

716.

Inv. 26125

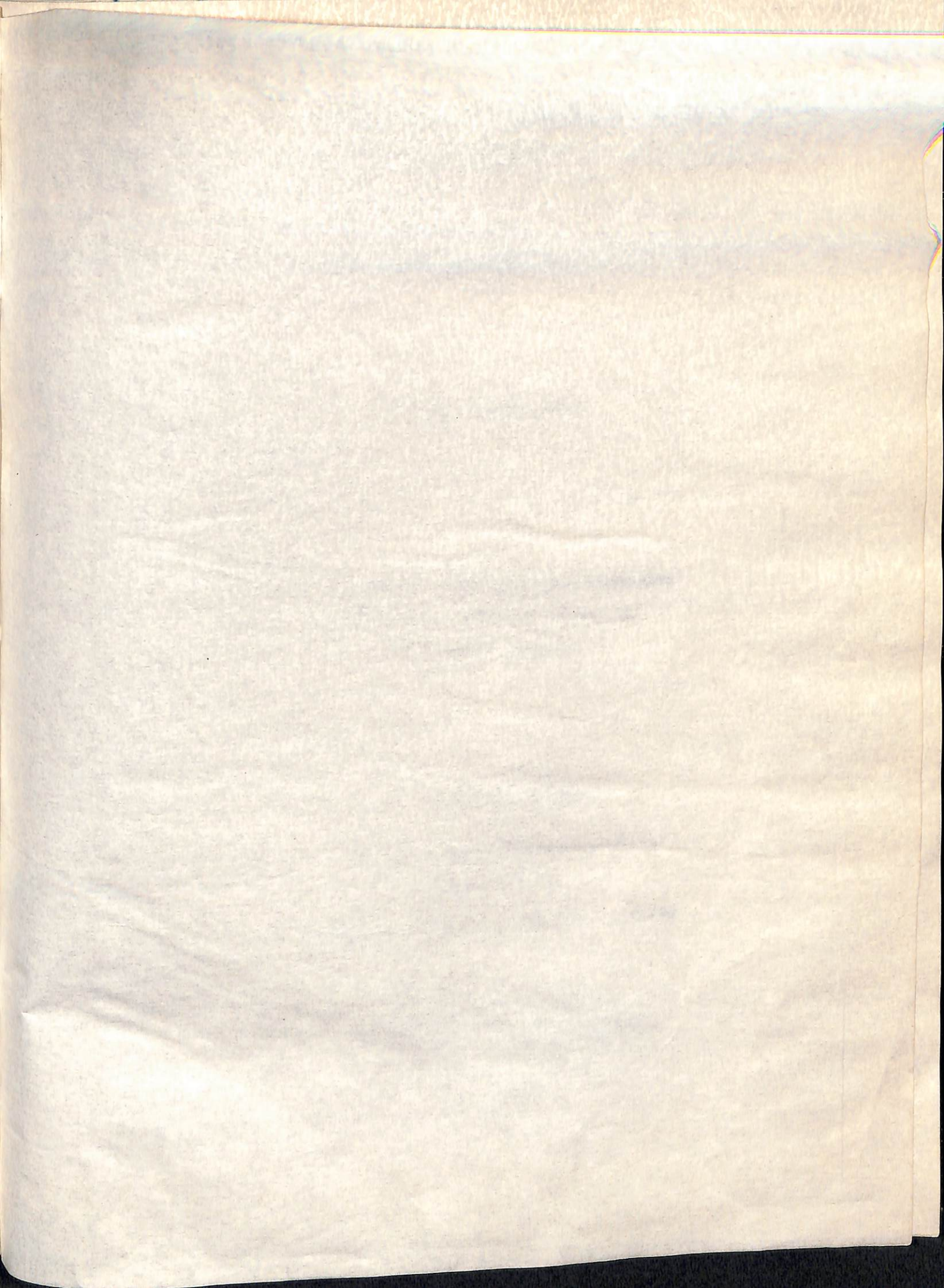
631.82

6123

91

OK ✓

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO



ALGUNOS ASPECTOS DEL CALSIC EN EL ALTIPLANO DE PASTO

Por

//
JORGE GADEAN REYES

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

Presidente de tesis

MARIO BLASCO LANENCA I.A., Ph.D.

Cocopresidente

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PASTO - COLOMBIA

1.971

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

Artículo 1º del Acuerdo No. 324 de 11 de Octubre de 1966,
emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad
de Mariño.

AN
T
631.4
Q 123

A LOS ESFUERZOS DE MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MI HIJO

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICÓ:

JORGE GADBAN REYES

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS	
No.	[REDACTED]
Valor	\$900.00
Fecha	10-VI-76
Fac.	Quindío
Librería	Editor

AGRADECIMIENTOS A :

MARIO BLASCO IANENGA I.A., Ph.D.

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

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRESILLA

JOAQUIN GANBOA JAINES I.A. M.Sc.

EFREN CORAL QUINTERO I.A.

HERNAN BURBANO ORJUELA I.A.

Facultad de Ciencias Agrícolas de la Uni-
versidad de Nariño.

Instituto Colombiano Agropecuario.

Todas las personas que en una u otra forma
colaboraron en el desarrollo del presente
trabajo.

	
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
BIBLIOTECA	
ALBERTO QUIJANO GUERRERO	
No. <u>26185</u>	Fac _____
Ej. _____	Vol _____
Lib _____	
Valor \$ _____	Don. _____ Can. _____ Com. _____
Fecha _____	Resp _____

	Pág.
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 CALCIO EN LOS SUELOS	3
2.2 ENCALAMIENTO.	4
2.3 EL CALCIO EN RELACION CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO.	5
III. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 MATERIALES	9
3.1.1 <u>Descripción del área.</u>	9
3.1.2 <u>Descripción del experimento</u>	10
3.2 METODOS	14
3.2.1 <u>Densidad aparente.</u>	14
3.2.2 <u>Humedad.</u>	15
3.2.3 <u>pH</u>	15
3.2.4 <u>Fraccionamiento del calcio</u>	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	18
4.1 FRACCIONES DE CALCIO	18
4.2 INFLUENCIA DEL ENCALAMIENTO EN LAS FRACCIONES DE CALCIO Y EN EL pH DE LOS SUELOS	31
V. CONCLUSIONES	49
VI. RECOMENDACIONES	50
VII. RESUMEN.	51
SUMMARY	52
VIII. BIBLIOGRAFIA	53

TABLAS

		Pág.
Tabla	I. Algunas características generales de los suelos de diferentes regiones del Altiplano, bajo condiciones de pradera.	12
Tabla	II. Algunas características generales de los subsuelos de diferentes regiones del Altiplano, bajo condiciones de pradera.	13
Tabla	III. Estado del calcio en el primer horizonte de algunos suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total . .	19
Tabla	IV. Estado del calcio en el segundo horizonte de algunos suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total . .	20
Tabla	V. Estado del calcio en el tercer horizonte de algunos suelos del Altiplano de Pasto. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total. . .	21
Tabla	VI. Estado del calcio en algunos perfiles del Volcán Galeras. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	22
Tabla	VII. Promedios de los estados del calcio en los suelos estudiados del Altiplano de Pasto. Dados como porcentajes del calcio total.	23
Tabla	VIII. Contenido máximo, promedio y mínimo de las distintas fracciones del calcio en los grupos de suelos estudiados. Resultados en ppm.	24
Tabla	IX. Estado del calcio al mes de aplicación del CO_3Ca en las matersas con suelo de Botana. Resultados	

	Pág.
en ppm. y como porcentaje del calcio total. .	32
Tabla X. Estado del calcio al segundo mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Botana. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	33
Tabla XI. Estado del calcio al tercer mes de aplicación del CO_3Ca en las materas con suelo de Botana. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	34
Tabla XII. Estado del calcio al mes de aplicación del CO_3Ca en las materas con suelo de Cujacal. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total. .	35
Tabla XIII. Estado del calcio al segundo mes de aplicación del CO_3Ca en las materas con suelos de Cujacal. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	36
Tabla XIV. Estado del calcio al tercer mes de aplicación del CO_3Ca en las materas con suelo de Cujacal. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	37
Tabla XV. Valores de pH obtenidos con la aplicación del CO_3Ca en las materas con suelo de Botana. . .	38
Tabla XVI. Valores de pH obtenidos con la aplicación del CO_3Ca en las materas con suelo de Cujacal. . .	39
Tabla XVII. Ecuaciones de regresión y coeficiente de correlación	46

	FIGURAS	Pág.
Figura 1.	Municipio de Pasto con las zonas del Altiplano estudiadas.	11
Figura 2.	Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el primer horizonte.	25
Figura 3.	Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el segundo horizonte	26
Figura 4.	Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el tercer horizonte	27
Figura 5.	Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el Volcán Galeras	28
Figura 6.	Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el Altiplano de Pasto	29
Figura 7.	Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Botana.	40
Figura 8.	Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al segundo mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Botana.	41
Figura 9.	Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio al tercer mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Botana.	42
Figura 10.	Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Cujacal.	43
Figura 11.	Resultados obtenidos en las distintas fracciones	

de calcio, al segundo mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Cujacal.	44
--	----

Figura 12. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al tercer mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Cujacal.	45
--	----

IV. INTRODUCCIÓN

El calcio es un nutriente que en las plantas desempeña un papel importante en la estructura celular y en la actividad enzimática. Su presencia es esencial para el desarrollo de las plantas, y especialmente, es esencial para establecer la estructura de los tejidos y para la actividad enzimática.

En el presente trabajo, se estudia el efecto de la aplicación de calcio en el cultivo de maíz en el suelo de Cujacal, en el Estado de Hidalgo.

Se han realizado varios trabajos en este sentido, pero ninguno de ellos ha considerado el efecto de la aplicación de calcio en el cultivo de maíz en el suelo de Cujacal, en el Estado de Hidalgo.

(1) Trabajo de tesis presentado para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agrícolas, en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente, en el Estado de Jalisco, México, 1968.

ALGUNOS ASPECTOS DEL CALCIO EN EL ALTIPLANO DE PASTO (+)
Por

JORGE GABRIEL REYES

I. INTRODUCCION

El calcio es un catión que en su forma intercambiable, aparece prácticamente en todas las determinaciones rutinarias de suelos. El calcio es a la vez, uno de los elementos más usados en la fertilización de suelos tropicales y volcánicos por medio de su uso en los encalamientos. Es importantísimo en el desarrollo de las plantas, y pedogenéticamente, es esencial para establecer la clasificación de muchos grandes grupos de suelos.

A pesar de todo ello, al calcio, como tal elemento de los suelos, se le ha dedicado muy poca investigación, y en Colombia, no parece haber antecedentes.

No hay ninguna razón para continuar olvidando a este catión, especialmente en suelos de países situados en la Zona Tropical, donde el calcio, al menos en su forma intercambiable, aparece siempre o casi siempre, en concentraciones deficitarias. Por todos estos motivos se consideró que podría ser interesante la realización del presente estudio, así

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Marie Blasco L., I.A., Ph.D. y la Copresidencia de Ricardo Guerrero R. I.A., M.Sc., a quienes el autor expresa su más sincera gratitud.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CALCIO EN LOS SUELOS.

De acuerdo a Berger y Pratt (8), el contenido de calcio total en suelos no calcáreos varía entre 0.1 y 2.0%, mientras que en suelos calcáreos puede llegar a representar hasta un 25%, y el calcio intercambiable va desde 1 a 50 meq/100 gr. de suelo; la fracción soluble en agua es muy variable. Así mismo señalan que las concentraciones más bajas de calcio se encuentran en los suelos ácidos.

La anortita (10-20% CaO), augita (16-26%), epidota (20-25%) y apatita (54-55%) son los minerales primarios más importantes como fuentes de calcio (Lawton, 42). Dentro de las rocas, las calizas y las dolomitas entre las sedimentarias, y los esquistos calcáreos y mármoles entre las metamórficas, constituyen las principales fuentes de calcio (González, 32; Holmes, 36). Entre los minerales secundarios, la monteorillonita y la illita, pueden llegar a tener 2-3% de CaO (Lawton, 42). Las determinaciones realizadas por López y Rodríguez (45), demuestran que el contenido de CaO de las rocas provenientes del Volcán Galeras, representa 4 a 6,3% de la masa total, que son cifras próximas al promedio de la corteza terrestre (CaO=5,10% o en términos de Ca = 3,08).

Duchaufour (25), dice que el calcio (carbonato) inactivo del suelo se encuentra en la fracción arenosa gruesa del suelo, muestra una débil actividad química, y es poco soluble en aguas cargadas de CO₂. Por el contrario la fracción activa está en la parte fina (arcillas y limos), es fácilmente soluble en aguas cargadas de CO₂, y a medida que se solubiliza para formar parte del complejo absorbente del suelo:





Hillot (50), indica que cuando la sedimentación carbonatada es de origen orgánico, el calcio domina por completo al magnesio. Cuando los carbonatos son de origen químico, estos elementos muestran concentraciones similares. En caso de que la sedimentación sea silicatada, el magnesio predomina en forma casi exclusiva.

Estudios realizados en Colombia demuestran que el calcio intercambiable de los suelos, disminuye a medida que aumenta la meteorización química de los suelos (Durán, 8), hasta 0,50 meq/100 gr., que es el promedio de los suelos del terciario en el Amazonas (Blasco, 10). El promedio normal de los suelos se aproxima a 12 meq/100 gr. (Blasco, +). Los suelos volcánicos de Mariño presentan un contenido intermedio (García, 31; Ordóñez, 53).

2.2 ENCALAMIENTO.

La práctica de adicionar cal al suelo se remonta, de acuerdo a los historiadores romanos Catón y Varrón (Cit. Barber, 4) a dos siglos antes de Cristo. Para fines de encalamiento se han venido usando, calcita (85% de CO_3Ca y 15% de CO_3Mg), dolomita (55% de CO_3Ca y 45% de CO_3Mg), óxido o hidróxido de calcio (Blasco, 11).

Existe un buen número de métodos de laboratorio (Dunn, cit. González, 33; Schollenberger y Whittaker, 57; Shoemaker, et al. 58; Woodruff, 64), para calcular los requerimientos de cal. El principio de todos ellos se basa en buscar el equilibrio del suelo ácido con una solu-

(+) Comunicación personal.

ción amortiguadora cálcica, juzgándose la efectividad por el aumento del pH. No obstante, actualmente, se considera que, como la causa de la acidez es la actividad del aluminio de cambio (Coleman y Thomas, 23; Pionke y Corey, 54), la misión del encalamiento no es tanto subir el pH, como neutralizar esa actividad del aluminio (Kamprath, 41).

En Colombia se han realizado muchas prácticas de encalado (Blasco, 12; Hernández y Osorio, 35; Burbano, et al. 21), notando estos últimos autores que, la adición de carbonato de calcio en distintos suelos volcánicos de Nariño, no tuvo respuesta significativa (utilizaron la chuga romana, lettuce parris, en pruebas de invernadero). Consideran Burbano, et al. (21), que el alto contenido de calcio cambiante en los suelos volcánicos ácidos del Altiplano de Pasto, pudo ser uno de los factores que impidieron la respuesta al encalamiento.

2.3 EL CALCIO EN RELACION CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

Dentro de la física de suelos, el calcio, por su acción flocculante, mejora la granulación, lo cual implica una mejora en las condiciones de aireación y drenaje (Saver, 7; Buckman y Brady, 18).

Químicamente, el principal papel del calcio es neutralizar la acidez del suelo (Coleman y Thomas, 24). Con relación al fósforo, el calcio en concentraciones normales, aumenta su asequibilidad (Márquez y Torres, 47). Un exceso de calcio induce deficiencias de elementos menores en el suelo, a excepción del molibdeno (Weeks and Iathwell, 62), y además fija al fósforo (Duchaufour, 25). Por otra parte, la adición de calcio al suelo no mejora significativamente la solubilidad del magnesio, potasio y sodio (Santaelia y González, 56). Un déficit de calcio en los suelos ocasiona toxicidad de los elementos menores especialmente aluminio, hierro y manganeso, para el crecimiento de las plantas (Woodruff, 65).

En relación con otros aspectos de la química de suelos la literature citada previamente (50), demuestra que la relación Ca/Mg dependerá del tipo de sedimentación. León (43), señala que la relación Ca/Mg, 2:1 es óptima para las plantas. Pero, mientras una relación invertida en suelos de tendencia salina, aparece como detrimental para las cosechas (Blasco, +), en suelos del trópico húmedo (Putumayo, Marañón) la inversión que se presenta de estos dos cationes, no parece tener ningún efecto en las plantas (Angulo et al., 3; Matta y Palacios, 48).

De acuerdo a Salsón (55), la materia orgánica de los suelos retiene preferencialmente al calcio sobre el magnesio, y esta selectividad por el calcio aumenta con la proporción de magnesio intercambiable del suelo. Esta preferencia por el calcio también es cierta con relación al sodio, especialmente a medida que el sodio intercambiable aumenta con el suelo (Waylor y Overstreet, 51). Igualmente ocurre entre el calcio y el estroncio, pero en la fracción inorgánica es retenido preferentemente el estroncio (Juo y Barber, 40).

Según Morrish (52), el calcio (radio iónico = $0,67 \text{ \AA}$) es un catión más bien pequeño con una alta energía de hidratación, la cual tiende a separar las láminas de las arcillas, favoreciendo así su intercambio por otros cationes. Por eso las sales de calcio han sido utilizadas por Blasco y Cornfield (13), para determinar el $\text{N-} \text{NH}_4^+$ intercambiable de los suelos.

Además el calcio, al aumentar el pH, favorece el incremento de la capacidad catiónica de cambio de los suelos, a causa de la ionización de los grupos de superficie por la adsorción de iones OH^- (Hunter y

(+) Comunicación personal.

Alexander, 37).

Biológicamente el calcio favorece la descomposición de la materia orgánica, o lo que es igual, aumenta la actividad microbial de los suelos, y así mismo, aumenta el proceso de amonificación (Escobar y Martínez, 27). Sin embargo, ni en suelos tropicales (Blasco y Cornfield, 14; Escobar y Martínez, 27), ni en suelos volcánicos (Bornemisza y Pineda, 16) la adición de calcio a estos suelos ácidos, mejora las condiciones de nitrificación, probablemente debido a la formación de humatos cálcicos estables. En cambio en suelos de zonas templadas, la adición de calcio a suelos ácidos aumenta la nitrificación (Alexander, 1).

En la pedogénesis del suelo, el horizonte cálcico sirve de diagnóstico para clasificar el suelo. El horizonte cálcico consiste en una capa de más de 15 cms. de gruesa, enriquecida con carbonatos cálcicos (más de 15%). Es especialmente importante en el orden de los Aridisoles (Soil Survey Staff, 60). Por otro lado, las relaciones de sodio y calcio sirven para clasificar los suelos halomórficos (Duchaufour, 25).

2.4 EL CALCIO Y LAS PLANTAS.

La mayor parte del calcio, dentro de las plantas, aparece en forma soluble. Como elemento estructural se encuentra en la pectina, lámina media de las paredes celulares. Es poco móvil y se concentra en las hojas adultas (Jacob y Uexküll, 39).

En relación a la planta, un exceso de calcio puede inhibir la asimilación del potasio y viceversa (Jacob y Uexküll, 39; Barber y Humbert, 5). A la vez, hay algunas evidencias de que el mal crecimiento de las plantas en suelos sódicos de pH elevado, se debe, al menos en parte, a la de-

ficiencia de calcio (Chang y Drege, 22).

Distintos autores (Martin, et al. 46; Welch y Nelson, 63; Barrows y Dresdoff, 6), señalan que, para una buena producción agrícola la saturación de calcio asequible en los suelos debe estar comprendida entre 15 y 35% (en relación a la capacidad catiónica de cambio).

La deficiencia de calcio en los suelos se manifiesta primeramente en la reducción del crecimiento radicular. Cuando la deficiencia es moderada son afectadas las hojas jóvenes, que muestran puntos necróticos, además de un mal desarrollo. Cuando la deficiencia es mayor los ápices o yemas de crecimiento mueren (Berger y Pratt, 8).

Aunque por lo general el calcio, como elemento fertilizante se aplica al suelo, Bukovac y Wittwer (20), indican que el frijol absorbe con facilidad el calcio aplicado foliarmente; en cuatro días las plantas habían absorbido el 50% de la aplicación.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES.

3.1.1 Descripción del área.

El área estudiada se encuentra situada en el departamento de Nariño, Sur Oeste de Colombia, en el denominado Altiplano de Pasto; de acuerdo a Zambrano et al. (66), las coordenadas del Departamento son $0^{\circ}37' - 2^{\circ}43'$ lat. Norte y $79^{\circ}03' - 76^{\circ}47'$ long. Oeste del Meridiano de Greenwich.

La mayor parte del área pertenece al Bosque Seco Montano Bajo, con algunas franjas que corresponden a los bosques Montano Húmedo y Muy Húmedo (Espinel y Montenegro, 28). La altura sobre el nivel del mar de la zona estudiada oscila entre los 2.500 y 3.200 metros.

Se puede decir, que son muy escasos los datos climatológicos que existen sobre esta zona. En la Granja Experimental de Botana (2.750 m.s.n.m.), la precipitación y temperatura media anual es de 784mm. y $12,5^{\circ}\text{C}$, y en Obonuco la temperatura es próxima a los 13°C , y la precipitación a 700 mm. en promedio.

Desde el punto de vista topográfico, el Altiplano es una depresión en el Hudo de los Pastos, desde el cual los Andes se dividen en tres cordilleras.

El Valle de Atriz o Altiplano de Pasto está constituido geológicamente, por una mezcla de material volcánico cascajoso, la composición de las rocas eruptivas neo-volcánicas consiste principalmente de brechas con cantos de andesito, bombas andesíticas, tobas de lapillis, cenizas

zas de diversos grados de compactación y derrames andesíticos (Buono, 19; Grosse, 34).

Las muestras de los diferentes horizontes se tomaron, en las regiones de: Anganoy, Aranda, Botana, Catambuco, Cujacal, Jongobito, La Laguna, Nayachico, Necondino, Obenuco, Yacuanquer y Volcán Galeiras (Véase Figura 1). Algunas características generales de estos suelos se presentan en las Tablas I y II, según determinaciones realizadas por Ordóñez (53).

3.1.2 Descripción del experimento.

Este experimento se llevó a cabo, con suelos del primer horizonte, representativos de las regiones de Botana y Cujacal. Se colocaron ocho materas (de barro, pintadas de gris por fuera y negro por dentro), para cada una de las regiones a las cuales se les agregó dos kilos del suelo respectivo. Se efectuaron ocho tratamientos para cada región: Testigo, 1, 2,5, 5, 10, 15, 20 y 50 ton/ha. de CO_3Ca , en la siguiente forma: primero se calculó la cantidad de kilos de suelo por hectárea. Botana (densidad aparente = 1,27 y altura de la capa arable = 20 cms.) dió 2540.000 kilos de suelo por hectárea. Cujacal (densidad aparente = 1,36 y altura capa arable = 20 cms.) obteniéndose 2'720.000 kilos de suelo por hectárea.

En base a los anteriores datos (kilos de suelo por hectárea) de cada región se hicieron las aplicaciones de CO_3Ca , calculando la cantidad para materas de dos kilos, así:

TABLA I

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DE DIFERENTES REGIONES DEL ALTIPLANO,

BAJO CONDICIONES DE PRAIERA

REGIONES	pH	C. Orgánico %	H.O. %	N-Total %	C.C.C. mg/100gr.	P. aprov. ppm. (Brov I)	K. Cambiable ppm.
ANGARAY	5,5	2,55	4,39	0,4783	35,42	3,23	550,62
AMADA	5,5	2,06	3,53	0,6794	21,39	4,79	222,41
BOHANA	5,5	3,66	4,01	0,2414	30,74	12,72	103,70
CATAMBO	6,3	2,87	4,94	0,3434	29,80	12,38	319,29
JUNGHITO	5,9	3,23	5,56	0,5444	26,34	3,50	340,10
LA LAGUNA	5,9	6,39	11,01	0,6226	37,12	0,10	144,09
MAYAGUO	5,2	2,88	4,96	0,2500	22,86	0,50	331,27
MOCORRIDO	5,8	1,73	2,98	0,3502	26,46	9,53	346,74
OBONDO	5,7	2,24	3,86	0,2797	28,50	3,53	394,97
YACUAFQUE	5,5	1,82	3,13	0,4463	24,62	23,45	309,91

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

TABLA II

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUBSUELOS DE DIFERENTES REGIONES DEL ALTIPLANO,
BAJO CONDICIONES DE PRADERA.

REGIONES	pH	C. Orgánico %	M.O. %	N-Total %	C.O.C. meq/100gr.	P. aprov. ppm. (Bray I)	K. Cambiable ppm.
ARGANOY	5,6	1,46	2,51	0,3391	27,25	3,08	293,14
ARANDA	6,3	1,65	2,84	0,1942	22,25	2,00	501,35
BOYANA	5,7	2,33	4,01	0,1712	32,62	0,05	83,97
CATABUGO	5,7	2,61	4,49	0,2227	25,30	2,47	365,42
JONCOBITO	6,2	3,11	5,36	0,4395	17,29	4,04	80,69
LA LACUNA	6,2	3,13	5,39	0,4508	52,30	0,05	284,76
MAPACHICO	5,5	2,30	3,96	0,1336	26,27	0,59	156,76
MOCORDINO	6,1	1,22	2,10	0,2710	37,86	2,56	565,07
OBONUGO	6,6	2,17	3,74	0,2327	23,08	6,43	345,68
YACUANQUER	6,1	1,63	2,81	0,2121	30,52	0,05	136,28

TRATAMIENTOS ton/ha.	CANTIDAD APLICADA DE CO ₂ Ca POR MATERIA DE grs. ³	
	BOTANA	CUJACAL
Testigo	0	0
1	1,181	1,103
2,5	2,954	2,757
5	5,905	5,514
10	11,811	11,029
15	17,715	16,543
20	23,622	22,058
50	59,055	55,146

Luego, las materas con los tratamientos ya efectuados se colocaron en condiciones de laboratorio, manteniéndoles la capacidad de campo. A los 30, 60 y 90 días de cada aplicación, se tomaron las muestras respectivas.

3.2 METODOS.

Las muestras se secaron al aire, se tamizaron a través de malla de 2 mm., y se guardaron en frascos de vidrio con tapa de cierre hermético.

Las determinaciones realizadas y los métodos empleados fueron los siguientes:

3.2.1 Densidad aparente.

Se empleó el método de la parafina (González, 33).

3.2.2 Humedad.

Se calculó el porcentaje de agua retenida por el suelo, por diferencia de peso expresado en base seca, en estufa regulada a 105°C, durante 24 horas (Silva, 59).

3.2.3 pH.

Método potenciométrico, empleándose una relación suelo/agua 1:1 (Jackson, 38).

3.2.4 Fraccionamiento del calcio.

3.2.4.1 Calcio total.

Se siguió el procedimiento descrito por Jackson (38); Se colocó 1 gramo de suelo en un cristal de platino, se le agregó 5 gramos de carbonato de sodio anhidro, se mezcló íntimamente, se llevó a una sufla regulada a una temperatura de 850°C, hasta que se obtuvo una fusión completa. Se dejó enfriar. La masa fundida se disolvió con 20 ml. de HCl 6 N, se evaporó a sequedad con el objeto de deshidratar la sílice e insolubilizarla, se recuperó con 20 ml. de HCl 6N, se filtró a través de papel S & S cinta azul, de 9 cms. de diámetro, se lavó con agua destilada caliente y se llevó a un volumen final de 100 ml.

La concentración de las distintas muestras se determinó, mediante fotómetro de llama (Coleman modelo 21), previa calibración de una curva de T/C (Transmitancia/concentración), mediante blancos y patrones adecuados.

3.2.4.2 Calcio activo.

Se empleó la técnica de Drouineau, modificada

por Gebu y Franck (cit. Duchaufour, 25). Se pesaron 10 grs. de suelo seco al aire, se le agregaron 250 ml. de soln. de oxalato de amonio 0,2N, se agitó durante dos horas, luego se filtró a través de papel S & S cinta azul, de 9 cms. de diámetro, se descartaron los primeros ml. del filtrado, se tomó una alícuota de 10 ml., en la cual se determinó el ácido oxálico remanente, previo agregado de 10 ml. de soln. de ácido sulfúrico 1:10, mediante valoración en caliente (60 a 70°C), con permanganato de potasio N/10 (redox), se restó a los ml. empleados, lo que gastó un blanco de 10 ml. de oxalato de amonio 0,2N, llevado en condiciones iguales a las muestras.

El cálculo del calcio activo se efectuó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ppm Ca}^{++} = (N-n) (50,1) (100+Pw)$$

En la cual "N" es igual al gasto del blanco (ml. de KMnO_4 N/10), "n" es igual a los gastos de cada una de las muestras (ml. de KMnO_4 N/10). (100+Pw), es un factor de conversión (suelo seco al aire a suelo seco a 105°C). (50,1) es un factor de conversión a ppm, según la técnica seguida.

El anterior procedimiento es válido para suelos con poco humus, ya que si la solución de oxalato se colorea de oscuro por la materia orgánica la dosis es errónea; entonces se flocula la soln. con gotas de ácido sulfúrico y se aclara con carbón decolorante.

3.2.4.3 Calcio soluble en agua.

Se siguió la técnica de McLean (49), empleando una relación suelo/agua 1:10, se agitó durante dos horas, se filtró a través de papel S & S cinta azul de 9 cms. de diámetro, en embudos Buchner,

con poca succión. Se acidificó y llevó a volumen conocido. Se determinó la concentración en el fotómetro de llama tal como se hizo en el calcio total, con patrones adecuados.

3.2.4.4 Calcio intercambiable.

Se siguió el procedimiento tradicional de Schollenberger y Simon (cit. Angulo et al., 3), mediante extracción con acetato de amonio normal y neutro, del suelo en el cual se determinó el calcio soluble en agua. La concentración se conoció en el fotómetro de llama tal como se hizo en el calcio total, con patrones adecuados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 FRACCIONES DE CALCIO.

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas III a VIII, y en los gráficos 2 a 6. Como puede apreciarse en ellas, el contenido del calcio total de los suelos estudiados y de las rocas del Volcán Galeras es muy alto.

El análisis de las rocas del Volcán Galeras da un contenido de calcio de 1,92%, muy similar al nivel máximo señalado por Berger y Pratt (8), para los suelos no calcáreos. Esta alta composición en calcio del material parental, ayuda a explicar en buena parte los resultados obtenidos.

Además, las concentraciones obtenidas en la cima del Galeras y en la primera capa de los frailejones, significan que las deposiciones de cenizas volcánicas (más recientes que las rocas) también tienen una elevada cantidad de calcio. Esto hace pensar que en los materiales volcánicos del Galeras abunda la plagioclasa cálcica (anortita), y también la augita, que es un piroxeno aluminico. Longanathan y Swindale (44), atribuyen a la plagioclasa cálcica las grandes cantidades de calcio encontradas en algunos suelos volcánicos de Hawaii.

Comparadas con otras determinaciones totales realizadas en el Altiplano (Anésquita y Figueroa, 2; López y Rodríguez, 45; Masco, 15), el contenido de calcio solo es superado por el silicio, aluminio y hierro, y supera a todos los otros elementos, incluidos los tres mayores nitrógeno, fósforo y potasio.

El hecho de que con esa concentración total de calcio no se

TABLA III

ESTADO DEL CALCIO EN EL PRIMER HORIZONTE DE ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
 RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

REGION	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	%	Ca. INTERC. ppm.	%	Ca. SOLUBLE ppm.	%
ARGAHOY	9.802,80	8.687,827	(88,625)	555,492	(5,636)	2,723	(0,028)
ARANDA	11.886,56	8.507,381	(71,571)	774,749	(6,517)	1,592	(0,013)
BOTANA	6.111,43	4.777,031	(78,161)	951,308	(15,566)	10,090	(0,165)
CATAMBUO	8.898,12	6.947,467	(78,077)	1.652,508	(18,571)	4,334	(0,048)
CUJACAL	8.223,62	6.681,136	(81,243)	889,040	(10,810)	2,778	(0,034)
JONGOBITO	11.997,21	1.595,735	(13,300)	594,552	(4,955)	1,593	(0,013)
LA LAGUNA	7.884,10	4.514,110	(57,255)	675,780	(8,571)	1,408	(0,018)
MAPACHICO	8.615,79	7.099,821	(82,443)	951,112	(11,044)	2,725	(0,031)
MOCORDINO	13.560,30	5.568,615	(41,065)	565,865	(4,180)	1,667	(0,012)
OBOHUGO	7.794,42	6.332,439	(81,243)	905,838	(11,620)	5,793	(0,074)
YACUANQUER	5.548,29	4.232,417	(76,283)	783,288	(14,117)	5,440	(0,098)

TABLA IV

ESTADO DEL CALCIO EN EL SEGUNDO HORIZONTE DE ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
 RESULTADOS EN PPM. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

REGION	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	%	Ca. INTERC. ppm.	%	Ca. SOLUBLES ppm.	%
ANGALOY	8.398,80	6.720,790	(80,020)	303,290	(3,611)	0,292	(0,004)
ARANDA	9.552,47	5.189,402	(54,325)	840,157	(8,795)	4,316	(0,004)
BOTANA	5.709,09	4.838,497	(84,750)	558,762	(9,787)	3,037	(0,053)
CATABUCO	8.759,00	4.619,220	(52,736)	461,000	(5,264)	2,881	(0,032)
GUJACAL	9.995,80	6.649,380	(66,521)	476,060	(4,782)	1,358	(0,014)
JONGOVITO	6.954,88	4.803,989	(69,103)	599,300	(8,620)	2,997	(0,043)
LA LAGUNA	9.624,44	8.470,807	(88,013)	58,527	(0,608)	1,626	(0,016)
MAPACHICO	9.346,68	3.802,389	(40,681)	322,683	(3,452)	1,391	(0,015)
MOCORDINO	8.083,84	7.226,570	(89,396)	290,513	(3,593)	0,247	(0,011)
OBONUCO	7.238,70	3.626,588	(50,099)	465,345	(6,429)	1,293	(0,018)
YACUANQUER	3.280,48	2.524,338	(76,950)	660,912	(20,146)	0,293	(0,009)

TABLA V

ESTADO DEL CALCIO EN EL TERCER HORIZONTE DE ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO
RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

REGION	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	%	Ca. INTERC. ppm.	%	Ca. SOLUBLE ppm.	%
ANGAJOY	13.639,50	5.152,159	(37,773)	519,600	(3,809)	0,682	(0,005)
MAPACHICO	7.975,71	6.949,260	(87,130)	970,956	(12,173)	2,890	(0,036)
YACUANQUER	2.538,22	1.728,327	(68,092)	591,670	(23,310)	0,719	(0,031)

TABLA VI

ESTADO DEL CALCIO EN ALGUNOS PERFILES DEL VOLCAN CAJERAS
 RESULTADOS EN PPM. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

PERFIL	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	%	Ca. INTERC. ppm.	%	Ca. SOLUBLE ppm.	%
CIMA VOLCAN Primer horizonte	20.980,96	11.623,190	(55,398)	20,174	(0,096)	0,252	(0,001)
CIMA VOLCAN Segundo horizonte	15.147,80	2.051,094	(13,540)	10,235	(0,068)	0,128	(0,001)
ZONA FRAILLEJON Primer horizonte	16.692,00	8.041,051	(48,173)	32,100	(0,192)	1,605	(0,010)
ZONA FRAILLEJON Segundo horizonte	8.797,80	6.945,463	(78,945)	21,328	(0,242)	1,333	(0,015)
ZONA FRAILLEJON Tercer horizonte	8.622,96	6.826,015	(79,160)	339,016	(3,931)	1,701	(0,019)
ZONA FRAILLEJON Cuarto horizonte	8.179,08	7.880,229	(96,346)	73,402	(0,897)	0,682	(0,008)
ROCA VOLCAN	19.248,00	10.547,302	(54,796)	35,086	(0,182)	2,506	(0,013)

TABLA VII

PROMEDIOS DE LOS ESTADOS DEL CALCIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DEL ALTIPLANO DE PASTO DADOS COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

ESPECIFICACION	Ca. TOTAL	Ca. ACTIVO	Ca. INTERC.	Ca. SOLUBLE
PRIMER HORIZONTE	100,00	68,115	10,144	0,049
SEGUNDO HORIZONTE	100,00	68,417	6,826	0,025
TERCER HORIZONTE	100,00	64,331	13,097	0,025
VOLCAN GALERAS	100,00	60,908	0,801	0,010
GENERAL	100,00	66,287	7,236	0,028

TABLA VIII

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS DISTINTAS FRACCIONES DEL CALCIO EN LOS GRUPOS DE SUELOS ESTUDIADOS. RESULTADOS EN PPM.

ESPECIFICACION	CONVENIDO	Ca TOTAL	Ca ACTIVO	Ca INTERG.	Ca SOLUBLE
PRIMER HORIZONTE	Máximo	13.560,30	8.687,827	1.652,508	10,090
	Promedio	9.119,88	5.903,998	812,773	4,552
	Mínimo	5.548,29	1.525,735	555,492	1,408
SEGUNDO HORIZONTE	Máximo	9.995,80	8.470,807	840,157	4,316
	Promedio	7.903,74	5.315,625	458,049	1,857
	Mínimo	3.280,48	2.524,338	58,527	0,292
TERCER HORIZONTE	Máximo	13.639,50	6.949,260	970,956	2,890
	Promedio	8.051,14	4.609,915	697,075	1,450
	Mínimo	2.538,22	1.728,327	519,600	0,682
VOLCAN CALERAS	Máximo	20.980,96	11.623,190	339,016	2,506
	Promedio	13.952,66	7.702,049	75,905	1,172
	Mínimo	8.179,08	2.051,094	10,235	0,128
GENERAL	Máximo	20.980,96	11.623,190	1.652,508	10,090
	Promedio	9.658,81	5.973,748	518,519	2,179
	Mínimo	2.538,22	1.595,735	10,235	0,128

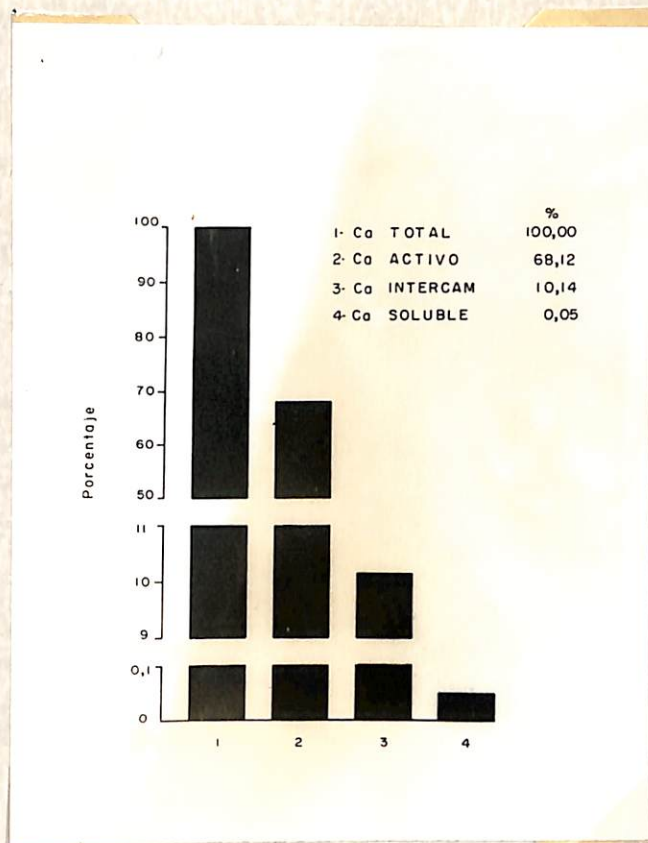


Figura 2. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el primer horizonte.

Fotocopia: A. Duarte

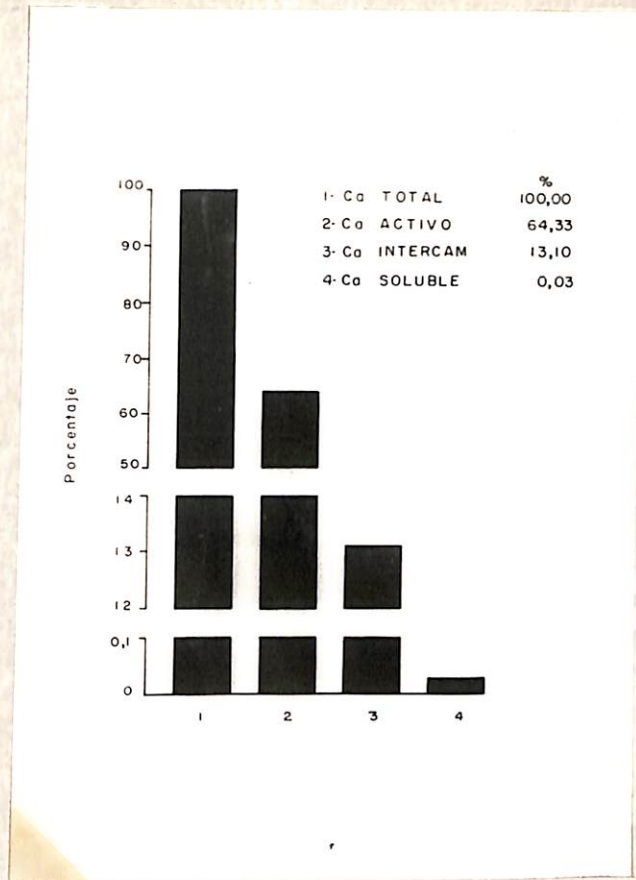


Figura 4. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el tercer horizonte.

Fotocopia: A. Duarte

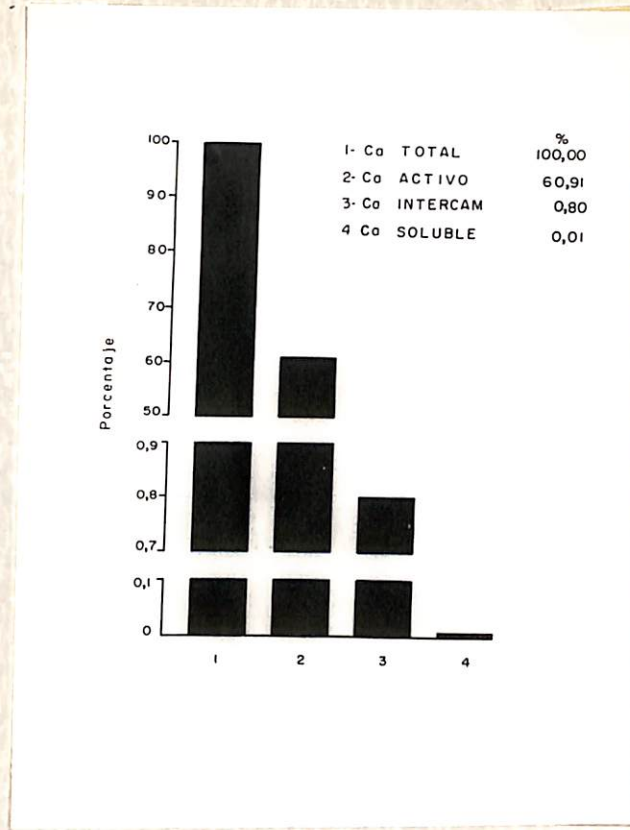


Figura 5. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el Volcán Galeras.

Fotocopia: A. Durán

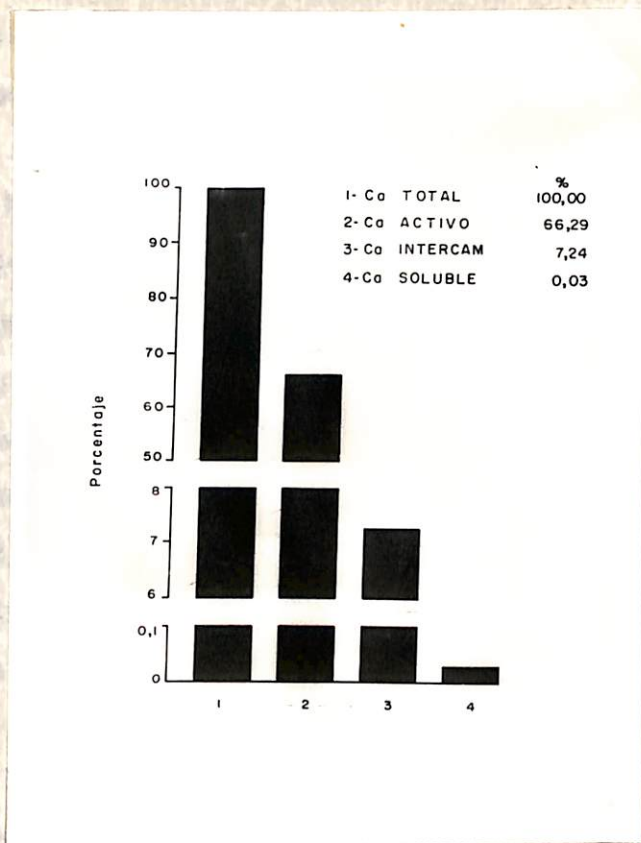


Figura 6. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el Altiplano de Pasto.

Fotocopia: A. Cuarto

refleje más intensamente en el pH de los suelos se debe al aspecto tan conocido (Birrell, 9), de la gran capacidad amortiguadora de los geles aluminicos polimerizados, que constituyen la parte principal (alófana) de los suelos volcánicos.

El hecho de que el mayor porcentaje de calcio, cuyo rango en relación al calcio total oscila entre 13,3 y 96,3%, con promedio de 66,3, esté en la fracción activa, significa que constituye un elemento comprendido más dentro de la fracción fina del suelo (arcillas y limos), que en las otras fracciones (distintos grados de arenas). De las 32 muestras estudiadas, solamente en 6 casos: Anganoy (tercer horizonte), Galeras (segundo horizonte), frailejón (primer horizonte), Jongobito (primer horizonte), Napachico (segundo horizonte), y Mocondino (primer horizonte), el calcio inactivo superaría al calcio activo.

El elevado porcentaje de calcio activo, más que el calcio de intercambio, vendría a explicar la falta de una respuesta concreta de los suelos del Altiplano al encalamiento. Como parece desprenderse de los ensayos realizados en los suelos de Botana y Gujacal, la adición de cal aumenta la fracción activa, que a la vez puede causar antagonismos con la absorción de otros elementos. Por tanto, la adición de calcio puede resultar a veces, detrimental en la producción.

Se esperaría, dada la buena presencia de calcio activo, una mayor cantidad de calcio directamente intercambiable. Sin embargo, como señala Swindale (61), las medidas de las bases cambiables en los suelos alofánicos son bastante imprecisas, porque los minerales amorfos tienen cargas dependientes del pH. Como en el laboratorio el lavado del suelo se hace con acetato de amonio a pH 7,0, resultará que los cationes de cambio son medidos por defecto. Vale decir, que hay unas cantidades ma

yores de intercambio que las expresadas en el análisis de las bases.

En todo caso las plantas seguirán teniendo buen suministro de calcio desde la fracción activa, ya que esta fracción es soluble en las aguas del suelo. Se podría señalar que en los suelos del Altiplano, hay un equilibrio dinámico constante entre el calcio intercambiable y el activo. Por tanto, sobre el particular, no es muy diciente en suelos volcánicos, llegar a determinar las cantidades de calcio asequible a las plantas, por la sola determinación del calcio intercambiable.

Las cantidades de calcio soluble directamente en agua, son muy bajas si se las compara con el resultado obtenido por Hornemissa y Morales (17), en cenizas recientes del Volcán Irazú (Costa Rica). Posiblemente, la diferencia de resultados entre estas dos áreas da la pauta para una explicación. Como se sabe (Forsythe, et al., 30), a medida que la ceniza volcánica se meteoriza pasando a alófana, la retención de humedad de los suelos volcánicos aumenta. Eso explicaría que los iones di sueltos en la misma no son tan fácilmente lavables como en otros tipos de suelos (v.g. tropicales) donde la retención de humedad es menor. Para ilustrar este punto se anota que algunos suelos volcánicos, en el punto de marchitamiento, pueden tener un contenido volumétrico de humedad de hasta 45% (Flach, 29).

4.2 INFLUENCIA DEL ENCALAMIENTO EN LAS FRACCIONES DE CALCIO Y EN EL pH DE LOS SUELOS.

Como era esperado, los resultados obtenidos en los suelos de Botana y Cujacal (Tablas IX a XVI y Figuras 7 a 12) demuestran la tendencia al aumento de las concentraciones de calcio y pH de los suelos con las aplicaciones crecientes de cal.

TABLA IX

ESTADO DEL CALCIO AL MES DE APLICACION DEL CO_2 Ca EN LAS MATERIAS CON SUELO DE BOTANA,
 RESULTADOS EN PPM. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

TON/HA.	Ca TOTAL ppm.	Ca ACTIVO ppm.	%	Ca INHIBO. ppm.	%	Ca SOLUBLE ppm.	%
Testigo	8,872,92	4,762,856	(53,678)	1,024,611	(11,547)	1,056	(0,012)
1	9,414,42	4,779,620	(50,769)	1,248,204	(13,258)	2,116	(0,022)
2,5	9,322,72	5,042,166	(54,084)	1,414,299	(15,170)	4,238	(0,045)
5	9,537,30	5,309,598	(55,671)	1,753,804	(18,388)	5,828	(0,061)
10	9,533,70	5,572,477	(58,448)	2,341,053	(24,555)	50,846	(0,484)
15	9,628,71	5,831,189	(60,560)	2,401,887	(24,945)	152,366	(1,582)
20	9,759,36	6,372,529	(65,295)	2,715,648	(27,826)	203,674	(2,086)
50	10,920,06	6,905,083	(63,233)	3,392,640	(31,067)	217,341	(1,990)

TADIA X

ESTADO DEL CALCIO AL SEGUNDO MES DE APLICACION DEL CO_3Ca EN MATERIAS CON SUELO DE BOTANA.
 RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DE CALCIO TOTAL.

TON/HA.	Ca TOTAL ppm.	Ca ACTIVO ppm.	%	Ca INVERG. ppm.	%	Ca SOLUBLE ppm.	%
Testigo	8.718,60	4.764,111 (54,643)		988,108 (11,333)		0,528 (0,006)	
1	9.514,80	4.931,685 (51,831)		1.056,800 (11,106)		1,057, (0,011)	
2,5	9.824,52	4.927,935 (50,159)		1,288,808 (13,118)		2,113 (0,022)	
5	9.500,40	5.288,556 (55,666)		1.604,512 (16,888)		4,222 (0,044)	
10	9.487,80	5.798,696 (61,117)		2.140,026 (22,555)		24,247 (0,256)	
15	9.504,00	6.084,144 (64,016)		2.376,000 (25,000)		96,736 (1,038)	
20	9.831,03	6.356,088 (64,653)		2.706,176 (27,526)		190,278 (1,935)	
50	12.424,45	7.946,361 (63,957)		3.214,496 (25,872)		203,021 (1,634)	

TABLA XI

ESTADO DEL CALCIO AL TERCER MES DE APLICACION DEL CO_3Ca EN LAS MATERAS CON SUELO DE BOTANA
 RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DE CALCIO TOTAL.

TON/HA.	Ca TOTAL ppm.	Ca ACTIVO ppm.	%	Ca INTERC. ppm.	%	Ca SOLUBLES ppm.	%
Tontico	9.151,04	5.032,692	(54,995)	845,290	(9,237)	4,229	(0,046)
1	10.148,16	5.297,574	(52,202)	877,393	(8,645)	5,286	(0,052)
2,5	9.372,04	5.302,584	(56,578)	1.037,526	(11,070)	6,617	(0,071)
5	10.073,80	5.577,182	(55,363)	1.192,950	(11,842)	7,953	(0,079)
10	10.245,14	5.821,269	(56,819)	1.505,085	(14,690)	36,967	(0,360)
15	10.176,95	6.336,267	(62,260)	1.720,791	(16,908)	97,652	(0,960)
20	11.015,68	6.897,916	(62,619)	2.298,464	(20,865)	177,416	(1,610)
50	12.011,71	6.893,459	(57,389)	2.984,406	(24,845)	236,118	(1,982)

TABLA XII

ESTADO DEL CALCIO AL MES DE APLICACION DEL CO_2 Ca EN LAS MATERIAS CON SUELO DE GUJACAL
 RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DE CALCIO TOTAL.

TON/HA.	Ca TOTAL ppm.	Ca ACTIVO ppm.	%	Ca INTERM. ppm.	%	Ca SOLUBLE ppm.	%
Tontigo	8.609,76	4.234,051 (49,177)		855,684 (9,938)		2,113 (0,025)	
1	8.792,19	5.031,738 (57,229)		1.308,235 (14,879)		4,237 (0,048)	
2,5	8.829,29	5.297,574 (60,000)		1.480,360 (16,766)		5,816 (0,066)	
5	9.016,80	5.580,338 (61,889)		1.914,744 (21,235)		9,547 (0,106)	
10	8.897,28	5.837,512 (65,610)		2.240,208 (25,178)		49,253 (0,553)	
15	8.839,40	5.952,682 (67,342)		2.410,740 (27,272)		127,440 (1,441)	
20	9.909,15	6.405,786 (64,645)		2.621,130 (26,451)		172,611 (1,741)	
50	10.033,42	6.917,457 (63,852)		3.324,373 (30,686)		178,433 (1,647)	

TABLA XIII

ESTADO DEL CALCIO AL SEGUNDO MES DE APLICACION DEL CO_3Ca EN LAS MATERIAS CON SUELO DE CUYACAL
 RESULTADOS EN PPM. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL.

TON/HA.	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	%	Ca. INYERG. ppm.	%	Ca. SOLUBLE ppm.	%
Testigo	9.514,80	4.502,937	(47,325)	798,186	(8,388)	1,057	(0,011)
1	9.520,20	4.779,620	(50,205)	867,396	(9,111)	2,116	(0,022)
2,5	9.840,33	5.301,081	(53,870)	952,290	(9,676)	3,703	(0,038)
5	10.857,83	5.837,802	(53,765)	1.318,829	(12,146)	5,297	(0,049)
10	10.848,60	6.197,972	(57,131)	1.598,184	(14,731)	28,577	(0,263)
15	11.666,40	6.377,529	(54,665)	1.962,110	(16,818)	89,090	(0,764)
20	11.126,95	6.636,997	(59,648)	2.336,639	(21,000)	127,164	(1,142)
50	11.650,15	7.429,527	(63,763)	3.304,392	(28,363)	165,219	(1,418)

TABLA XIV

ESTADO DEL CALCIO AL TERCER MES DE APLICACION DEL CO_2 Ca EN LAS MATERAS CON SUELO DE CUYACAL
 RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL.

TON/HA.	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	%	Ca. INTERC. ppm.	%	Ca. SOLUBLE ppm.	%
Testigo	8.712,83	4.233,650	(48,590)	7 786,795	(9,030)	3,168	(0,036)
1	8.926,00	4.765,111	(53,384)	845,440	(9,471)	5,284	(0,059)
2,5	8.732,62	4.772,325	(54,649)	894,433	(10,242)	6,616	(0,076)
5	9.534,80	5.297,574	(55,560)	1.279,212	(13,416)	6,608	(0,069)
10	9.507,60	5.821,821	(61,233)	1.658,548	(17,444)	13,205	(0,139)
15	9.844,98	6.097,971	(61,939)	1.841,964	(19,821)	58,223	(0,591)
20	11.533,29	6.891,405	(59,752)	2.216,720	(19,220)	129,617	(1,123)
50	11.103,75	6.716,846	(60,941)	3.087,900	(27,809)	222,075	(2,001)

TABLA XV

VALORES DE PH OBTENIDOS CON LA APLICACION DE CO₂ EN LAS MATERIAS CON SUELO DE BOTANA

TON/HA	PH		
	AL PRIMER MES DE APLICACION	AL SEGUNDO MES DE APLICACION	AL TERCER MES DE APLICACION
Testigo	5,45	5,40	5,40
1	5,60	5,50	5,60
2,5	5,80	5,70	5,80
5	5,90	6,00	6,00
10	6,40	6,60	6,80
15	7,00	7,00	7,20
20	7,30	7,30	7,50
50	7,60	7,65	7,70

TABLA XVI

VALORES DE PH OBTENIDOS CON LA APLICACION DE CO_2 EN LAS MATERIAS CON SUELO DE CUJACAL

TON/HA.	PH		
	AL PRIMER MES DE APLICACION	AL SEGUNDO MES DE APLICACION	AL TERCER MES DE APLICACION
Testigo	5,55	5,55	5,60
1	5,60	5,60	5,65
2,5	5,70	5,90	5,90
5	6,20	6,30	6,20
10	6,80	6,90	6,90
15	7,10	7,20	7,20
20	7,35	7,55	7,60
50	7,65	7,80	7,80

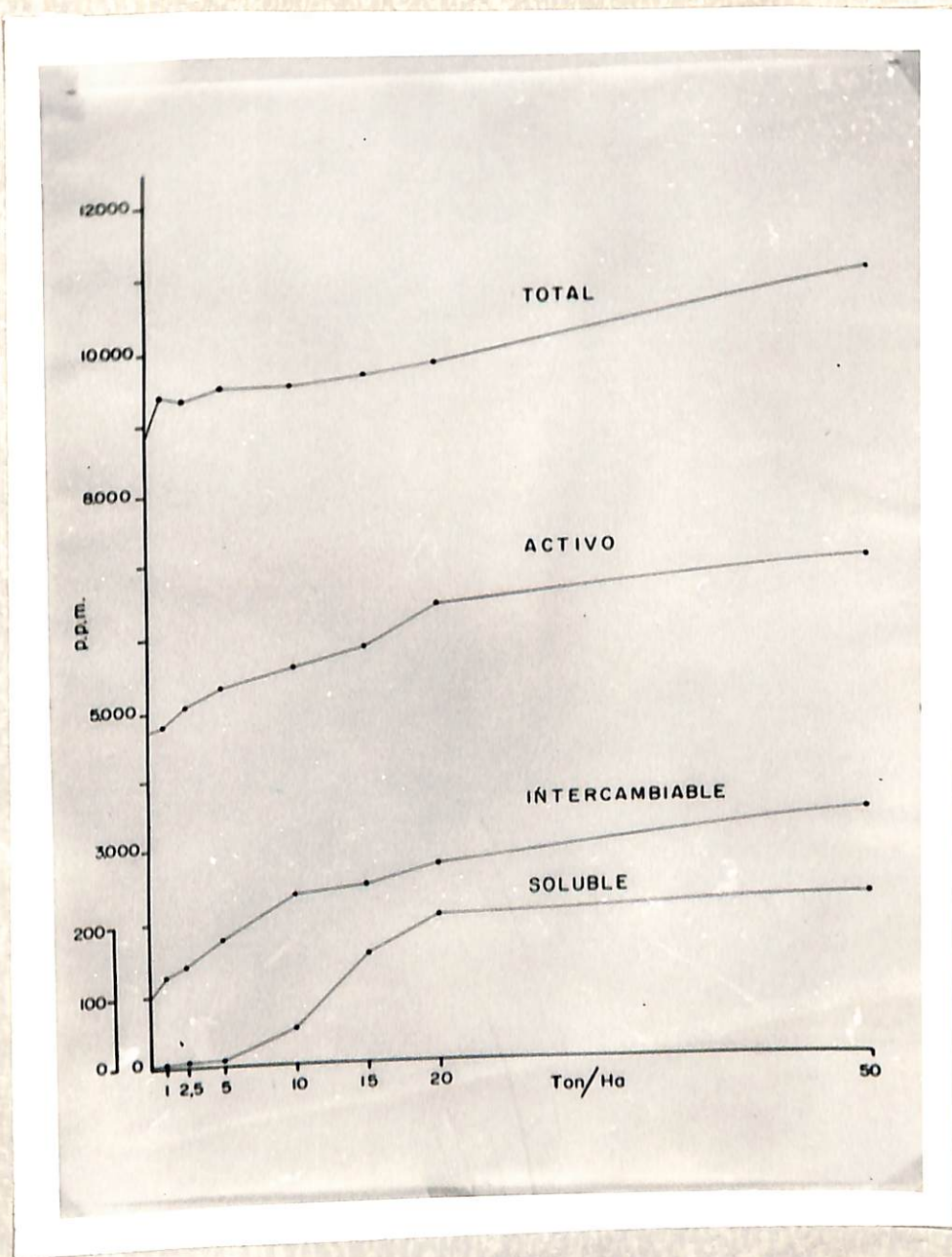


Figura 7. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Botana.

Fotocopia: A. cuarto

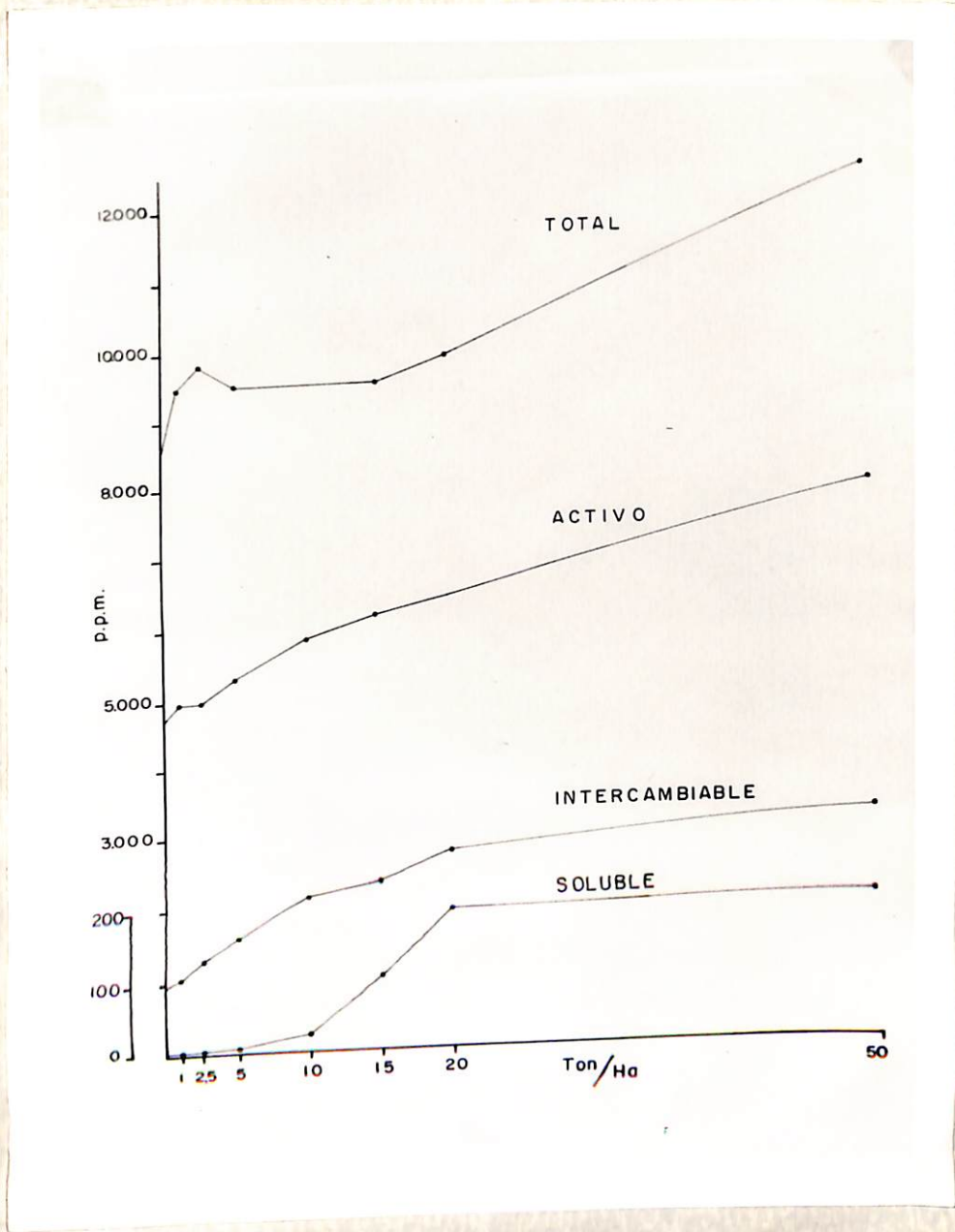


Figura 8. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al segundo mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Botana.

Fotocopia: A. Duarte

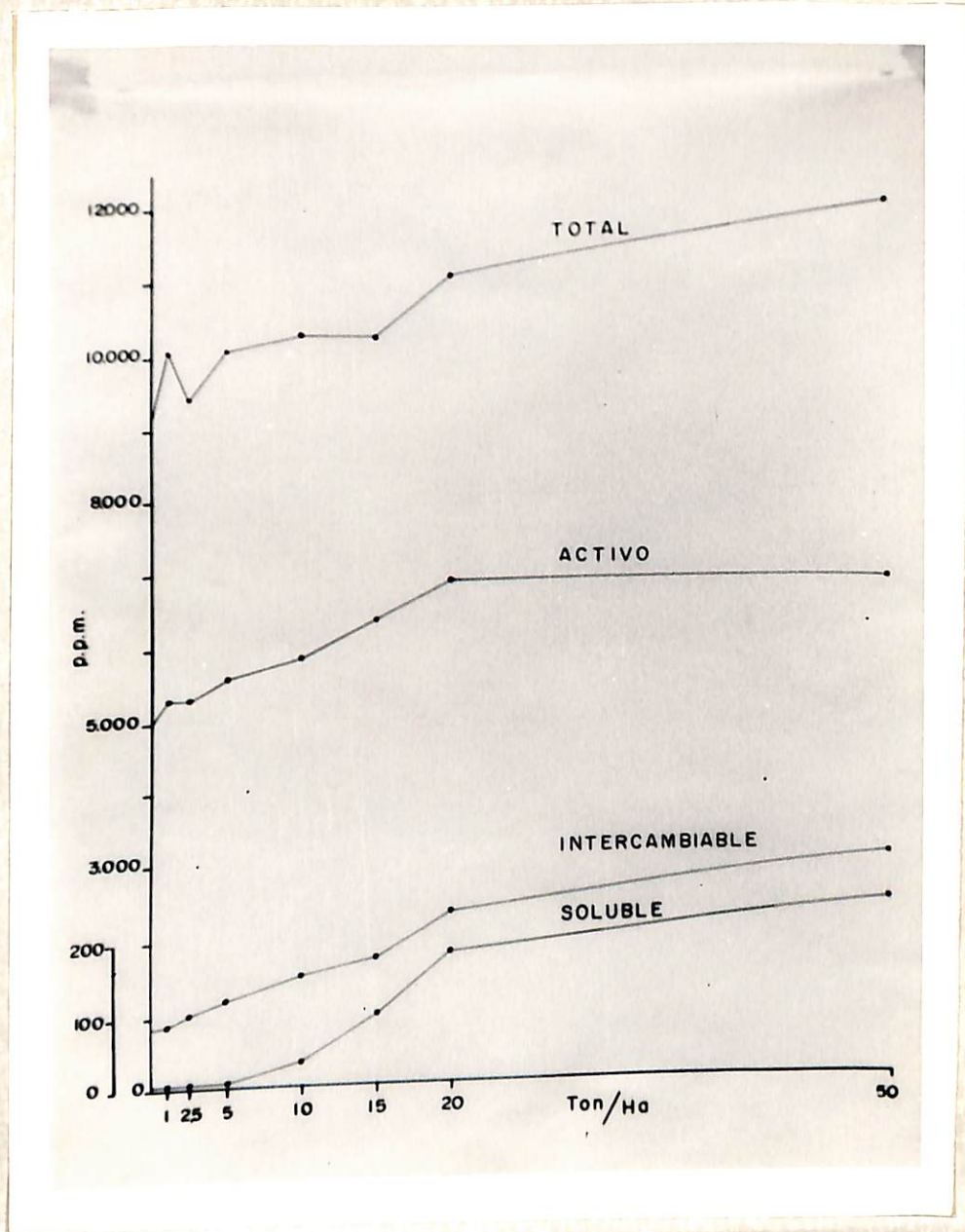


Figura 9. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al tercer mes de aplicación del CO_3Ca , en materas con suelo de Botana.

Fotocopia: A. cuarto

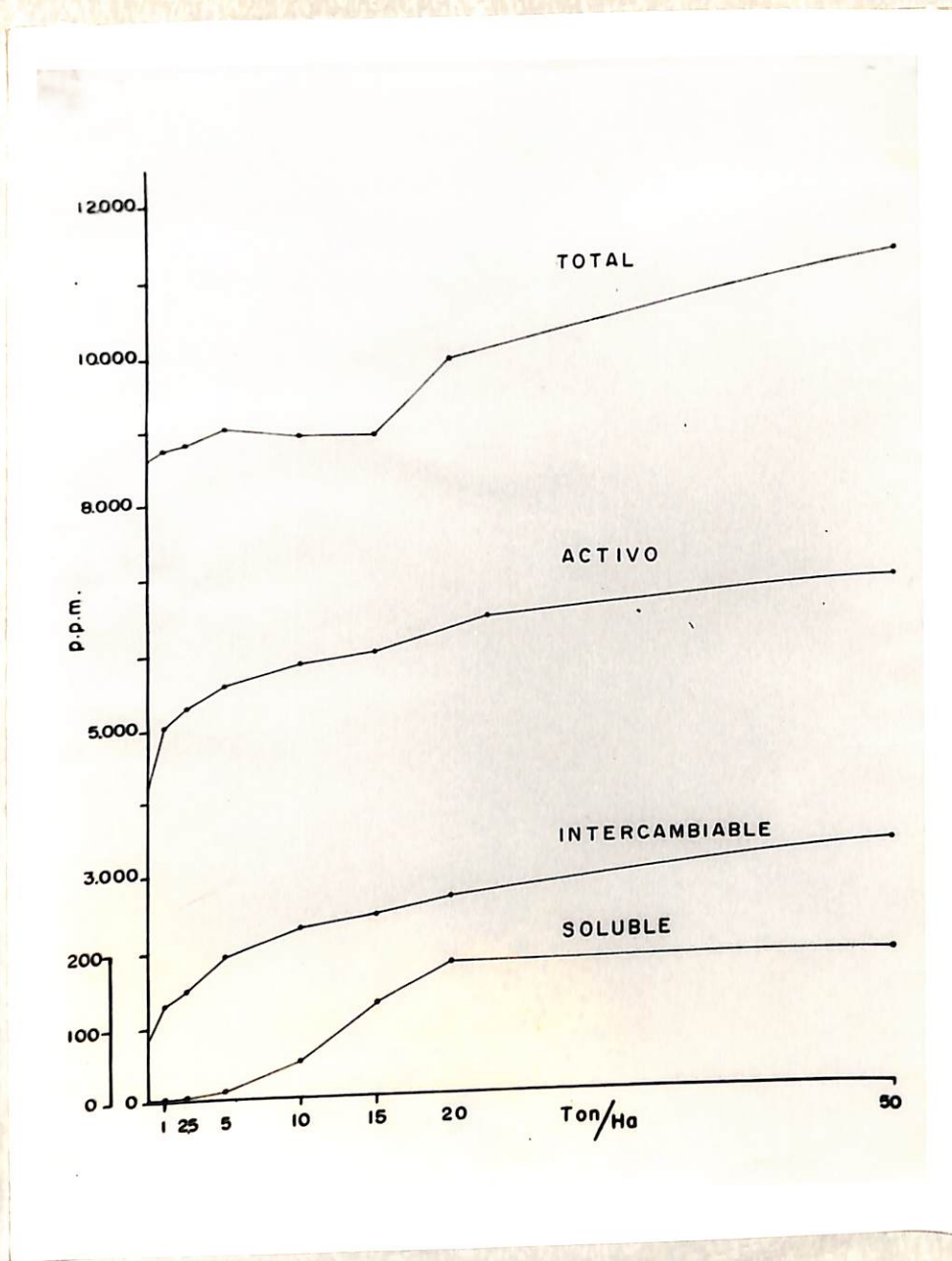


Figura 10. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Gujacal.

Fotocopia: A. Duarte

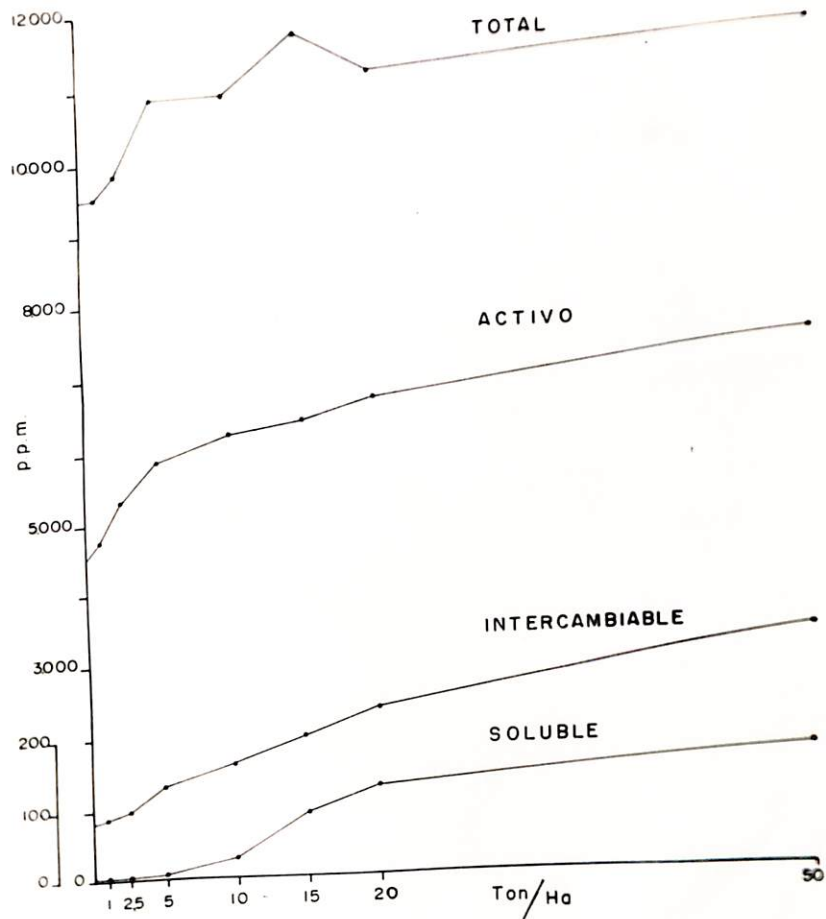


Figura 11. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al segundo mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Guajacal.

Fotocopia: A. Duarte

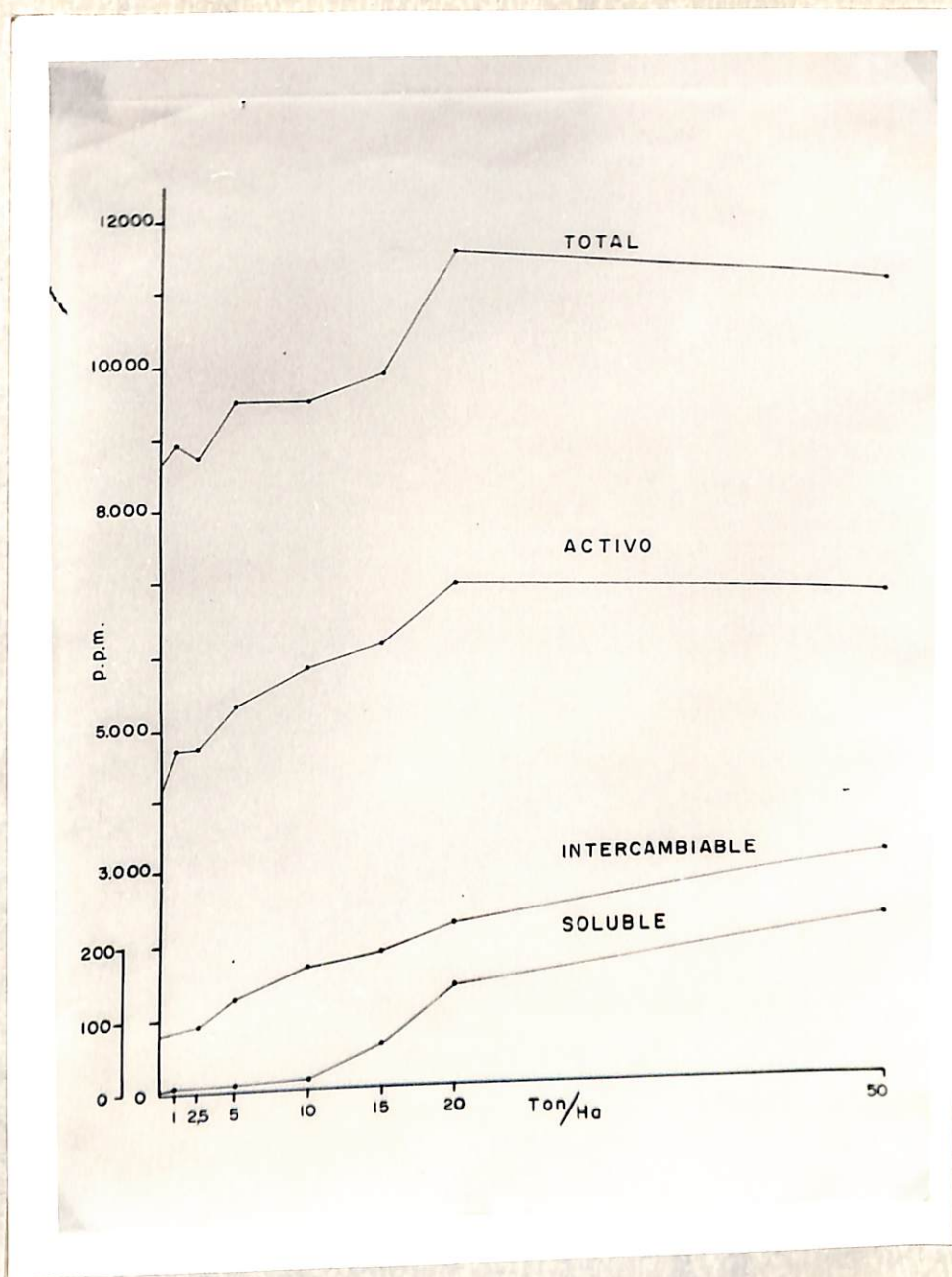


Figura 12. Resultados obtenidos en las distintas fracciones de calcio, al tercer mes de aplicación del CO_3Ca en materas con suelo de Guajacal.

Fotocopia: A. Duarte

TABLA XVII

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

X	Y	ECUACION DE REGRESION	"r" OBTENIDO	G.L.
GAICIO APLICADO	pH	$Y = 5,811 - 0,044X$	0,8807 ⁺⁺	6
GAICIO APLICADO	Calcio intero.	$Y = 539.740,43 - 44.456,27X$	0,9018 ⁺⁺	6
GAICIO TOTAL	Calcio activo	$Y = -2.803,96 - 0,861X$	0,8193 ⁺⁺	6

⁺⁺ Altamente significativo.

G.L. Grados de libertad.

El experimento indica que, en condiciones de laboratorio, los dos suelos utilizados requirieron entre 5 y 10 toneladas de CO_3Ca /ha. para llegar a un pH normal para el crecimiento de las plantas. Y que el punto del pH se obtiene en el primer mes de aplicación, manteniéndose en el lapso de los tres meses. Como se aprecia en la Tabla XVII existe un factor de correlación $r=0,8807$, entre el aumento del pH y la cal aplicada; exige una respuesta significativa entre ambos factores.

Es interesante observar que todas las fracciones estudiadas tienden a aumentar en proporciones similares, obteniéndose $r=0,9018$ para calcio aplicado y calcio intercambiable, y $r=0,8193$ para la relación entre el calcio total y el activo.

Este resultado más lo expresado previamente sugieren que, en los suelos volcánicos no se debe confiar tanto en el pH y calcio intercambiable, cuanto en el calcio activo, para valorar las consecuencias del encalamiento.

En efecto, la adición de cal produce un aumento del calcio intercambiable y del pH del suelo, ambas consecuencias deseables, pero a la vez aumenta proporcionalmente la cantidad de calcio activo ya de por sí elevado, lo cual es indeseable, porque puede ocasionar interferencias en la absorción de otros cationes. Esto vendría a explicar el por qué Burano et al. (21), no consiguieron una respuesta significativa en lechuga romana a la aplicación de CO_3Ca , a pesar de que sí consiguieron llevar los suelos a un pH óptimo.

De esta posición salen algunas consideraciones prácticas. La primera de ellas es que cuando se adicionan grandes cantidades de cal para obviar la posible interferencia del calcio activo, sería necesario

mantener, al menos, la relación original de los suelos Ca/K y Ca/Mg. Desafortunadamente esta solución es económicamente dispendiosa, y por otro lado, no hay pruebas en el Altiplano que demuestren la bondad de adiciones de potasio, por ejemplo.

Otra de ellas podría ser una aproximación a la solución del problema, en los momentos actuales de la investigación del Altiplano: aplicar dosis pequeñas de cal (0,5 a 1 tonelada por hectárea), económicamente favorables y que en el punto técnico, no afectan demasiado a la actividad del calcio. Esta, relativamente pequeña cantidad, mejoraría la mineralización de la materia orgánica, y la solubilidad del fósforo y, a la vez, es probable que, al no desbalancear la fracción activa, no cause ni interferencias ni problemas de insolubilización de algunos elementos menores.

Las otras consideraciones se pasan al capítulo de recomendaciones.

V. CONCLUSIONES

1. Los suelos del Altiplano de Pasto muestran concentraciones elevadas de calcio total y calcio activo, intermedias a bajas de calcio intercambiable, y bajas de calcio soluble en agua.

2. La mayor parte del calcio de los suelos estudiados se encuentra en la fracción fina (arcillas y limos).

3. Las determinaciones de calcio en las rocas y materiales piroclásticos del Volcán Galeras, demuestran que el material parental de los suelos del Altiplano tiene un nivel adecuado de calcio.

4. La adición de calcio a dos suelos del Altiplano indicó que las distintas fracciones investigadas, así como el pH, aumentaron en formas proporcionales a las aplicaciones.

5. Teniendo en cuenta investigaciones previas, los niveles de calcio activo aparecen como responsables de la falta de respuesta a encalemientos que, medidos por el incremento del pH, eran correctos.

6. Teniendo en cuenta que el calcio activo es fácilmente solubilizado por las aguas en los suelos volcánicos estudiados, la determinación del calcio intercambiable no es índice de la disponibilidad de calcio.

7. Desde un punto de vista ^{químico}, las cantidades más apropiadas en el encalemiento son del orden de 0,5-1 ton/ha, que no tienden a aumentar el calcio activo, y sí pueden influir en la mineralización de la materia orgánica y la solubilización del fósforo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda determinar el calcio activo antes de proceder a encalar suelos derivados de cenizas volcánicas.
2. Se recomienda establecer la relación entre el valor efectivo de los encalamientos y la presencia de calcio activo. Por el momento se conoce que con niveles de calcio activo próximos a los encontrados en el Altiplano, es muy dudoso que aplicaciones de cal por encima de 0,5-1 ton/ha. conduzcan a otra cosa que a elevar el pH.
3. Se sugiere descartar el aumento de pH como indicativo de la efectividad del encalamiento.

VII. RESUMEN

Los suelos volcánicos empleados en esta investigación, provienen del Altiplano de Pasto (Nariño, S.O. Colombia), en las proximidades del Volcán Galeras. El Altiplano oscila entre 7.500-8.400 pies (2.500 a 2.800 m) sobre el nivel del mar. Teniendo temperatura y precipitación promedio de 55°F (13°C) y 28 pulgadas (700 mm) por año, respectivamente.

Este estudio presenta los estados del calcio en el Altiplano de Pasto. Las concentraciones promedio de calcio total (9.658,81 ppm.) y calcio activo (5.973,73 ppm.) son altas, mientras que el calcio intercambiable es un poco bajo (518,52 ppm.). El calcio soluble en agua es insignificante.

Esto demuestra que las concentraciones altas de calcio activo, son una explicación de la ineficacia de las adiciones de cal, para neutralizar la reacción ácida y la baja concentración de calcio intercambiable en éstos suelos.

SUMMARY

The volcanic soils employed in this investigation belong to the Highland of Pasto (Nariño, S.W. of Colombia), in the proximity of the Galeras Volcano. The Highland lies at about 7,500 - 8,400 feet (2,500-2,800 m.) above sea level. Mean average temperature and mean average rainfall are 55°F (13°C and 28 in. (700 mm.)) per year, respectively.

This study presents the Ca status in the Highland of Pasto. Averages of total Ca (9,658,81 ppm.) and active Ca (5,973,73 ppm.) concentrations are high, while exchangeable Ca concentration is rather low (518,52 ppm.). Ca water soluble is negligible.

It appears that the high Ca active concentration is the explanation for the ineffectualness of the lime additions, in spite of the acid reaction and the low exchangeable Ca concentration of these soils.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, M. 1964. Introduction to soil microbiology. Wiley, New York. 472.
2. AMEZQUITA, C.E. y C.A. FIGUEROA. 1970. Estudio de sesquioxidos y sus relaciones moleculares en suelos de Nariño. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. (tesis no publicada). 66p.
3. ANGULO, N., L.R. NAVAS y A. VILLANIL. 1970. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Nariño, Llanura del Pacifico. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (tesis no publicada). 116p.
4. BARBER, S.A. 1967. Liming materials and practices. In Pearson, R. N. and Adams, F. Soil acidity and liming. Agron. Series No. 12. ASA, Madison. 125-160p.
5. _____ and HUMBERT, R.P. 1963. Advances in Knowledge of potassium relation - ships in the soil and plant. In McVickar, M.H. et al. ed. Fertilizer technology and usage. Soil Sci. Soc. Amer., Madison. 231-268p.
6. BARRONS, H.L. and BROSDOFF, M. 1958. Effect of nitrogen, potassium, calcium and magnesium on mineral composition of lakeland fine sand in relation to mineral content of tungleaves. Soil Science Soc. Amer. Proc. 22:426-431.
7. BAVER, L.D. 1967. Soil physics. 3 th ed. Wiley, New York. 370p.
8. BERGER, K.C. and PRATT, P.F. 1963. Advances in secondary and micro-

- nutrient fertilization. In McVickar, M.H. et al. ed Fertilizer technology and usage. Soil Sci. Soc. Amer., Madison. 287-340p.
9. BIRRELL, K.S. 1964. Some properties of volcanic ash soils. In Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. FAO, Roma. Report No. 14. 74-81p.
10. BLASCO, M. 1968. Información preliminar de los suelos del Amazonas colombiano. Anales edafológicos biológicos. 27:47-55.
11. _____ 1963. Curso de suelos. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. 427p. (conferencias mimeografiadas).
12. _____ 1963. Aplicaciones de cal a los suelos del Amazonas. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. 53p.
13. _____ y CORNFIELD, A.H. 1967. Comparación de diferentes extractantes para determinar el amonio intercambiable en los suelos del Valle del Cauca. Acta Agronómica. 17:27-51.
14. _____ 1967. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen-mineralizing characteristic of the soils of Colombia (South America). Geoderma. 1:19-25.
15. BLASCO, M. 1969. Características químicas de los suelos volcánicos de Mariño, Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO/IICA, Turrialba. B-8:1-10.
16. BORNEMISZA, E. y PINEDA, R. 1969. Minerales amorfos y mineralización

del nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. B-7:1-7.

17. BORNEMISZA, B. and J. MORALES. 1969. Soil Chemical Characteristics of recent volcanic ash. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:528-530.
18. BUCKMAN, H.O. and N.C. BRADY. 1960. The nature and properties of soils. 6th ed. MacMillan, New York. 567p.
19. BUENO, J. s.f. Estudio geológico del departamento de Nariño que presenta el Laboratorio Nacional de Fomento y Minas de Pasto, al Ministerio de Minas y Petróleos. Pasto, Colombia. Informe No. 625. (sin paginación).
20. BUKOVAC, M.J. and S.H. WITTWER. 1957. Absorption and mobility of foliar applied nutrients. *Plant Physiol.* 32:428-435.
21. BURBANO, H., H. LOPEZ, R. GUERRERO y A. ARIAS. 1969. Algunos aspectos del encalamiento en suelos del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. *Revista Ciencias Agrícolas.* 1:54-64.
22. CHANG, C.W. and H.E. DRECHER. 1955. Effect of exchangeable sodium on soil properties and on growth and cation content of alfalfa and cotton. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:29-35.
23. COLEMAN, N.T. and G.H. THOMAS. 1964. Buffer curves of acid clays as effected by the presence of ferric iron and aluminum. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 28:187-190.
24. _____ . 1967. The basic chemistry of soil

- acidity. In Pearson, R.W. y Adams, F. Soil acidity and liming. Agron. Series No. 12. ASA, Madison. 1-41p.
25. DUCHAUFOUR, P. 1965. Precis de Pedologie. Masson, Paris. 481p.
26. DURAN, N. 1968. Algunas características químicas de los suelos algodoneros del sur de la Guajira. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, Palmira. (Tesis mimeografiada). 96p.
27. ESCOBAR, H.E. y N. MARTINEZ. 1970. Efectos de las adiciones de calcio y celulosa en la amonificación y nitrificación de los suelos de la Intendencia del Putumayo, Colombia. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (Tesis no publicada). 200p.
28. ESPINEL, T.L. y B. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá. Inst. Geogr. Agustín Codazzi. 201p.
29. FLACK, K.W. 1964. Genesis and morphology of ash-derived soils in the United States of America. In Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. FAO, Roma. Report No. 14:61-70.
30. FORSYTHE, W., S. GAVANDE y M. GONZALEZ. 1969. Propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO/IICA, Turrialba. B-3:1-7.
31. GARCIA, R.B. 1969. Estudio sobre el potasio en algunos suelos de

- clima medio del departamento de Nariño. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (tesis no publicada). 129p.
32. GONZALEZ, A. 1961. Curso de Geología. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. (mimeografiado). 121p.
33. _____ 1963. Manual de laboratorio de suelos. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. (mimeografiado) p. irr.
34. GROSSE, E. 1931. Acerca de la Geología del Sur de Colombia. Compilación de estudios geológicos oficiales en Colombia. Bogotá. 3:138-241.
35. HERNANDEZ, J. y R. OSORIO. 1960. Estudio de algunas características físicas y químicas de los suelos ácidos de la zona sur del valle geográfico del Río Cauca. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. (tesis mimeografiada). 64p.
36. HOLMES, H. 1952. Geología Física. (Trad. del inglés por Candel y Comas). 519p.
37. HUNTER, J. and A.E. ALEXANDER. 1963. Surface properties and flow behavior of Kaolinite sols. I. Electrophoretic mobility and stability of kaolinite sols. Jour. Colloidal Sci. 18:820-832.
38. JACKSON, M.L. 1960. Soil chemical analysis. 2nd. ed. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 438p.
39. JACOB, A. y H. UERHULL. 1961. Fertilización (Trad. L. López). International, Amsterdam. 626p.

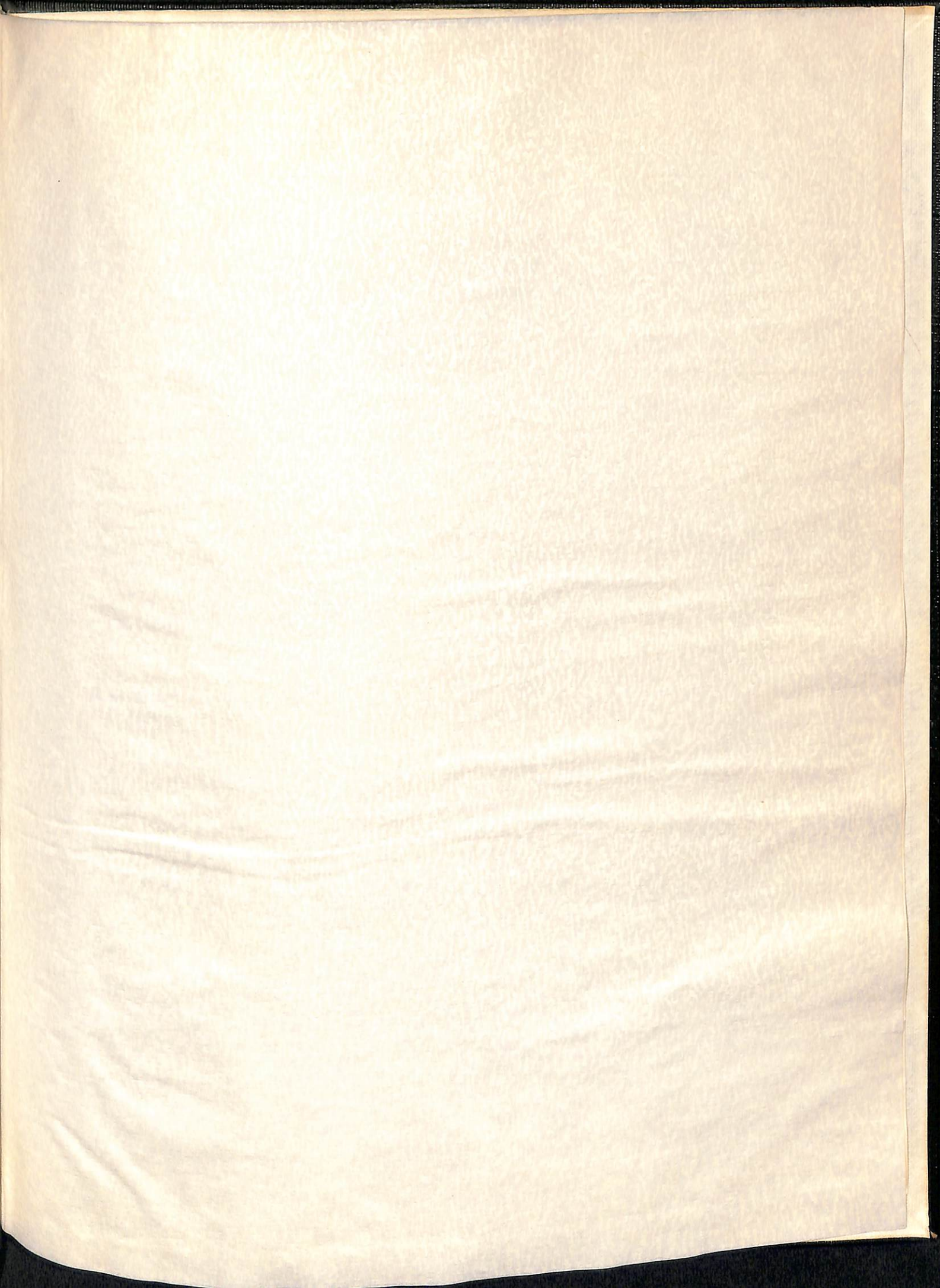
40. JUO, A.S.R. and S.A. BARBER. 1969. An explanation for the variability in Sr-Ca exchange selectivity of soils, Clays and humic acid. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:360-363.
41. KAMPRATH, H.J. 1970. Exchangeable aluminium as a criterium for liming leached mineral soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 252-254.
42. LAWTON, K. 1963. Composición química de los suelos. In Bear, F. E. Química del suelo. Interciencia, Madrid. 63-100p.
43. LEON, L.A. 1968. Relaciones: Calcio, magnesio y potasio en los suelos de La Florida, Popayán. Agricultura Tropical. 24:335-345.
44. IOGANATHAN, P. and L.D. SWINDALE. 1969. The properties and genesis of four middle altitude Dystrandept Volcanic Ash soils of Mauna Kea, Hawaii. Pacific Sci. 23:161-171.
45. LOPEZ, I.T. y A. RODRIGUEZ, G. 1970. Algunas consideraciones sobre la meteorización, el deslave y la edad de los suelos en cuatro regiones volcánicas del sur de Colombia. Universidad de Narifio. Instituto Tecnológico Agrícola. (Tesis no publicada). 97p.
46. MARTIN, W.E, J. VLAMIS and N.W. STICE. 1953. Field correction of calcium deficiency on a serpentine soil. Agron. Jour. 45:204-208.
47. MARQUEZ, L. y L. TORRES. 1968. Estudio de las fracciones y algunas reacciones del fósforo en dos suelos del Valle del Cauca. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía, Palmira. (Tesis mimeografiada).

fiada). 85p.

48. HATTA, A. y J. PALACIOS. 1970. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (tesis no publicada). 102p.
49. McLEAN, J.A. 1961. Potassium supplying power of some canadian soils. *Canad. Jour. Soil Sci.* 41:196-206.
50. MILLOT, G. 1964. Géologie des argiles. Masson, Paris. 499p.
51. NAYLOR, D.V. and R. OVERSTREET. 1969. Sodium-calcium exchange behavior in organic soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 33:848-851.
52. NORRISH, K. 1954. The swelling of montmorillonite. *Paraday Soc. Dis.* 18:120-134.
53. ORDOÑEZ, G.H. 1969. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (Tesis no publicada). 114p.
54. PIONKE, H.G. and R.B. COREY. 1967. Relations between acidic aluminum and soil pH, clay and organic matter. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31:749-752.
55. SALMON, R.C. 1964. Cation exchange reactions. *Jour. Soil Sci.* 15: 273-283.
56. SANTABELLA, G. y A. GONZALEZ. 1965. Influencia del carbonato de calcio en las propiedades químicas de un suelo de la terraza de Vi-

- Llarica (Cauca). *Acta Agronómica*. 15:33-60.
57. SCHOLLNBERGER, C.J. and C.W. WHITTAKER. 1962. A comparison of methods of evaluating activities of agricultural limestone. *Soil Sci.* 23:161-171.
58. SHOENAKER, H.E., E.O. McLEAN and P.F. PRATT. 1961. Buffer methods for determining lime requirement of soils with appreciable amounts of extractable aluminium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25:274-277.
59. SILVA, F. et al. 1963. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos. 2a. ed. Corr. y aum. Inst. Geogr. Agustín Codazzi. Bogotá. Depto. Agrológico- 138p.
60. SOIL SURVEY STAFF. 1967. Supplement to soil classification system (7th Approximation). USDA, Washington. 207p.
61. SWINDALE, L.D. 1964. The properties of soils derived from volcanic ash. In Meeting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. FAO, Roma. Report No. 14:82-86.
62. WEEKS, M.E. and D.J. LATHWELL. 1967. Crop response to lime in the northeastern United States. In Pearson, R.W. y Adams F. Soil acidity and liming. Agron. Series No. 12. ASA, Madison. 233-269.
63. WELCH, C.D. and W.L. NELSON. 1951. Calcium and magnesium requirements of soy-beans as related to the degree of base saturation of the soil. *Agron. Jour.* 42:9-13.

64. WOODRUFF, C.H. 1948. Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. *Soil Sci.* 66: 53-63.
65. _____, 1967. Crops response to lime in the midwestern United States. In Pearson, R.W. and Adams, F. Soil acidity and liming. Agron. series No. 12. ASA, Madison. 207-232p.
66. ZAMBRANO, F.D. et al. 1969. Atlas Agrológico del departamento de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Universidad de Nariño. Pasto. (tesis no publicadas). 257p.



T
631.82
G123
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
Inventario: 26185
Autor: JORGE GADBAN REYES.
Título: ALGUNOS ASPECTOS DEL



T
631.82
G123
Ej.1

26185

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

26185 -