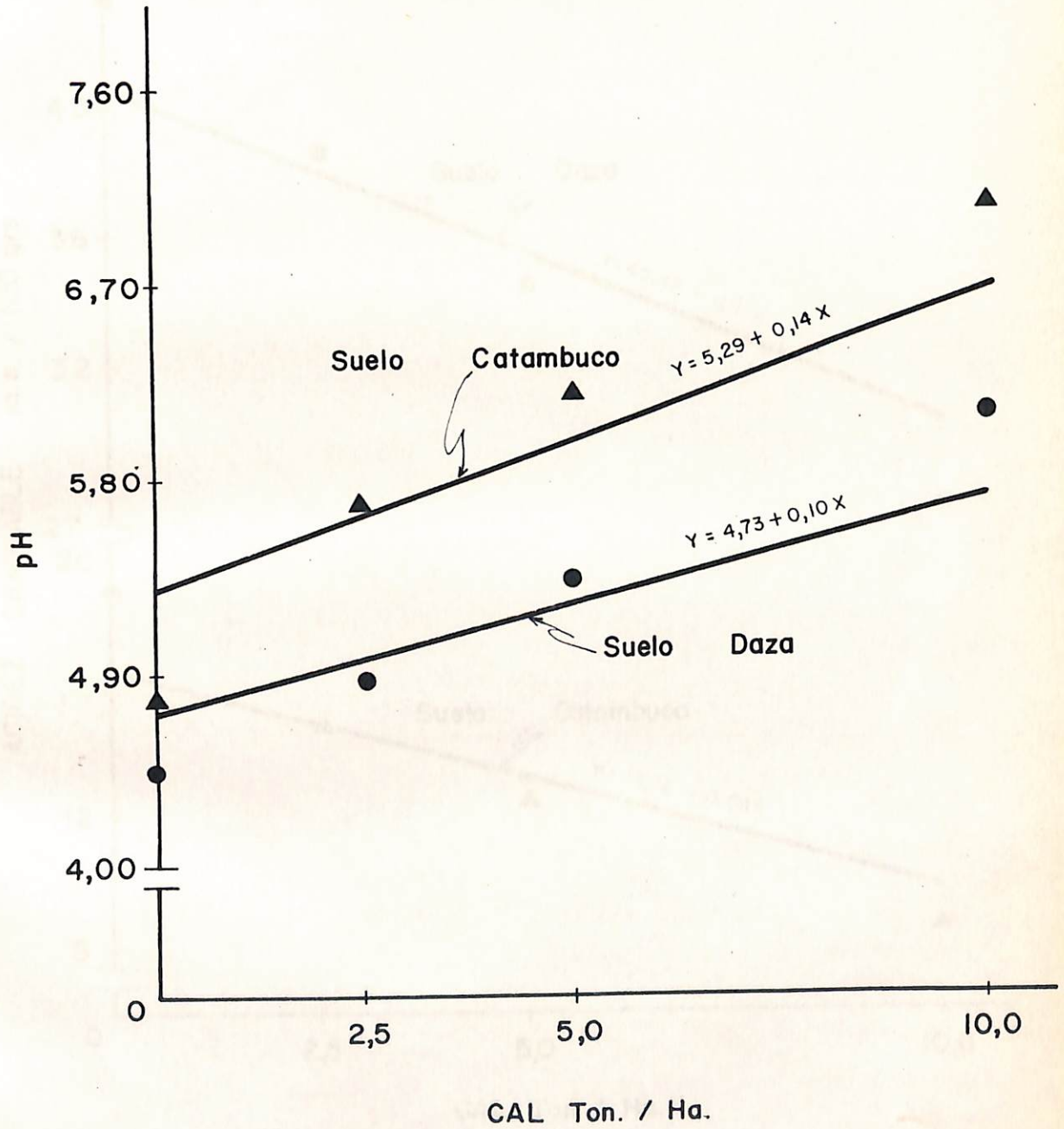


Fig.- 1- Efecto de los niveles de Cal sobre el pH.

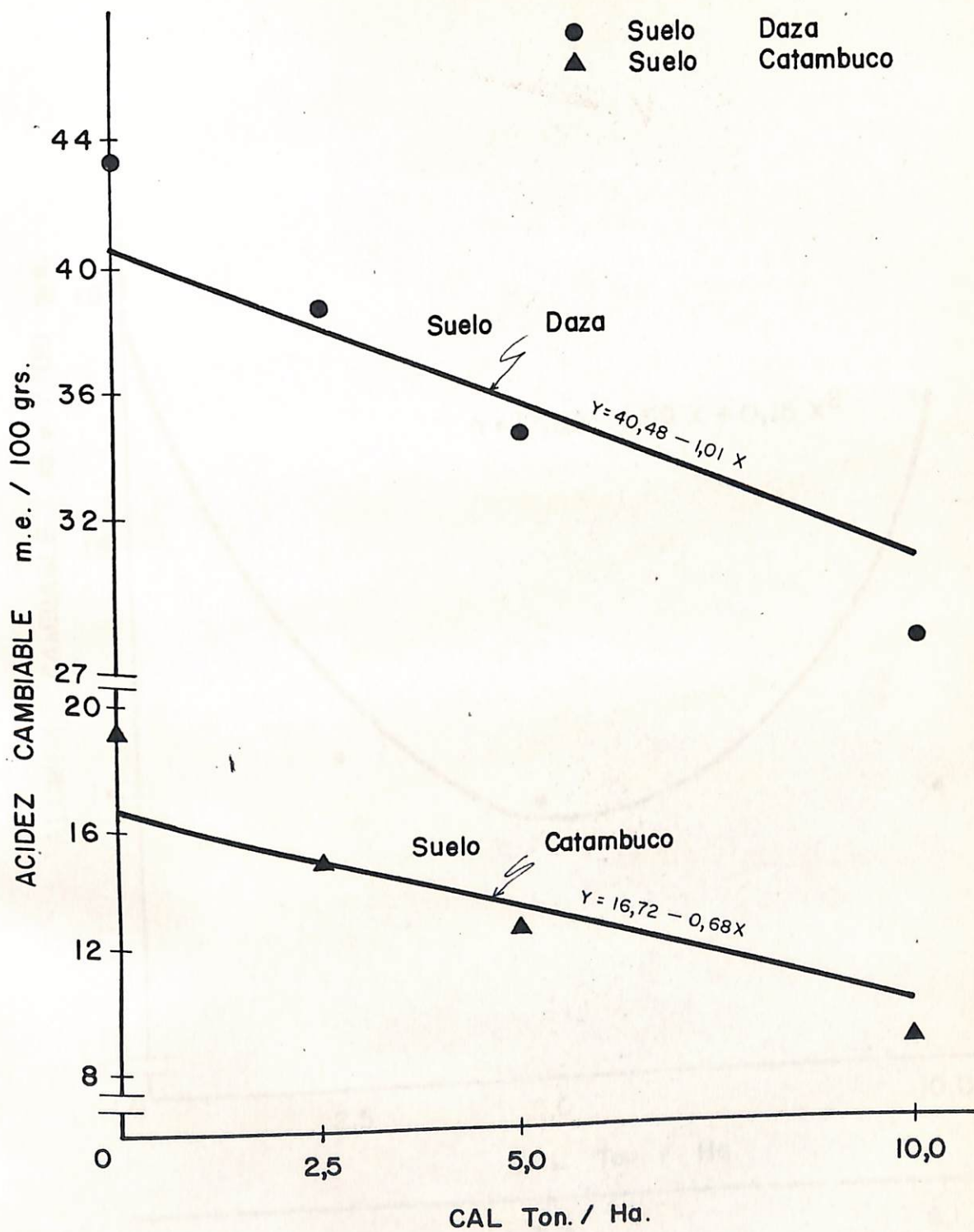


Fig.-2- Efecto de los niveles de Cal sobre la Acidez Cambiable.

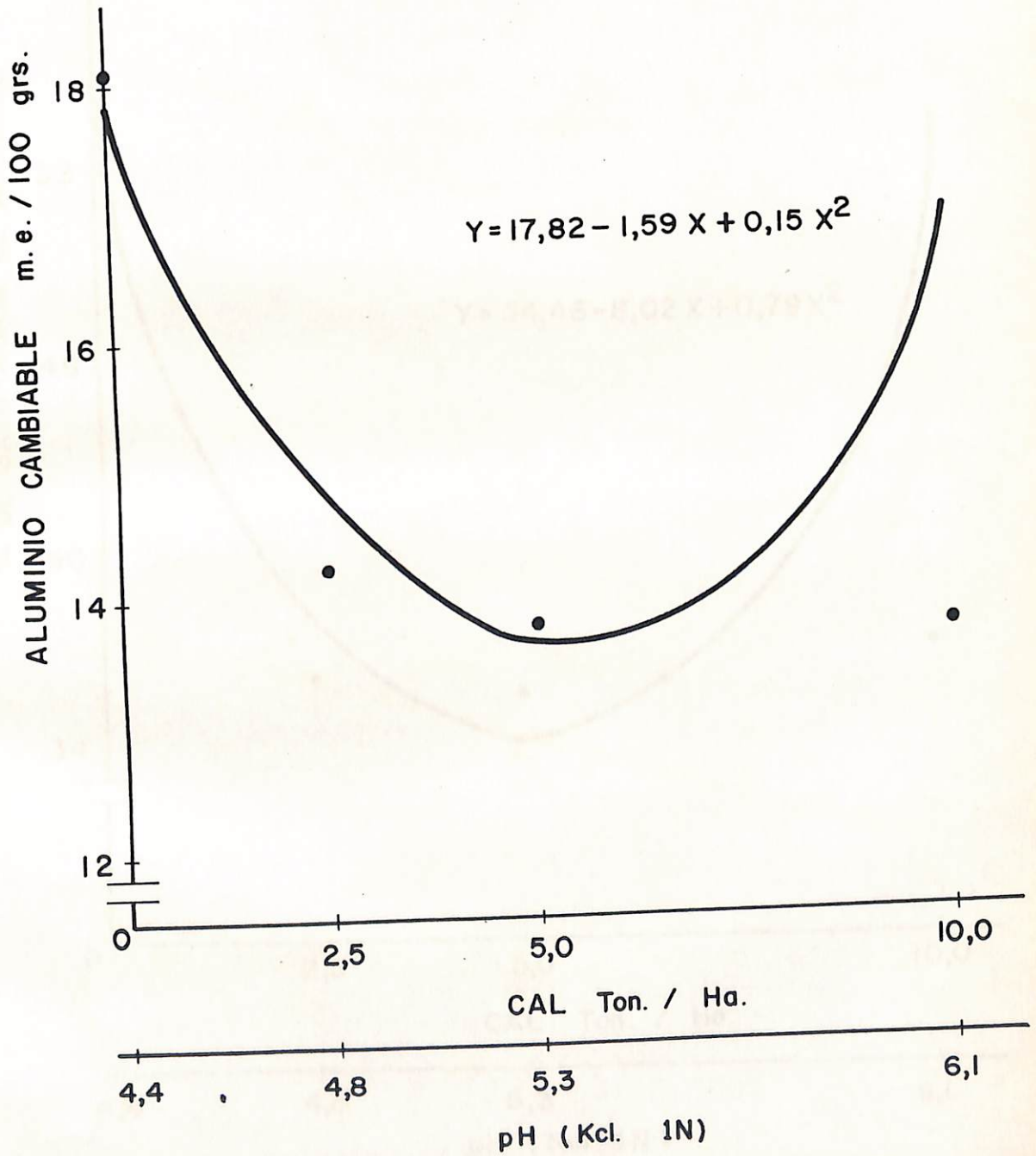


Fig.-3 - Efecto de los niveles de Cal sobre el aluminio cambiabile en el suelo Daza.

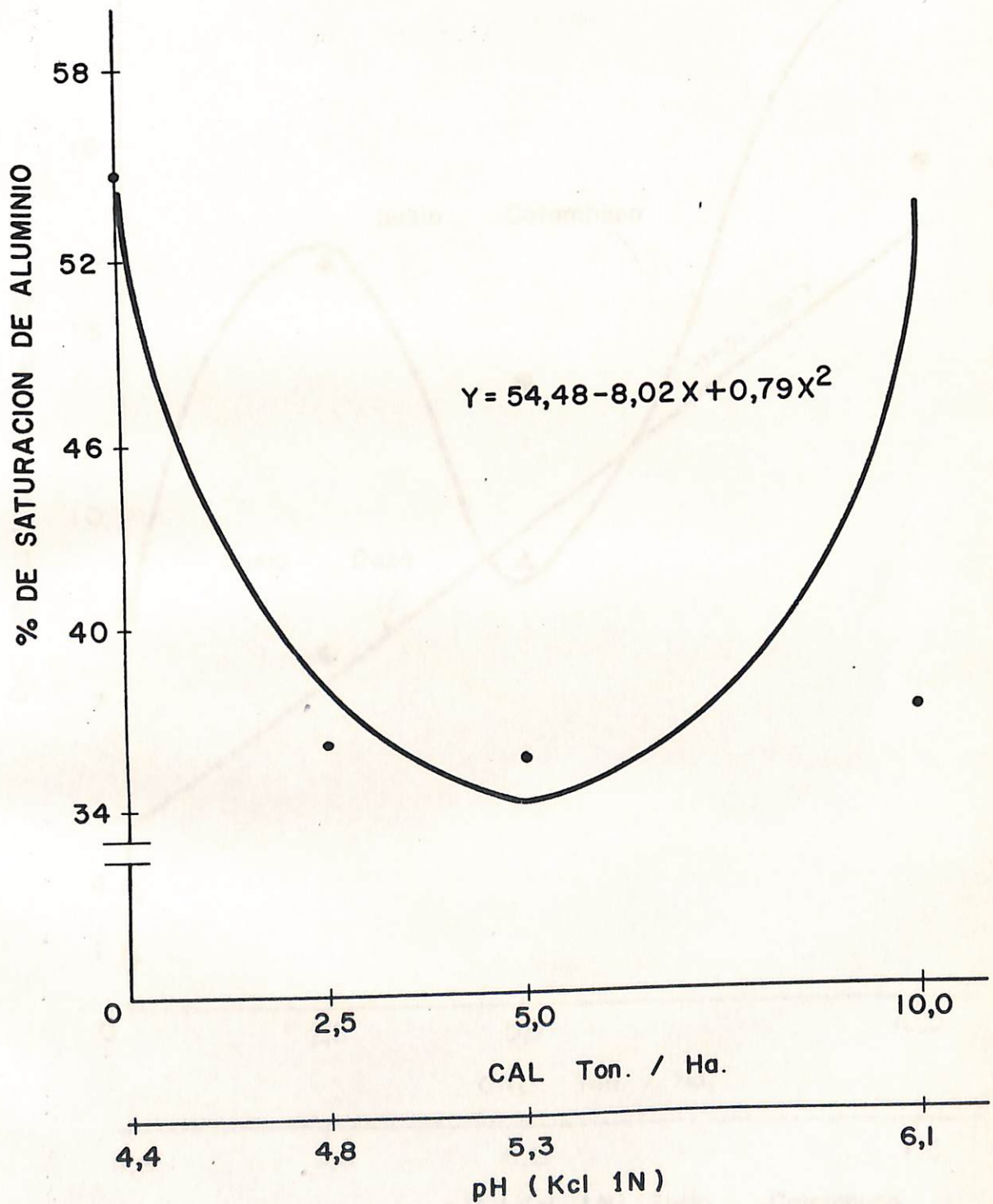


Fig.-4- Efecto de los niveles de Cal sobre el % de saturación de Aluminio en el suelo Daza.

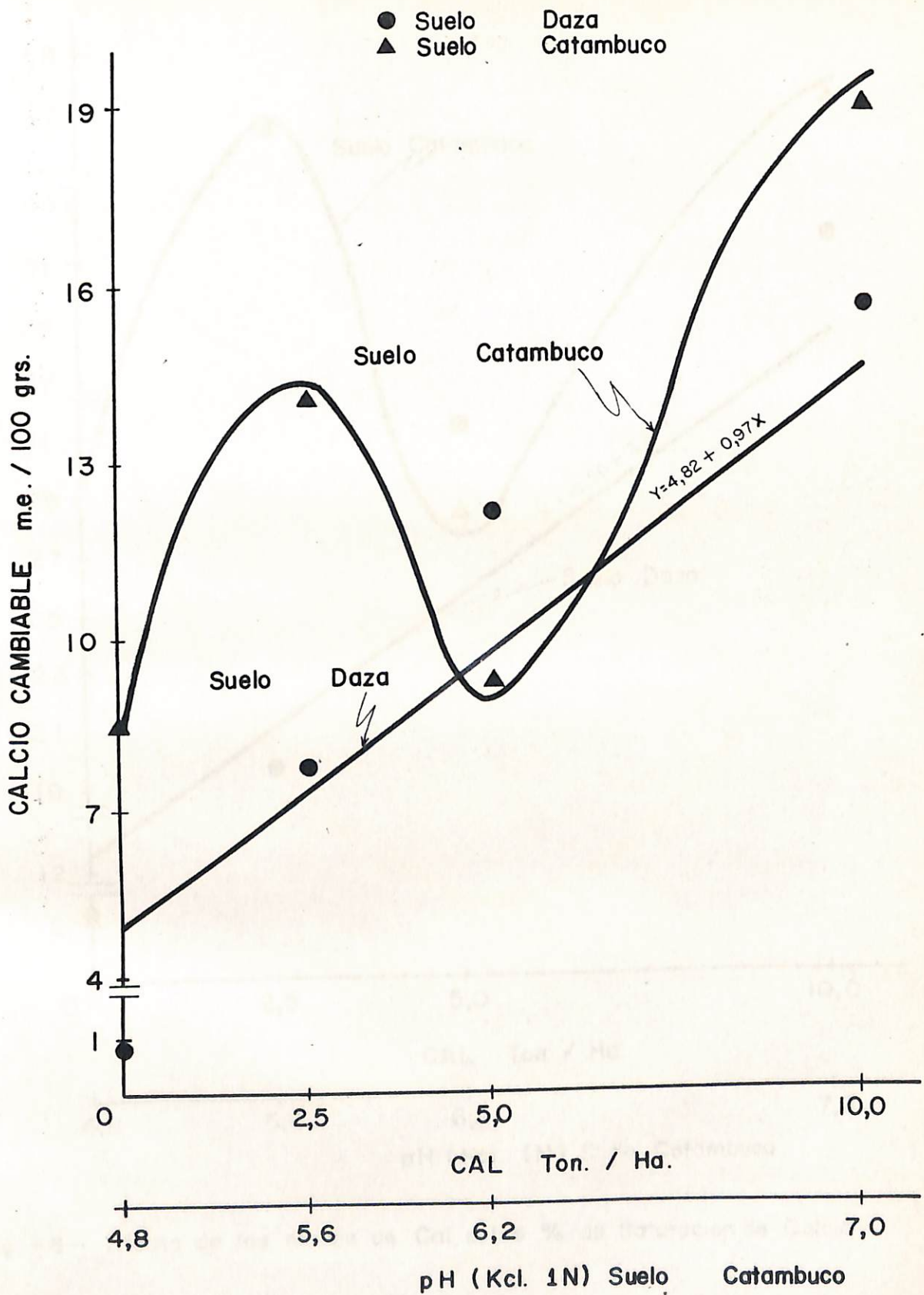


Fig. -5- Efecto de los niveles de Cal sobre Calcio Cambiable.

● Suelo Daza
 ▲ Suelo Catambuco

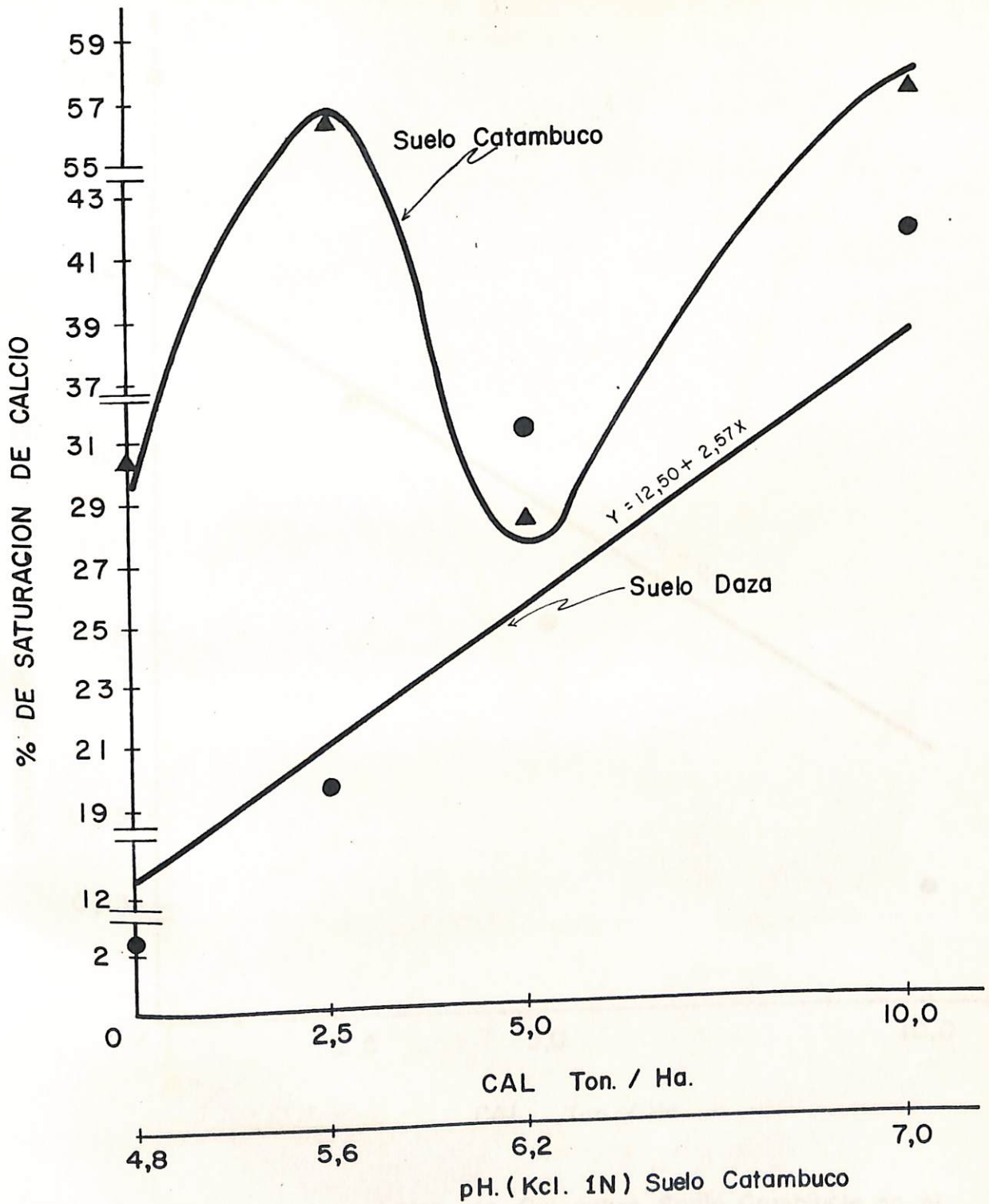


Fig. - 6 - Efecto de los niveles de Cal sobre % de Saturacion de Calcio

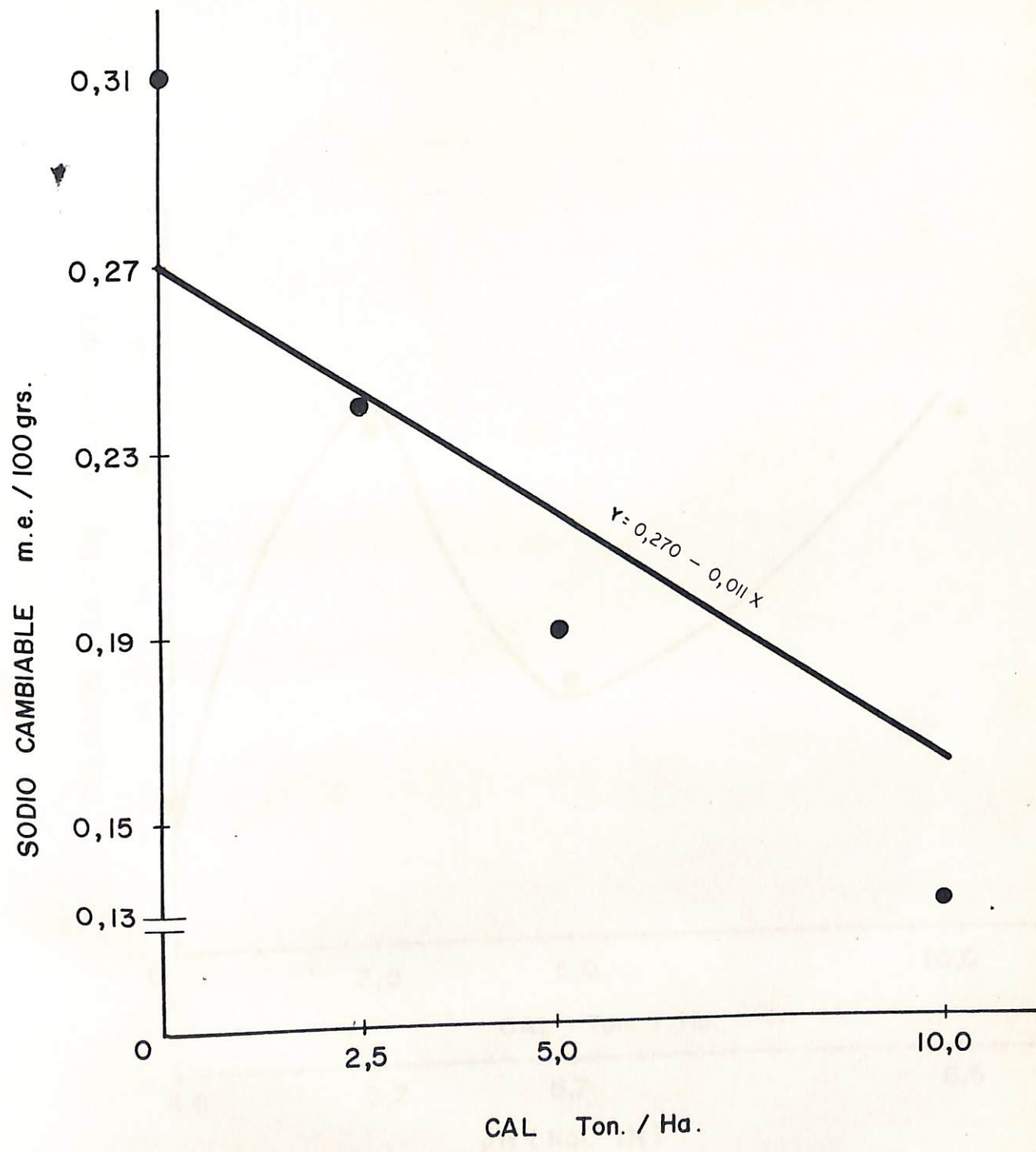


Fig. -7- Efecto de los niveles de Cal sobre Sodio Cambiable en el Suelo Daza.

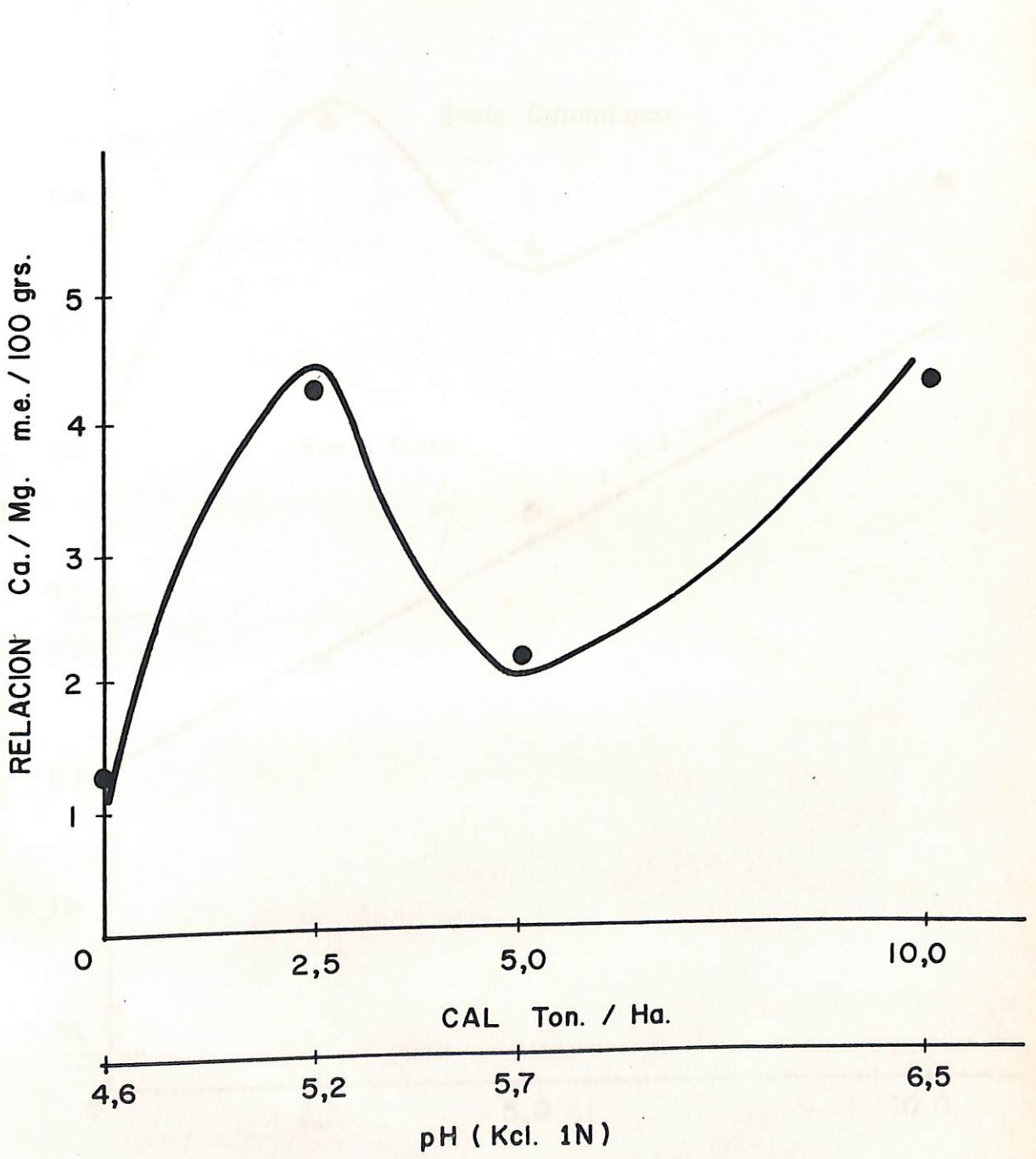


Fig.-8- Efecto de los niveles de Cal sobre la relacion Ca./Mg. en los suelos estudiados.

- Suelo Daza
- ▲ Suelo Catambuco

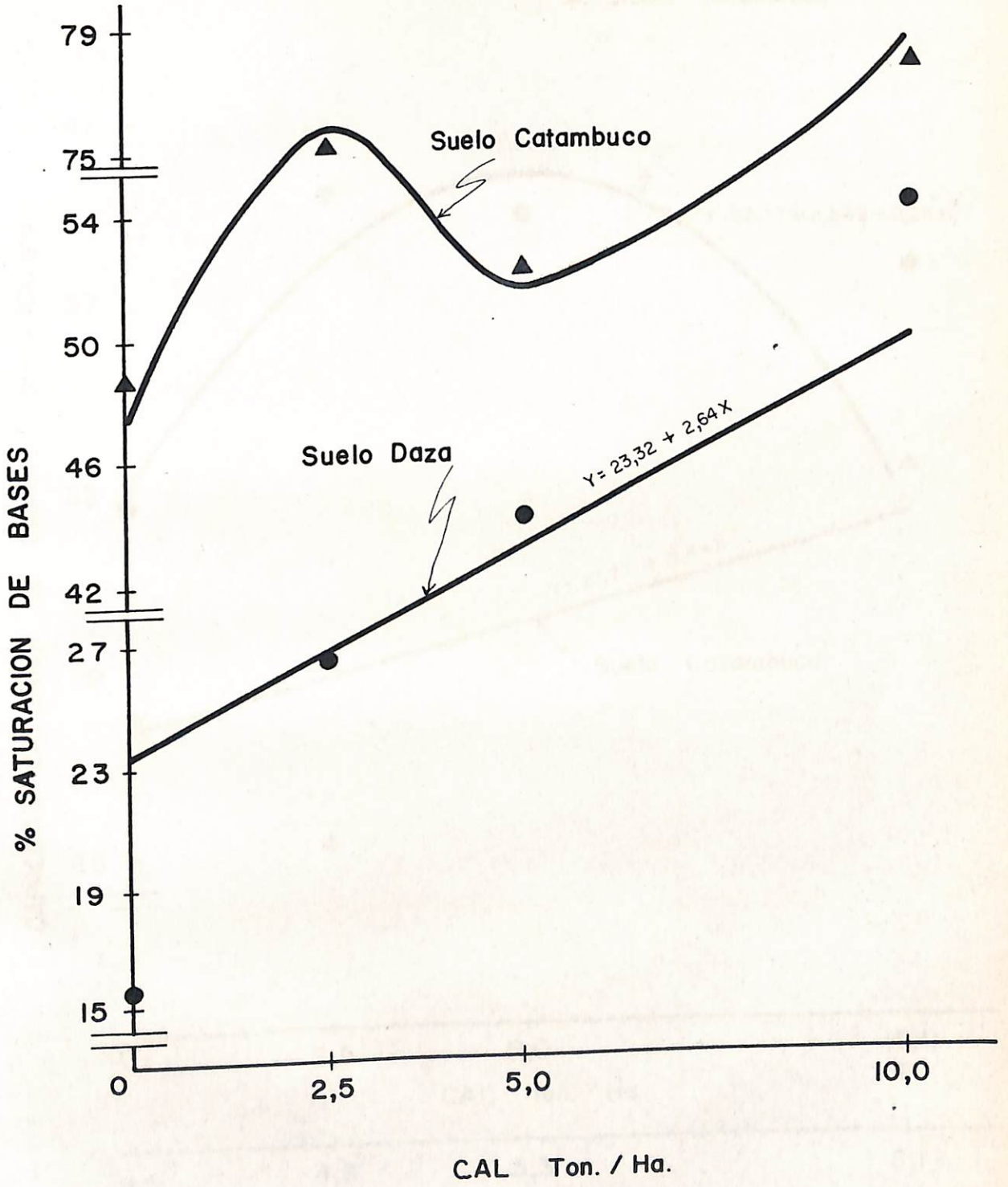


Fig. -9 - Efecto de los niveles de Cal sobre % de Saturación de Bases.

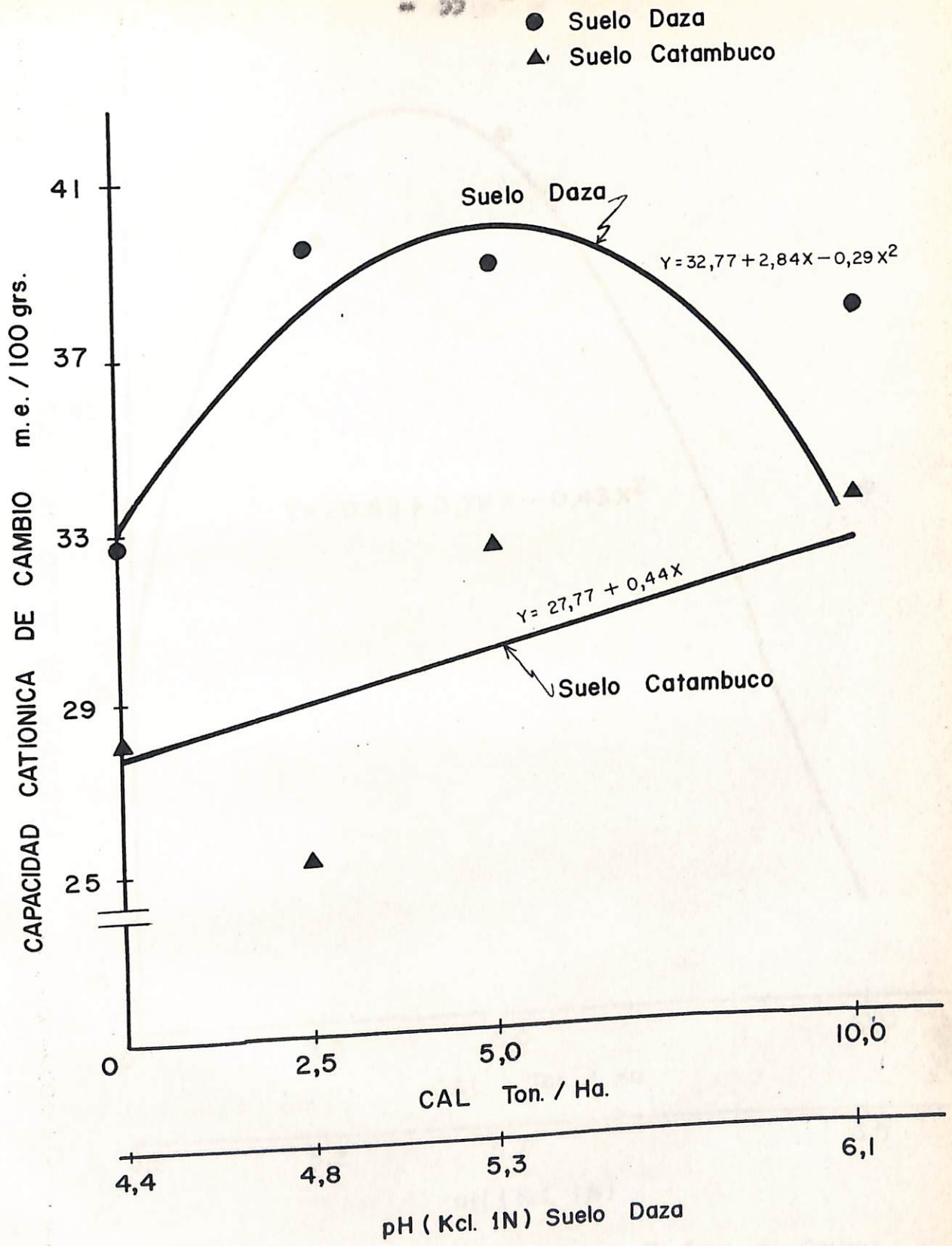


Fig. - 10 - Efecto de los niveles de Cal sobre la Capacidad Catiónica de Cambio.

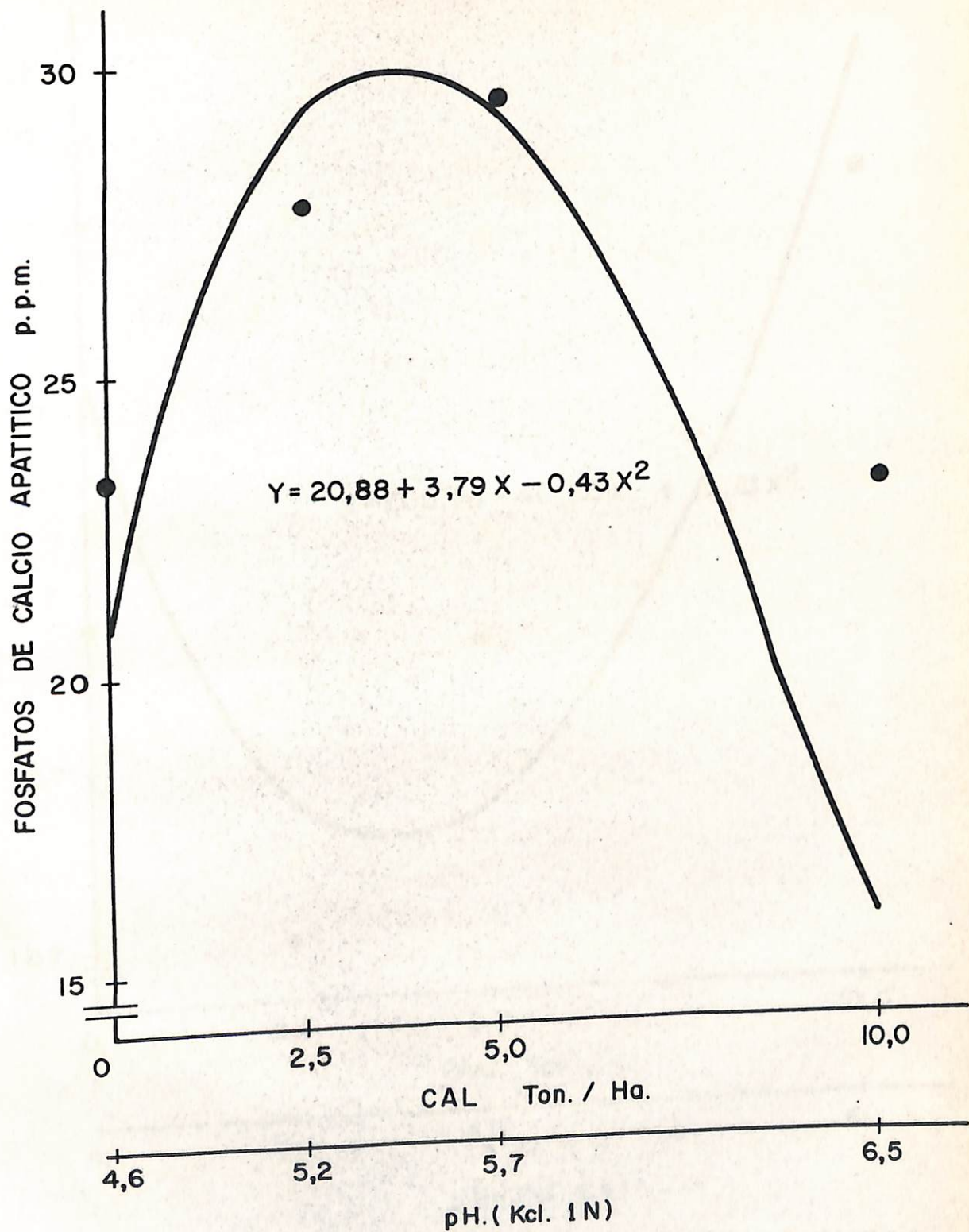


Fig. - 11 - Efecto de los niveles de Cal sobre los Fosfatos de Calcio Apatitico en los suelos estudiados.

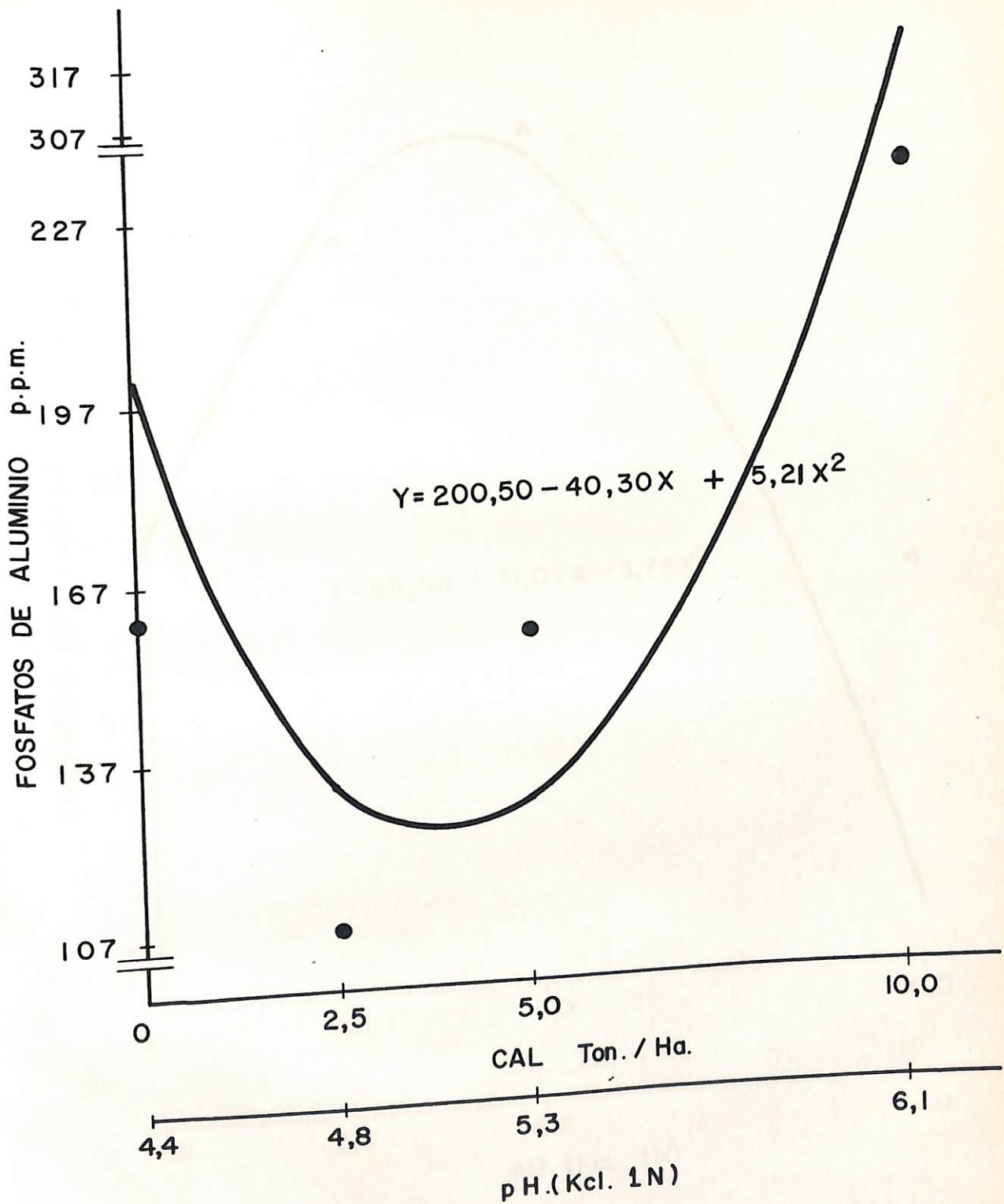


Fig. -12- Efecto de los niveles de Cal sobre los Fosfatos de Aluminio en el suelo Daza.

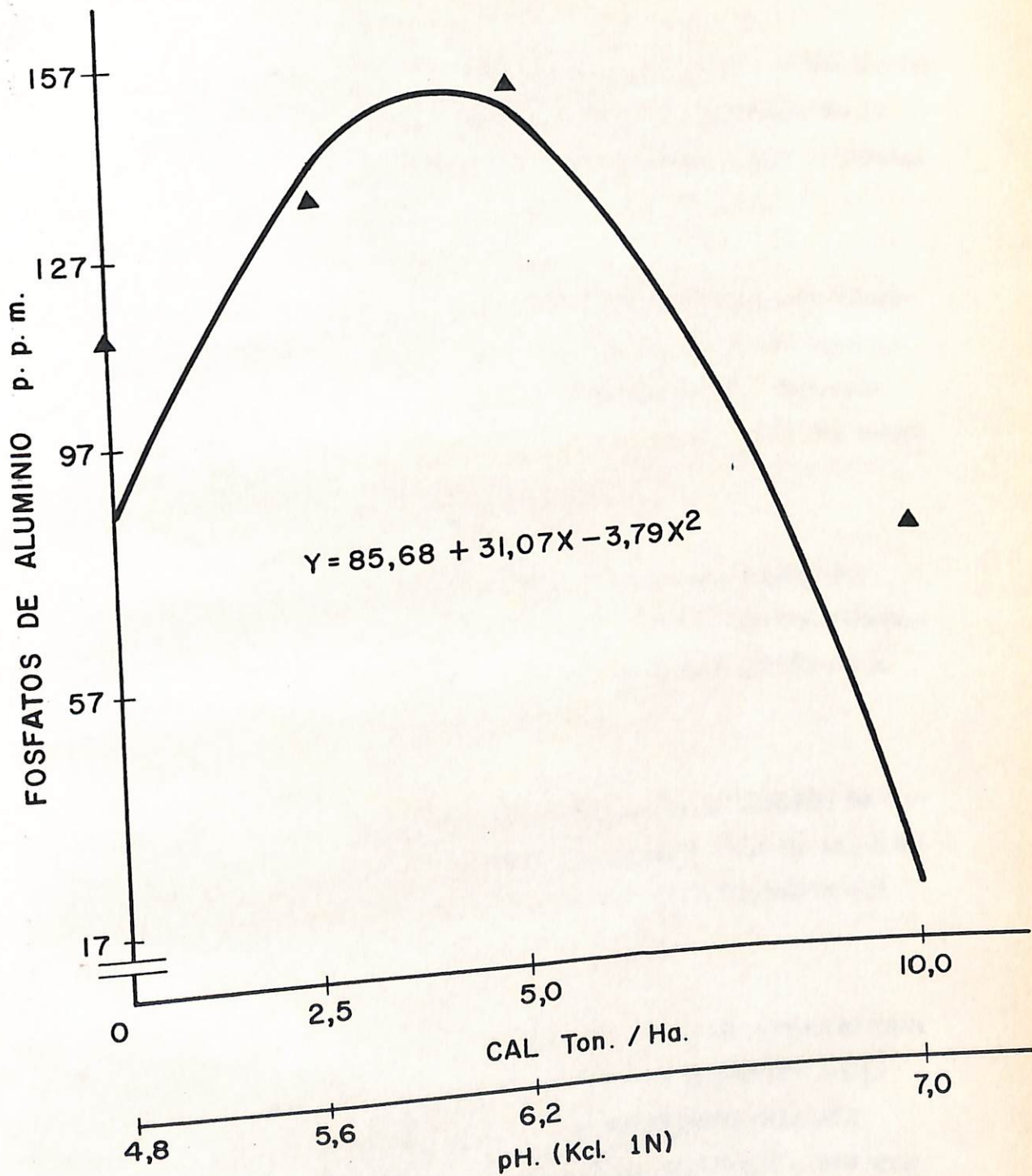


Fig. -13- Efecto de los niveles de Cal sobre los fosfatos de Aluminio en el suelo Catambuco.

V. CONCLUSIONES

1. El encalamiento incrementó el pH y disminuyó la acidez cambiante en los dos suelos experimentales. En ambos casos la tendencia de la respuesta fue lineal, pero el suelo Daza mostró una mayor capacidad de amortiguación.
2. El efecto de los niveles de cal sobre la neutralización del aluminio cambiante en el suelo Catumbuco fue nulo. En el suelo Daza la disminución del aluminio intercambiable obedeció a una tendencia cuadrática, pero tan solo se neutralizó entre el 21 y 26% del aluminio original.
3. El suelo Daza presentó niveles muy altos de aluminio cambiante (54% de Saturación) y, la adición de cal (5 Ton/ha) tan solo consiguió bajarlo a 35% saturación que aún podría causar problemas a los cultivos.
4. El calcio cambiante, la saturación de calcio y la saturación de bases respondieron directa y linealmente en el suelo Daza y, con tendencia cúbica en el suelo Catumbuco. La relación Ca/Mg respondió con tendencia cúbica en ambos suelos.
5. Se necesitaron 5 Ton/ha de cal para llevar a un nivel adecuado para la planta la saturación de calcio (31%) y la saturación de bases (43%) en el suelo Daza, mientras que para corregir su relación Ca/Mg invertida (0,23) tan solo se requirieron 2,5 Ton/ha. Los valores originales de calcio cambiante, saturación de calcio, saturación de bases y relación Ca/Mg se consideran adecuados en el suelo Catumbuco.

6. El encalamiento no afectó significativamente los niveles de potasio y magnesio extractables ni su saturación en ninguno de los suelos estudiados. El sodio extractable disminuyó linealmente por efecto de los niveles de cal en el suelo base.

7. En los dos suelos experimentales, al nivel más bajo de aplicación de cal (2,5 Ton/ha) la eficiencia de su transformación fue máxima (300%); conforme se aumentó el nivel de aplicación, la intensidad de transformación disminuyó hasta reducirse a la mitad (50%), cuando el nivel de aplicación fue de 10 Ton/ha.

8. La capacidad de intercambio catiónico se incrementó linealmente en el suelo Catubuco (29,06 a 33,00 me/100g).

En el suelo base la respuesta fue de tendencia cuadrática, incrementándose hasta el nivel de 5 Ton/ha. (pH: 5,3) y luego tendió a disminuir.

9. Los fosfatos de calcio no apáticos fueron independientes de los niveles de aplicación de cal en los suelos estudiados. Los fosfatos de calcio apáticos se incrementaron con los niveles de cal cuando el pH fue de 4,6 a 5,7 por encima de este valor de pH se presentó una disminución en su concentración.

10. El efecto de la cal sobre los fosfatos de hierro no fue detectable estadísticamente a cualquier nivel de aplicación ($p > 0,05$) en los suelos estudiados. Los fosfatos de aluminio respondieron en forma cuadrática en los dos suelos experimentales. La aplicación de un nivel bajo de cal (2,5 Ton/ha) en el suelo base, solubilizó el fósforo unido al aluminio, pero incrementó su "concentración" cuando

la dosis de cal fue mayor de 5 Ton/ha. En cambio, en el suelo Catanbauo la solubilización del fósforo unido al aluminio ocurrió a un nivel mayor de 5 Ton/ha. de cal.

11. La aplicación de cal no incidió significativamente sobre las concentraciones de fósforo aprovechable y fácilmente recuperable, ni sobre el fósforo orgánico de los suelos estudiados.

12. El suelo Dan presento requerimientos teóricos de cal superiores a los del suelo Catanbauo. El pH y la acidez cambiante, como criterios para calcular los requerimientos de cal, llevaron a la obtención de dosis mucho más altas que las que se obtuvieron con base en el aluminio cambiante. Sin embargo, ninguno de estos criterios ofrece confianza para estimar los requerimientos reales de cal en los suelos experimentales.

VI. RECOMENDACIONES

1. Sobre la base de los datos aportados en el presente estudio, se recomienda realizar trabajos de investigación en invernadero, relacionados con respuesta de las propiedades del suelo al enmiado y sus relaciones con la planta. Este tipo de investigación se justifica en suelos de condiciones similares a las del suelo Base.
2. Se considera de particular interés comprobar la hipótesis planteada en el sentido de que la incubación en húmedo y el encalesamiento tienden a liberar el aluminio complejado en compuestos orgánicos, bajo condiciones de suelos similares a los del estudio. A este respecto también valdría la pena investigar la fluctuación estacional del aluminio cambiante.
3. Suelos similares en sus características a los del suelo Base, requieren aplicación de cal en dosis bajas (2-3 Ton/Ha). Suelos semejantes al suelo Catambuco -de amplia distribución en el Altiplano- no requieren, desde el punto de vista de su acidez y deficiencia química de los nutrientes mayores, aplicaciones de enmiendas calcáreas.

VII. RESULTOS

Se estudió el comportamiento de algunas propiedades químicas a la aplicación de cal en dos suelos del sitio de Factor "Dama" calificando tentativamente como Indapt y "Catanhuano" como Tropet. Se aplicaron, bajo condiciones de laboratorio, diferentes niveles de cal (0, 2,5 5,0 y 10,0 Ton/Ha) utilizando como fuente $Ca(OH)_2$ y sometiendo a los suelos experimentales a un período de incubación de seis meses.

El encalamiento incrementó el pH y disminuyó la acidez cambiante en los dos suelos. En el suelo Dama la saturación de aluminio disminuyó de 54% (Testigo) a 35% (5 Ton/Ha) lo cual significó una neutralización del 21 al 24% del aluminio cambiante original. En el suelo Catanhuano el aluminio no mostró ningún efecto.

El calcio cambiante, saturación de calcio y la saturación de bases aumentaron por efecto de la adición de cal, lográndose un nivel adecuado para la planta con 5 Ton/Ha. en el suelo Dama, mientras que en el suelo Catanhuano los valores originales se consideraron abundantes. La relación Ca/Mg resultó con tendencia crítica en ambos suelos, necesitándose 2,5 Ton/Ha para corregir esa relación invertida (0,23), en el suelo Dama.

El encalado no afectó significativamente los niveles de potasio y magnesio cambiables. El sodio cambiante disminuyó linealmente con los niveles de cal en el suelo Dama.

Al nivel más bajo de aplicación de cal (2,5 Ton/Ha) la eficiencia de su transformación fue máxima (100%) en los suelos experimentales. Al aumentar la dosis de aplicación (10 Ton/Ha) la intensidad de trans-

formación disminuyó en un 50%.

La capacidad de intercambio catiónico aumentó proporcionalmente al incremento de los niveles de cal en el suelo Catahuaco, mientras que en el suelo Daza se incrementó hasta 5 Ton/ha. y luego tendió a disminuir.

La adición de cal no afectó los fosfatos de calcio no apatíticos ni los fosfatos de hierro. Así mismo, el ensalado no incidió sobre el P-Orgánico, P-Aprovechable y P-Eficiencia Remplazable. La respuesta de los fosfatos de aluminio dependió del suelo, mientras que la correspondiente a los fosfatos de calcio apatíticos fue cualitativa y estadísticamente similar en los dos suelos estudiados.

Los requerimientos teóricos de cal del suelo Daza fueron mayores a los del suelo Catahuaco, pero ninguno de los criterios utilizados para su cálculo (aluminio cambiante, ácidos cambiante, pH) dio resultados satisfactorios.

En base a los resultados encontrados, se recomienda desarrollar trabajos tendientes a determinar las relaciones ósmole-propiedades químic-planta y a comprobar la hipótesis planteada en el sentido de que el ensalado y la incubación en húmedo tienden a liberar aluminio de los complejos orgánicos. El suelo Daza y sus similares requieren aplicaciones de cal en dosis bajas (2-3 Ton/ha.), en tanto que el suelo Catahuaco y sus relacionados no necesitan ensalado.

The behavior of some chemical properties to liming was studied in two soils of Porto Highland: "Daza" classified as Aniept and "Catanhuco" as Troypot. Different levels of lime (0, 2,5 5,0 and 10,0 Ton/ha), using as source Ca(OH)_2 were applied in laboratory conditions, the soil were put six months in incubation.

Liming increased the pH and decreased the exchangeable acidity in both soils. In Daza soil aluminum saturation decreased from 54% (Control) to 35% (5 Ton/ha) signifying a neutralization from 21 to 24% of original exchangeable aluminum. In Catanhuco soil Aluminum does not show any effect.

Exchangeable calcium, saturation calcium and basis saturation increased by lime addition, getting an appropriate level to the plant with 5 Ton/ha on the Daza soil, while in Catanhuco soil original values was considered adequate. Ca/Mg relation answered with a cubic tendency in both soils, it is necessary 2,5 Ton/ha to correct that inverse relation (0,23) in the Daza soil. Liming did not affect significantly exchangeable potassium and magnesium levels. Exchangeable sodium decreased linearly with levels of lime in Daza soil.

Efficiency of lime transformation in experimental soil was maximum (100%) at the lowest level of application (2,5 Ton/ha). Intensity of transformation decreased about 50% by increasing dosage of application (10 Ton/ha).

The cation exchangeable capacity increased proportionally with the increase of lime levels in Catanhuco soil, while in the Daza soil it

was increased up to 5 Ton/ha. and then decreased.

Liming did not effect either non-apatitic-calcium phosphates or Fe-phosphates. Liming did not affect organic-P, available-P and easily exchangeable-P. The response of Al-phosphates depended on soil, while that related with apatitic-calcium-P was quadratic and statistically similar in the two soils.

The theoretic requirements of lime on the Dasa soil were greater than those obtained in Catusbuco, but none of criteria used for calculating requirements (exchangeable aluminum, exchangeable acidity, pH) gave good results.

In agreement with the results, to develop studies for determining-chemical properties-plant relationships and for proving hypothesis that the liming and the wet incubation have the tendency to liberate aluminum from organic compounds is recommended. Dasa soil and similar ones need low lime applications (1-3 Ton/ha), while Catusbuco soil and related do not need any liming.

... ..
... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

... ..
... ..
... ..
... ..

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ABREU, F., VIEHNER-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. ABREU, F. et al. Crop response 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 podsollic soils. Soil Science Society of America Proceedings 26: 657-661. 1962.
4. ADAMS, F. y LIND, Z.F. Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils. Soil Science 101: 193-196. 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 N° 12. American Society of Agronomy. 1967. pp: 161-206.
6. ALGOFORADO, R.C. Mineralización de Sulfuro en suelos de Pacífico de Costa Rica. Tesis de Magister Científico. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1972. 76p.
7. ARIAS, H.A. y GUERRERO, R.R. Algunas propiedades físicas de los suelos y los derivados de conchas volcánicas de Pasto, Colombia, determinadas por diferentes métodos. Turrialba 21 (4): 393-403. 1971.

8. ARNON, D.I., PRATNE, W.E. y JOHNSON, C.H. Hydrogen ion concentration in relation to absorption of inorganic nutrients by higher plants. *Plant physiology* 17 (4): 513-524. 1942.
9. BISH, R.H. Aluminum and iron phosphate studies relating to soils. I. Solution and hydrolysis of variscite and strengite. *Journal of Soil Science* 14 (1): 113-123. 1963.
10. BALBIDI, F., MULLER, L. y PASSENER, H.N. Estudios del fósforo en suelos de América Central. III. Comparación de cinco métodos químicos de análisis de fósforo disponible. *Turrialba* 10 (4): 348-359. 1968.
11. BARI, A. Efecto de la cal en la disponibilidad de fósforo en los suelos de el Saraguro. *Colba* 10 (2): 62-67. 1964.
12. BARI, A. y RITCHER, C. Effect of lime on availability of soil phosphorus. *Colba* 10 (1): 22-29. 1964.
13. BEHAVINS, 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.
14. BLASCO, L.M. Conferencias de suelos II. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Facultad de Agronomía, 1963. 427p (En minografía).
15. _____ El fósforo orgánico y su metabolismo en los suelos. XIII Coloquio de Suelos: "El fósforo en some tropicales". Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá. 1973. 19p (En minografía).

16. BERNHEIMER, E., IAROCCHI, F.A. y FASSBENDER, H.W. Effects of lime on some chemical characteristics of a Costa Rica latosol. Soil and Crop Science Society of Florida 27: 219-226. 1967.
17. DURBAN, O.B. y MARTIA, B.A. Efecto de la adición de cal y silicio sobre formas y fijación de fósforo en suelos de Itzile y Putuay. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Maribó, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1973. 79p.
18. DURBAN, O.B. et al. Algunos aspectos del encalado en suelos del altiplano de Puno. Revista de Ciencias Agrícolas 1 (2): 51-64. 1969.
19. CABALA, P.R. y FASSBENDER, H.W. Efecto del encalado en las formas y disponibilidad de fosfatos en suelos de la región caucetana, Bahía, Brasil. Turrialba 21 (1): 38-46. 1967.
20. CALHUN, F., CARLINE, V. y IJMA, G. Properties and genesis of selected Colombian latosols. Soil Science Society of America Proceedings 36 (3): 480-484. 1972.
21. COLEMAN, H.F., KEMPRATH, R.J. y WEBB, S.B. Liming. In Nommán, A.J. ed. Advances in Agronomy 10: 475-522. New York, Academic Press Inc. 1958.
22. COLEMAN, H.F., HAGLAND, J.L. y CRAIG, D. An unexpected reaction between Al-clay or Al-oxal and CaCl_2 . Soil Science Society of America Proceedings 24: 419-420. 1960.
23. COLEMAN, H.F. y THOMAS, G.V. The basic chemistry of soil acidity. In Soil Acidity and Liming. Nommán, R.H. y Adams, F. ed.

23. Agronomy Monograph No. 12. American Society of Agronomy. 1967.
pp. 1-41
24. COLEMAN, H.C., HEND, 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.
25. CHUJIB, S.C. Efecto de la adición de carbonato de calcio y nitrato de potasio triple en la Mineralización del Fósforo en Suelos Volcánicos de la Sabana de Túqueracá, Noroeste, Colombia. Tesis de Ingeniería Agrícola. Universidad de Noroeste, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1973. 63p.
26. CHANG, S.C. y JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science Society of America Proceedings 64: 133-137. 1957.
27. CHAVES, E., PARRA, F. y IBARRA, L. Conservación de la capacidad de intercambio catiónico total determinada por cuatro métodos en suelos del Altiplano de Puno. Revista de Ciencias Agrícolas 5 (1). (En prensa).
28. DUBAR, A.D. y BARR, D.E. Use of isotopic dilution in a study of inorganic phosphorus fractions from different soils. Soil Science Society of America Proceedings 29 (2): 259-262. 1965.
29. EVANS, C.R. y KEMPTH, E.J. Line response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. Soil Science Society of America Proceedings 34 (6): 893-896. 1970.

30. PASCHENBER, H.V. Efecto del encalado en la mejor utilización de fertilizantes fosfatados en un arenal de Costa Rica. *Fitotecnia Latinoamericana* 6 (1): 115-125. 1969.
31. PASCHENBER, H.V. y HOLIBA, R. Influencia de enmiendas calofreas y silíceas 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.0.2.1-C.2.12. 1969.
32. FINNELL, J.G. y SPRINGER, W.F. Forms of phosphate in labored fine sand after six years of heavy phosphate and lime applications. *Soil Science* 97: 320-327. 1964.
33. FINNELL, J.G. et al. Effects of soil acidity and lining of loam fine sand on the exchange properties and on water salinity as indicator plants. *Soil Crop Science Society of Florida Proceedings* 24: 52-63. 1964.
34. FOK, R.L. Phosphorus solubility and availability to plants and the aluminum status of Hawaii soils as influenced by lining. *International Society of Soil Science. Transaction of 73th. Joint Meeting. Commission IV and V. New Zealand. pp: 574-583. 1962.*
35. FINE, G.A. El enlucado 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 Tolima. 1971. pp: 1-29.*

36. GIBBON, J., BLASCO, H. y GIBBON, R.J. El calcio en los suelos volcánicos del Altiplano de Paro. *Revista de Ciencias Agrícolas* 4 (1): 5-12. 1972.
37. CHESTNUT, S.F. Effect of lining on the soil test level of phosphorus as determined by three methods. *Soil Science Society of America Proceedings* 35 (4): 540-542. 1971.
38. HALL, G.B. y HENNINGSON, R.A. Line induced manganese deficiency of strawberries. *Florida State Horticultural Society Proceedings* 69: 228-229. 1956.
39. HERRERA, A. y MEXIAS, J. Mineralización del fósforo orgánico en algunos suelos de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Huila, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 49p.
40. HINSHAW, C.C. y OSBORN, H.Y. The effects of lining on the availability of Fe and Mn on Soil Ca and pH on Davis fine sand. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 21-14-53.
41. HURRICAN, W.R. et al. Growth and Ca uptake by plants as affected by rate of lining. *Soil Science Society of America Proceedings* 25: 491-494. 1961.
42. HUI, P.H. y HENNING, 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.

43. HSU, P.H. y MENZIE, D.A. 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.
44. IGUE, E. y FUERTES, S. Retención y solubilización de $32P$ en suelos ácidos de regiones tropicales. *Turrialba* 21 (4): 429-434. 1971.
45. _____ Characterization of aluminum in volcanic ash soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 36 (2): 292-296. 1972.
46. JACKSON, H.J. Soil chemical analysis. Second ed. Prentice Hall Inc. N.J. 1960. 498p.
47. JERRY, R. Reflections on the soil acidity survey program. *Soil Science Society of America Proceedings* 25: 428-432. 1961.
48. JIMENEZ, P.J. y OCMERO, C.M. El aluminio como factor de acidez en varios suelos del Departamento de Narino. Tesis de Ingeniería Agrónoma. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. 1970. 93p.
49. KEMPHATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 34 (2): 253-254. 1970.
50. _____ Soil acidity and response to liming. Technical Bulletin # 4. International Soil Testing. North Carolina State University. 1967. 80p.

51. LABOQUE, F.A. Efectos de enlague sobre o consumo de traza de un Istosolo tropical e os teores de nutrientes absorbidos polo tomo. Tesis de grado de "Magister Scientiarum". Turrialba, Costa Rica, IICA. 1966. 75p.
52. LUGAR, L.B. y BLAIR, 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.
53. MACKENZIE, A.P. Inorganic soil phosphorus fractions of some Costa Rican soils as studied using isotopic exchange and solubility criteria. *Canadian Journal of Soil Science* 42: 150-155. 1962.
54. MARIN, M.G. La capacidad de intercambio catiónico y las bases intercambiables del suelo. *II ICA ed. Interpretación de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes*. Instituto Colombiano Agropecuario. 1971. 5p.
55. MARTINI, J.A. Algunas notas sobre el problema del enlague en los suelos del trópico. *Turrialba* 10 (3): 249-256. 1968.
56. MATSUZAKI, y SHENAN, D. Lime requirements of Hawaiian soils. *Hawaii Farm Science* 13 (3): 5-6. 1964.
57. MORNAGHY, S., HALLENTON, J.J. y DICKEY, D.A. Residual value of phosphates in relation to soil conditions. *Tech. Bull. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food* 20: 80-86. 1971. *Ministry of Agriculture, Northern Ireland (Original no consultado, reunido en Soils and Fertilizers* 35 (2): 1483. 1972).

58. NOIRAN, E.O. y OJEDA, E.J. Effects of pH on the contributions of organic matter and clay to soil cation exchange capacity. *Soil Science Society of America Proceedings* 33 (6): 855-859. 1969.
59. NOIRAN, E.O., BERGOSKY, D.C. y LAKSHMIANAN, G. Aluminum in soils. VII. Inter-relationships of organic matter, lining and extractable aluminum with "permanent charge" (CEC) and pH dependent cation exchange capacity of surface soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 29: 374-378. 1965.
60. NOBILI, M., FURTESI, R. y IZZI, R. Efecto del enmielo en el complejo de cambio y movimiento de Calcio y Magnesio. *Terral-ita* 21 (3): 317-322. 1971.
61. HOSCHLER, V.N., JOHN, G.D. y THOMAS, G.W. Lime and soil acidity effects on alfalfa growth in a Red-Yellow podsollic soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 24: 507-509. 1960.
62. HINSHAW, P.R. y PERCH, H. Reaction products of applied phosphate in limed soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 32 (4): 493-496. 1968.
63. FRASCON, R.V., ANHUA, 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.

64. **PRECH, H.** Exchange acidity. In *Methods of Soil analysis*. American Society of Agronomy Monograph 9. (1): 905-913. 1965.
65. _____ *Lime Requirement*. In Black, C.A. ed. *Methods of soil analysis*. Part. 2. Agronomy Monograph No 9. American Society of Agronomy. 1965. pp: 927-932.
66. **BLUCKHEFF, D.L. y SHERMAN, G.D.** Extractable aluminum in some Hawaiian Soils. *Soil Science Society of America Proceedings* 27 (1): 39-41. 1963.
67. **PRADO, R.C.** El aluminio como factor de acidez en suelos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Bogotá, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1970. 105p.
68. **RAGLAND, J.L. y COLMAN, H.S.** The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth. *Soil Science Society of America Proceedings* 23: 355-360. 1959.
69. **RENE, H.C. y SHERR, H.E.** 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.
70. _____ *Lime requirements of Natal oxisols based on exchangeable aluminum*. *Soil Science Society of America Proceedings* 34 (4): 595-598. 1970.

71. REVELLO, G. Aspectos de fertilidad y acidez en los suelos del sector Villavieja-Santander (Cauca). Cali, Corporación Autónoma Regional del Cauca. 1971. 83p.
72. RIOS, V., MARTINI, J.A. y TRUJANA, R. Efecto del enraizamiento sobre la acidez y el contenido de aluminio y hierro extractible en nuevos suelos de Panamá. Turrialba 18 (2): 139-146. 1968.
73. RIZON, J.A. y SHENWAN, B.G. Effects of heavy lime applications to volcanic ash soils in the humid tropics. Soil Science 94: 19-27. 1962.
74. RODRIGUEZ, R. y CORRAL, 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.
75. ROSS, G.F., LAWTON, R. y BILIS, B.G. Lime requirement related to physical and chemical properties of nine Michigan soils. Soil Science Society of America Proceedings 28: 209-212. 1964.
76. SAIZ del RÍO, J.F. y DOMESTICA, R.S. Análisis químico de suelos. Turrialba, C.R. 1961. 107p.
77. SANTAMARÍA, G. y GONZÁLEZ, H. Influencia del carburo de calcio en las propiedades químicas de un suelo de la terraza de Villavieja (Cauca). Acta Agronómica 15 (1-4): 33-60. 1965.
78. SCHOLLENBERGER, C.J. y SIMS, J.T. Determination of cation exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Science 59: 14. 1945.

79. SEN GUPTA, M.N. y CHATTERJEE, A.N. Phosphorus in calcareous soils. *Journal of Soil Science and Food Agriculture* 13: 652-655. 1962.
80. 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.
81. SHERMAKER, H.E., HOLMAN, S.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.
82. SHOP, G.J. et al. Differential responses of grasses and legumes to lime and phosphorus fertilization. *Agronomy Journal* 53: 108-115. 1961.
83. SILVA, R.A. y SCHAEFER, R. Interacción entre materia orgánica y aluminio en un suelo hidromórfico derivado de cenizas volcánicas (Hati, Sur de Chile). *Terrae 21* (2): 149-156. 1971.
84. SPENCER, W.F. Distribution and availability of phosphates added to a labland fine soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 21: 141-144. 1957.
85. TINDALE, S.L. y NELSON, W.L. *Soil Fertility and Fertilizers*. Second ed. New York, MacMillan, 1967. 694p.
86. VIGNA, R.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.

87. VILLACHICA, L.R. y CHEVEDO, J.F. Efecto del enmielado en el rendi-
miento y la concentración de nutrientes en el sorgo. *Turrial-
ba* 22 (1): 11-17. 1972.
88. WOODHUFF, J.B. y EMERY, E.J. Phosphorus absorption maxima as
measured by the Langmuir isotherm and its relationship to phos-
phorus availability. *Soil Science Society of America Procee-
dings* 29: 143-150. 1965.
89. YUAN, T.L. Determination of exchangeable hydrogen in soil by a
titration method. *Soil Science* 88: 164-167. 1959.
90. _____ Some relationships among hydrogen, aluminum and pH
in solution and soil systems. *Soil Science* 95: 155-163. 1963.
91. YUAN, T.L. y FENHILL, J.C. Aluminum studies. II. The extraction
of aluminum from some Florida soils. *Soil Science Society of
America Proceedings* 23: 203-205. 1959.

TABLE I
 SUMMARY OF THE
 RESULTS OF THE
 INVESTIGATION

Year	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	Total
1	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000
2	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000
3	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000

APPENDICE

CONTINUED

Year	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	Total
1	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000
2	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000
3	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	100,000

* 100,000 of 1930
 * 100,000 of 1931
 * 100,000 of 1932

TAMBA I
TENDENCIA PARA MI
(SINLO X TRATAMIENTO)

DATA

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Fe
TOTAL	13,32	14,64	16,02	18,32			
L	-3	-1	+1	+3	20	4,47	1039,53 ⁺⁺
C	+1	-3	-1	+1	4	0,00	10,60 ⁺⁺
Cu	-1	+3	-3	+1	20	0,01	2,86 ^{M.S.}

CATAMBUCO

TOTAL	14,39	16,95	18,57	21,22	D	So	Fe
L	-3	-1	+1	+3	20	8,14	1894,76 ⁺⁺
C	+1	-1	-1	+1	4	0,00	0,13 ^{M.S.}
Cu	-1	+3	-3	+1	20	0,06	15,02 ⁺⁺

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

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

TAMA II

TENDENCIA PARA ACCIONES CANSIABLES
(CUELLO Y TRATAMIENTO)

DAZA

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	Sc	Fo
TOTAL	130,00	116,00	103,60	83,30			
L	-3	-1	+1	+3	20	387,60	656,94 ⁺⁺
C	+1	-1	-1	+1	4	3,30	5,59 [*]
Oa	-1	+3	-3	+1	20	1,50	2,54 ^{h.s.}

CATAMBUCO

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	Sc	Fo
TOTAL	57,55	44,50	37,60	25,80			
L	-3	-1	+1	+3	20	174,59	295,91 ⁺⁺
C	+1	-1	-1	+1	4	0,17	0,20 ^{h.s.}
Oa	-1	+3	-3	+1	20	1,82	3,00 ^{h.s.}

TABELA III

TENDENCIA PARA ALMOMO GAMBIAENS
(SUELO E TRATAMIENTO)

D A Z A

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0
TOTAL	54,24	42,66	41,33	41,24	41,24	41,24	41,24	41,24	41,24	41,24	41,24	41,24	41,24
L	-3	-1	+1	+3	20	21	60	27,22	20,62 ⁴⁴				
C	+1	-1	-1	+1	4	4	12	10,94	0,28 ⁴⁴				
Ca	-1	+3	-3	+1	20	20	60	1,36	1,03 ⁴⁴				
G A T A N B U C O													
TOTAL	6,74	5,65	6,26	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50
L	-3	-1	+1	+3	20	20	60	0,57	0,43 ⁴⁴				
C	+1	-1	-1	+1	4	4	12	0,92	0,69 ⁴⁴				
Ca	-1	+3	-3	+1	20	20	60	0,10	0,00 ⁴⁴				

TABLE IV

TENDENCIA PARA ALUMINO SATURACION, %
(PUNTO DE TRATAMIENTO)

DATA

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	50	Po
TOTAL	163,97	108,68	106,85	111,37			
L	-3	-1	+1	+3	20	424,69	29,60 ¹⁺
C	+1	-1	-2	+1	4	298,10	29,36 ¹⁺
Ca	-1	+3	-3	+1	20	36,98	2,92 ^{1+,2+}

CATAMBUCO

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	50	Po
TOTAL	23,95	23,29	19,62	29,53			
L	-3	-1	+1	+3	20	0,01	0,008 ^{1,2}
C	+1	-1	-1	+1	4	3,59	0,24 ^{1,2}
Ca	-1	+3	-3	+1	20	2,64	1,0,18 ^{1,2}

TABLA V

TENDENCIA PARA CALCIO CAMBIABLES
(SUELDO = TRATAMIENTO)

DATA

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Po
TOTAL	2,42	23,20	36,30	46,70			
L	-3	-1	+1	+3	20	353,46	56,96**
O	+1	-1	-1	+1	4	8,00	2,41 M.S.
Ca	-1	+3	-3	+1	20	0,36	0,05 M.S.

CATAMBUGO

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Po
TOTAL	25,60	42,55	27,45	56,90			
L	-3	-1	+1	+3	20	103,49	16,90**
O	+1	-1	-1	+1	4	13,02	2,08 M.S.
Ca	-1	+3	-3	+1	20	97,79	15,67**

TABLA VI

VEREDENCIA PARA CALCIO SATURACION, β
(SUELO E TRATAMIENTO)

D A S A

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	30	Po
TOTAL	7,30	58,80	93,66	124,40			
L	-3	-1	+1	+3	60	2405,32	55,79 ⁺⁺
C	+1	-1	-2	+1	12	35,92	0,80 ^{H.S.}
Cu	-2	+3	-3	+1	60	2,61	0,05 ^{H.S.}

C A S A H B U G O

TOTAL	51,11	108,71	84,57	171,27	D	30	Po
L	-3	-1	+1	+3	60	407,36	9,14 ⁺
C	+1	-1	-2	+1	12	6,90	0,15 ^{H.S.}
Cu	-1	+3	-3	+1	60	2843,69	41,35 ⁺⁺

TARIFA VII

TERMINALIA PARA SODIO CAMBIABLE

(SUELDO + TRATAMIENTO)

DATA

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Po
TOTAL	0,93	0,73	0,59	0,39			
L	-3	-1	+1	+3	20	0,05	30,35 ^{1*}
C	+1	-1	-1	+1	4	0,00	0,00 ^{1,5.}
Cu	-1	+3	-3	+1	20	0,00	0,11 ^{1,5.}

CATARIBUGO

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Po
TOTAL	0,52	0,40	0,60	0,46			
L	-3	-1	+1	+3	20	0,00	0,03 ^{1,5.}
C	+1	-1	-1	+1	4	0,00	0,47 ^{1,5.}
Cu	-1	+3	-3	+1	20	0,00	1,70 ^{1,5.}

COLUMBIA

TABLA VIII
TENDENCIA PARA LA RELACION Ca^{++}/Mg^{++}
D. K. S. S. A.

(TRATAMIENTO)

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Fo
TOTAL	7,61	25,60	12,93	59,70	20	180	5,80*
L	-3	-1	+1	+3	4	24	1,13
C	+1	-1	-1	+1	20	180	10,70**
Ca	-1	+3	-3	+1	20	180	10,70**

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Fo
TOTAL	58,12	55,75	25,29	23,23	20	60	1,50*
L	-2	-1	-1	+3	4	12	0,30**
C	+1	-1	-1	+1	20	60	1,50**
Ca	-1	+3	-1	+1	20	60	1,50**

TABLA IX
 TENDENCIA PARA SATURACION DE BASES, %
 (SUELO x TRATAMIENTO)

D A 2 A

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	D	So	Fo
TOTAL	46,35	79,76	129,14	162,62			
B	-3	-1	+1	+3	20	2634,63	31,90 ⁺⁺
C	+1	-1	-1	+1	4	0,00	0,00 ^{U.S.}
Ca	-1	+3	-3	+1	20	17,14	0,20 ^{U.S.}
G A T A N D U G O							
TOTAL	146,32	225,76	156,59	213,12			
B	-3	-1	+1	+3	20	609,48	7,36 ^c
C	+1	-1	-1	+1	4	0,70	0,00 ^{U.S.}
Ca	-1	+3	-3	+1	20	1443,61	17,48 ⁺⁺

TABLA I

TENDENCIA PARA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO
(SUELO Y TRATAMIENTO)

DATA

TRATAMIENTO	0	2,5	5,0	10,0	20	60	50	Po
TOTAL	99,40	117,00	116,50	112,00				
L	-3	-1	+1	+3	20	60	25,09	3,05 ^{M.S.}
C	+1	-1	-1	+1	4	12	41,07	5,00 [†]
Ca	-2	+3	-3	+1	20	60	5,16	0,62 ^{M.S.}
CATARBUCCO								
TOTAL	84,20	75,70	96,90	99,72				
L	-3	-1	+1	+3	20	60	76,52	9,33 [†]
C	+1	-1	-1	+1	4	12	10,67	1,30 ^{M.S.}
Ca	-2	+3	-3	+1	20	60	36,52	4,69 ^{M.S.}

TERMINA PARA P-Ca AFATICO
(TRATAMIENTO)

TERMINA PARA P-Ca AFATICO

(TRATAMIENTO)

	0	2,5	5,0	10,0	20	30	50	70
TOTAL	139,37	166,13	176,23	138,11				
L	-3	-2	+1	+3	20	120	0,33	0,01 N.5.
C	+1	-1	-1	+1	4	24	175,39	8,10*
Ca	-1	+3	-3	+1	20	120	8,30	0,30 N.5.

TABLA XII
 TENDENCIA PARA P-41
 (SUMO ± TRATAMIENTO)

D A S A

TREATMENT	0	2,5	5,0	10,0	D	30	70
TOTAL	484,68	323,12	470,24	699,87			
L	-3	-1	+1	+3	20	60	9,67 ⁺⁺
C	+1	-1	-1	+1	4	12	11,78 ⁺⁺
Ca	-1	+3	-3	+1	20	60	0,76 ^{N.S.}

1
N
1

C A T A R B U G O

TOTAL	246,49	406,30	453,67	226,66	D	30	70
L	-3	-1	+1	+3	20	60	1,51 ^{N.S.}
C	+1	-1	-3	+1	4	12	6,23 [*]
Ca	-1	+3	-3	+1	20	60	1,03 ^{N.S.}

TABLE XIII

ANALISIS DE VARIANZA PARA INI

FUENTES DE VARIACION	D.F.	S.S.	M.S.	F ₀	F ₁	
				15	55	
SUELOS	1	3,24	3,24	2165,80**	21,20	7,71
SECTOR (c)	4	0,006	0,001			
TRATAMIENTOS	3	12,46	4,15	965,08**	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	0,31	0,10	24,55**	5,95	3,49
SECTOR (b)	12	0,05	0,004			
TOTAL	23	16,08	0,69			

TAMA XIV

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACIQUES CAMBIABLES

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F ₀	
SUELOS	1	2984,85	2984,85	1025,78**	21,20	7,72
SEME (a)	4	11,65	2,91			
TRATAMIENTOS	3	545,53	182,84	300,20**	5,95	3,49
SEME X TRATAMIENTO	3	23,46	7,82	23,25**	5,95	3,49
SEME (b)	12	7,10	0,59			
TOTAL (a)	23	3572,61	155,23			

TABLA IV

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ALBERGO CARRIZALIA

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F _t	
					15	35
REPES	1	966,35	966,35	792,09**	21,20	7,71
ERRORES (a)	4	4,80	1,22			
TRATAMIENTOS	3	19,74	6,58	4,95*	5,95	3,49
SUENO Y TRATAMIENTO	3	21,20	7,09	5,37*	5,95	3,49
ERRORES (b)	12	15,92	1,32			
TOTAL	23	1.028,17	44,70			

TABLA XVI

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA AL¹⁰⁰ - SATURACIÓN, \$

FUENTES DE VARIACION	C.L.	D.G.	C.M.	F ₀	F ₀	F ₀
SUELOS	1	6616,10	6616,10	2033,76**	21,20	7,71
ERROR (a)	4	52,63	6,40			
TRATAMIENTOS	3	403,04	134,34	9,17**	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	363,00	121,00	8,26**	5,95	3,49
ERROR (b)	12	175,72	14,64			
TOTAL	23	753,49	329,71			

TAMA XVII

ANALISIS DE VENTANA PARA C⁴ - CARBONALES

FORMAS DE VARIACION	O.I.	S.C.	C.M.	Po	Pt	
SUELOS	1	60,59	60,59	9,94	21,20	7,72
BIOM (a)	4	32,43	6,10			
TRATAMIENTO	3	476,53	158,84	25,49	5,95	3,49
SUELO + TRATAMIENTO	3	102,40	24,33	5,46	5,95	3,49
BIOM (b)	12	74,99	6,24			
TOTAL	23	766,94	33,34			

TABLE XVII

ANALYSIS OF VARIANCE FOR CO² - SATURATION, \bar{p}

SOURCES OF VARIATION	D.F.	S.S.	C.M.	F ₀	P ₀	
					1%	5%
TOTALS	1	2,233.01	2,233.01	39,53 ⁺⁺	21.20	7.71
ERROR (a)	4	225.93	56.48			
TREATMENT	3	3,456.67	1,152.22	125.82 ⁺⁺	5.95	3.49
STUDY & TREATMENT	3	1,330.94	443.64	9,96 ⁺⁺	5.95	3.49
ERROR (b)	12	534.79	44.54			
TOTAL	23	7,775.34	338.04			

TABLA XIX

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA t^2 - CANTONALES

FUENTES DE VARIACION	D.F.	S.C.	C.V.	F ₀	F ₁
SUELOS	2	5,179	5,179	579,00 [†]	22,20
ERROR (a)	4	0,05	0,01		1,73
TRATAMIENTO	3	0,19	0,06	1,50 [†]	5,95
SUELO x TRATAMIENTO	3	0,21	0,07	2,15 [†]	5,95
ERROR (b)	12	0,40	0,04		
TOTAL	23	6,12	0,29		

TABLA XI

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA T_0^{**} - CIUDADES

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F ₀	
					1%	5%
SUBLOS	1	6,29	6,29	4,22 ^{N.S.}	21,20	7,71
SEXO (a)	4	5,90	1,49			
TRATAMIENTO	3	23,34	7,78	2,24 ^{N.S.}	5,95	3,42
SUBLO Y TRATAMIENTO	3	3,54	1,18	0,37 ^{N.S.}	5,95	3,42
SEXO (b)	12	41,92	3,46			
TOTAL	23	81,07	3,52			

TABLA XII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ²⁰ - REVENUCACION, \$

TIPO DE VARIACION	C.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F ₀	F ₀
BULOS	1	108,29	108,29	4,05 ^{M.S.}	21,20	1,7,73
BUCO (a)	4	106,94	26,73			
TRATAMIENTO	3	61,94	20,64	1,14 ^{M.S.}	5,95	3,3,49
BUCO x TRATAMIENTO	3	22,62	7,54	0,41 ^{M.S.}	5,95	3,3,49
BUCO (b)	12	235,98	17,99			
TOTAL	20	515,67	25,42			

TABLA XXII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA HO² - CARIOLABIA

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F _c	
					15	5%
SUELOS	1	0,01	0,01	140,00**	21,20	7,72
REPOS (a)	4	0,0005	0,0001			
TRATAMIENTO	3	0,03	0,01	5,94*	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	0,02	0,003	4,91*	5,95	3,49
REPOS (b)	12	0,02	0,001			
TOTAL	23	0,09	0,003			

TIENDA XIII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RELACION Ca^{++}/Mg^{++}

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F _α	
					1%	5%
SUELOS	3	9,37	0,37	0,34 ^{0,5}	21,29	7,71
ERRORES (a)	4	4,04	1,06			
TRATAMIENTO	3	41,70	13,92	5,60 ⁺	5,99	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	6,35	2,05	1,26 ^{0,5}	5,99	3,49
ERRORES (b)	12	29,46	2,45			
TOTAL	23	84,90	3,66			

TABLA XXIV
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA BASES - SATURACION, A. C. 1950

FUENTES DE VARIACION	D.F.	S.C.	C.M.	F ₀	F ₀ Ft	
					1%	5%
SUELOS	1	4922,64	4922,64	19,73,12**	24,22,20	7,7,72
SECTOR (a)	4	269,30	67,32			
TUATAMICHO	3	3462,61	1154,20	13,97**	20,25,25	3,3,49
SUELO x TUATAMICHO	3	1342,50	447,50	5,5,01*	20,25,25	3,3,49
SECTOR (b)	12	991,03	82,58			
TOTAL	23	10000,56	473,41			

TABLA XIV

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA CAPACIDAD CÁTICA DE CAMBIO

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F _α	
					1%	5%
SUELOS	1	338,20	338,20	96,00**	21,20	7,71
EROS (a)	4	13,80	3,45			
TRATAMIENTO	3	107,30	35,76	4,36*	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	69,75	23,25	3,54*	5,95	3,49
EROS (b)	12	98,43	8,20			
TOTAL	23	647,36	28,14			

TABLA XVI

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA FOSFATOS DE CALCIO NO ABREVIORES

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F _t	
SUELOS	1	79,75	79,75	7,08 ^{10.0}	21,20	7,71
ERROS (a)	4	45,01	11,25			
TRATAMIENTO	3	66,23	22,07	1,42 ^{10.0}	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	118,62	39,54	1,50 ^{10.0}	5,95	3,49
ERROS (b)	12	249,49	20,79			
TOTAL	23	581,10	25,26			

TABLA XVII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA P-CALZADO ARCTICO

FUENTES DE VARIACION	C.G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F _t	
SUELOS	3	526,40	526,40	36,07**	21,20	7,71
ERROR (a)	4	98,39	24,59			
TRATAMIENTO	3	184,02	61,34	2,96 ^{1.5.}	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	255,13	51,71	2,41 ^{1.5.}	5,95	3,49
ERROR (b)	12	257,23	21,43			
TOTAL	23	1161,17	50,35			

TAMPA ASVILLE

ANALISIS DE VARIANZA PARA FONDOS DE FIERRO

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F ₀	
					2%	5%
SUMOS	2	2220,06	2220,06	21,51**	21,20	7,72
EROR (a)	4	4142,06	1035,52			
TRATAMIENTO	3	1554,06	518,02	1,12 ^{N.S.}	5,95	3,49
SELO Y TRATAMIENTO	3	2964,06	987,29	2,14 ^{N.S.}	5,95	3,49
EROR (b)	12	5515,30	459,60			
TOTAL	23	36424,20	1584,96			

TABLE XXIX

ANALYSIS OF VARIANCE FOR P-VALUE

SOURCE OF VARIATION	D.F.	S.S.	C.M.	F ₀	F _t	
					1%	5%
TREATMENT	2	1248.36	624.18	5.90 ^{ns}	21.20	7.72
ERROR (a)	4	6321.55	1580.38			
TREATMENT	3	4321.89	1440.63	1.33 ^{ns}	5.95	3.49
TOTAL & TREATMENT	3	29234.74	9744.91	9.00 ^{**}	5.95	3.49
ERROR (b)	12	12559.22	1046.60			
TOTAL	23	67315.76	2926.77			

TABLA XXX

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA 1-APROXIMACIONES

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F ₀	F ₀	F ₀
SUELOS	1	3,67	3,67	0,10 ^{1/2}	21,20	7,73
TRATAMIENTO	3	60,59	20,19	1,54 ^{1/2}	5,95	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	50,03	16,67	1,27 ^{1/2}	5,95	3,49
ERROR (a)	4	139,22	34,80			
ERROR (b)	12	156,90	13,07			
TOTAL	23	410,41	17,84			

1/2
1/2

16 5%

TABLA XXI

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA P-VALORES RESPIRABLE

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.S.S.O.	C.M.	F ₀	F ₀
SUELOS	1	4,16	4,16	7,56 ^{M.S.}	7,71
ERRORES (a)	4	2,21	0,55		
TRATAMIENTO	3	5,03	1,67	0,99 ^{M.S.}	3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	3,52	1,17	0,69 ^{M.S.}	3,49
ERRORES (b)	12	20,16	1,68		
TOTAL	23	35,08	1,52		

1,5 58

TABLA XXXII

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA P-ORGANICO

FUENTES DE VARIACION	G.L.	S.G.	C.M.	F ₀	F _t
					$\frac{F_t}{1\%}$ $\frac{F_t}{5\%}$
SUELOS	1	2298,73	2298,73	52,20 ⁺⁺	21,20 7,73
SEME (a)	4	1694,93	424,23		
TRATAMIENTO	3	3562,52	1220,84	1,97 ^{M.S.}	5,95 3,49
SUELO x TRATAMIENTO	3	3003,94	667,98	1,08 ^{M.S.}	5,95 3,49
SEME (b)	12	7411,49	617,62		
TOTAL	23	36751,52	1597,89		

T
AN 15172

631.842

A786 Arteaga Obando Luis Ignacio

Ej. 1. Respuesta de algunas propiedades Químicas de aplicación de Niveles

NOMBRE

Nº del Carnet

NOMBRE

Nº del Carnet

NOMBRE

Nº del Carnet

NOMBRE

AN

T

631.842

A786

Ej.1.

15172