

FRACCIONAMIENTO DEL CALCIO EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE IPALAES

Por

ALVARO PARRA CASTRO

**Tesis de grado presentada como requisito
parcial para optar el título de
INGENIERO AGRICOLA**

027553

Presidente de tesis

JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A., M.Sc.

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO-COLOMBIA**

1.971

631.82

- II -

P144

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

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

A LOS ESFUERZOS DE MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

DEDICO :

ALVARO PARRA CASTRO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION
SERVICIOS AL PUBLICO

AGRADECIMIENTOS A :

JOAQUIN GARCIA JAIMES I.A. M.Sc.

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

JORGE GADIAN REYES I.A.

FRANCISCO CORNEJOS DE LA ESPERANZA

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

Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Maricao.

Facultad de Agronomía de Palmira, Universidad Nacional.

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 CALCIO EN LOS SUELOS	3
2.2 EL CALCIO EN RELACION CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO.	4
2.3 EL CALCIO Y LAS PLANTAS	5
2.4 EL CALCIO Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS OLIGOELEMENTOS.	7
2.4.1 <u>Molibdeno</u>	7
2.4.2 <u>Hierro</u>	7
2.4.3 <u>Boro</u>	7
2.4.4 <u>Manganeso</u>	8
2.4.5 <u>Zinc</u>	8
2.4.6 <u>Cobre</u>	8
III. MATERIALES Y METODOS	9
3.1 MATERIALES	9
3.1.1 <u>Descripción del área</u>	9
3.2 METODOS	10
3.2.1 <u>Humedad</u>	10
3.2.2 <u>pH</u>	10
3.2.3 <u>Fraccionamiento del calcio</u>	10
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	14
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. RESUMEN	31
SUMMARY	32

VIII. BIBLIOGRAFIA

Pág.

33

TABLAS

Pág.

Tabla	I.	Algunas características generales de los suelos de diferentes regiones del Altiplano de Ipiiales.	12
Tabla	II.	Algunas características generales de los subsuelos de diferentes regiones del Altiplano de Ipiiales.	13
Tabla	III.	Metado del calcio en el suelo de algunas regiones del Altiplano de Ipiiales. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	15
Tabla	IV.	Estado del Calcio en el subsuelo de algunas regiones del Altiplano de Ipiiales. Resultados en ppm. y como porcentajes del calcio total.	16
Tabla	V.	Promedios de los estados del calcio en las regiones estudiadas del Altiplano de Ipiiales dadas como porcentajes del calcio total.	17
Tabla	VI.	Contenido máximo, promedio y mínimo de las distintas fracciones de calcio en los grupos de suelos estudiados. Resultados en ppm.	18
Tabla	VII.	Ecuaciones de Regresión y Coeficientes de Correlación.	28

ILUSTRACIONES

	Fig.
Figura 1. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el suelo.	19
Figura 2. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el sub suelo.	20
Figura 3. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio, en el Altiplano de Ipiales.	21
Figura 4. Porcentajes promedios de las distintas fraccio nes de calcio en los grupos de suelos estudia dos.	22

FRACCIONAMIENTO DEL CALCIO EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE IPICHAL (+)

Por

ALVARO PARRA CASTRO

I. INTRODUCCION

El hecho de que el calcio sea considerado como un macronutriente, obliga a que se lo investigue de la misma forma en que se ha estudiado el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Es bien conocida la influencia que tiene este elemento en la reacción del suelo, fenómeno que regula prácticamente muchos de los aspectos nutricionales de las plantas.

Relativamente son muy pocos los trabajos que se conocen de este elemento, siendo más que todo investigaciones sobre la respuesta de los suelos a diversos niveles y tipos de enriquecimiento.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas, en los últimos años, han sido estudiados con notoria atención, encontrándose resultados sorprendentes, tanto para el nitrógeno como para el fósforo y el potasio. Desafortunadamente para el calcio, en estas mismas condiciones, se poco lo que se conoce, sobre todo en lo que respecta a las diversas fracciones que conforman el calcio total.

Con miras a ampliar el mayor conocimiento de este elemento primario

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Joaquín Gamboa Jaimes, I.A., M.Sc.

rio, se programó el presente trabajo, cuyo objetivo principal es el de conocer la concentración de las distintas formas de calcio a saber: Calcio total, calcio activo, calcio inactivo, calcio intercambiable y calcio soluble en agua, en los suelos del Altiplano de Iquitos, influenciados por los materiales magmáticos de los volcanes Cuzco, Anzures y Chila.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CALCIO EN LOS SUELOS.

El contenido de calcio total, en suelos no calcáreos, varía entre 0,1 y 2,0% y puede llegar a representar hasta un 25%, en suelos calcáreos. El calcio intercambiable va desde 1 a 50 meq/100 gr. de suelo, la fracción soluble en agua es muy variable (Berger y Pratt, 6).

Durán (24) dice que el calcio intercambiable de los suelos disminuye a medida que aumenta la meteorización química de los mismos, hasta 0,50 meq/100 gr., que es el promedio de los suelos del terciario del Amazonas (Blasco, 8). El mismo autor (+) señala que el promedio normal de los suelos se aproxima a 12 meq/100 gr., siendo este el contenido de los suelos volcánicos de Maricao (Carafa, 28; Ordoñez, 44).

De acuerdo a Duchaufour (22), el calcio (carbonato) inactivo del suelo se encuentra en la fracción gruesa (arenas) del suelo, en cambio el activo está en la parte fina (arcillas y limos). Dice que el inactivo muestra una débil actividad química, y en aguas cargadas de CO_2 es poco soluble, al contrario del activo que fácilmente soluble en dichas aguas, el cual a medida que se solubiliza pasa a formar parte del complejo absorbente del suelo.

El calcio se encuentra formando parte de minerales como las plagioclasas y rocas como gabbros, basaltos y diatemas. La fuente más importante de calcio en el suelo es el carbonato de calcio (Marín, 38).

(+) Comunicación personal.

2.2 EL CALCIO EN RELACION CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

El papel más importante del calcio en el aspecto químico de los suelos, de acuerdo a Coleman y Thomas (19), es neutralizar la acidez de los mismos. En relación a elementos menores, un exceso de calcio induce a deficiencias de éstos, a excepción del molibdeno (Hecke and Lathwell, 51). Por otra parte, aumenta la asquibilidad del fósforo. La deficiencia de calcio en los suelos, da lugar a la toxicidad de elementos menores, en especial del aluminio, hierro y manganeso, para el crecimiento de las plantas (Woodruff, 53). La solubilidad del magnesio, potasio y sodio no mejora con la adición de calcio al suelo (Santaelia y González, 47).

Millet (41) señala que cuando la sedimentación carbonatada es de origen orgánico, el calcio domina por completo al magnesio. Pero cuando los carbonatos son de origen silicatado, el magnesio predomina casi totalmente. En el caso de que la sedimentación sea química, estos elementos muestran concentraciones similares. De acuerdo a lo anterior, la relación Ca/Mg dependerá del tipo de sedimentación.

Estudios realizados en Colombia señalan que la relación Ca/Mg , 2:1 es óptima para las plantas (León, 35). La materia orgánica retiene preferencialmente al calcio sobre el magnesio y esta selectividad por el calcio se incrementa a medida que aumenta la proporción de magnesio intercambiable del suelo (Salmon, 46). Respecto a la preferencia por el calcio, de acuerdo a Naylor y Overstreet (42), con relación al sodio, también vale lo anterior, o sea que la materia orgánica lo retiene con preferencia sobre el sodio y que aumenta la selectividad a medida que aumenta la proporción de sodio intercambiable. Jao y Barber (34) señalan que lo mismo sucede entre el calcio y el estroncio, pero en la fracción orgánica del suelo, ya que el estroncio lleva prelación de retención en la fracción inorgánica.

Físicamente, el calcio es importante por su acción floculante sobre las partículas del suelo, por lo que de este modo mejora la granulación, lo que implica condiciones deseables de aireación y drenaje (Davor,

5; Buckman y Brady, 15).

El calcio (radio iónico $0,67 \text{ \AA}$) es un catión más bien pequeño, con una alta energía de hidratación, por medio de la cual tiende a separar las láminas de las arcillas, incrementando de este modo su intercambio por otros cationes (Norris, 43). Aprovechando la anterior propiedad del calcio, Blasco y Cornfield (9) emplearon sus sales para determinar el N-NH_4^+ intercambiable de los suelos. El calcio aumenta la capacidad catiónica de cambio de los suelos, al aumentar el pH, debido a la ionización de los grupos de superficie por la adsorción de iones OH^- (Hunter y Alexander, 31).

Al favorecer el calcio la descomposición de la materia orgánica, aumenta la vida microbial de los suelos y, así mismo aumenta el proceso de amonificación (Escobar y Martínez, 25). Pero la adición de calcio no mejora las condiciones de nitrificación en suelos tropicales (Blasco y Cornfield, 10; Escobar y Martínez, 25), ni en suelos volcánicos (Bormisza y Pineda, 13), debido probablemente a la formación de humatos cálcicos estables.

En la pedogénesis del suelo, las relaciones de sodio y calcio sirven para clasificar los suelos halomórficos (Duchaufeur, 22). Por otro lado, 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. Es importante en el orden de los Aridisoles (Soil Survey Staff, 49).

2.3 EL CALCIO Y LAS PLANTAS.

El calcio aparece como esencial para el crecimiento de los microorganismos, y particularmente para el desarrollo y funcionamiento adecuados

de los ápices de las raíces. Está también presente como reactivo de calcio, el cual es un constituyente de la lámina media de la pared celular y posiblemente por esta razón tiende a acumularse en la hoja (Russell y Russell, 45). La mayor parte del calcio dentro de las plantas aparece en forma soluble, es poco móvil y se concentra en las hojas adultas (Jacob y Uexküll, 33).

Hay evidencias de que el mal crecimiento de las plantas, en suelos ácidos de pH elevado se debe, al menos en parte, a la deficiencia del calcio (Chang y Dregan, 17). A la vez, un exceso de calcio en relación a la planta, puede inhibir la asimilación del potasio y viceversa (Jacob y Uexküll, 33; Barber y Humbert, 3).

Para una buena producción agrícola, señalan varios autores (Martin et al., 39; Welch y Nelson, 52; Barrowe y Broadoff, 4), que la saturación de calcio asegurable en los suelos debe estar comprendida entre 15 y 35% (en relación a la capacidad catiónica de cambio).

La deficiencia de calcio muestra dos efectos sobre la planta: causa un desarrollo raquítrico del sistema radicular y de una apariciabagante característica a la hoja; también puede tener un efecto indirecto sobre la planta, permitiendo la acumulación de otras sustancias en los tejidos en cantidad suficiente para disminuir su vigor o dañarla totalmente (Russell y Russell, 45).

Berger y Pratt (6) indican que cuando la deficiencia es moderada no afectadas las hojas jóvenes, las cuales muestran puntos necróticos, además de un mal desarrollo. Pero cuando es mayor la deficiencia, los ápices o yemas de crecimiento mueren.

2.4 EL CALCIO Y LA DISPONIBILIDAD DE LOS OLIGOELEMENTOS.

La acción de los diferentes elementos menores frente a las variaciones de pH ocasionadas por el encalamiento no es uniforme, ya que a una mayor acidez hay mayor disponibilidad de hierro, manganeso, boro, cobre y zinc; en cambio el molibdeno se hace más soluble al aumentar el pH del suelo (Tisdale y Nelson, 50).

2.4.1 Molibdeno.

El único oligoelemento que tiene un comportamiento igual al fósforo es el molibdeno (Black, 7; Tisdale y Nelson, 50), ya que su disponibilidad aumenta cuando se encala un suelo ácido.

2.4.2 Hierro.

Según Russell y Russell (45), la deficiencia de hierro ocurre típicamente en suelos calizos, y su deficiencia se debe a un exceso de fósforo o falta de potasio en suelos neutros. En condiciones alcalinas, los iones ferrosos y férricos tienen mucha afinidad por el ión hidróxido (OH^-), formando hidróxidos insolubles; este es un fenómeno importante en suelos calizos, margas o suelos regados con aguas ricas en carbonato de calcio (Demolon, 21).

2.4.3 Boro.

Un sobre-encalado perjudica la absorción de boro por las plantas y, además, el rango de separación entre el nivel de toxicidad y el nivel tóxico es bastante estrecho (Demolon, 21). La mayor dificultad que tienen las plantas para su desarrollo en suelos alcalinos, es la no disponibilidad de boro, hierro, manganeso, y zinc, pues en estas condiciones los elementos anteriores se encuentran generalmente en formas insolubles (Russell y Russell, 45).

2.4.4 Manganeso.

Según Tisdale y Nelson (50), el manganeso se encuentra en el suelo en formas di, tri y tetraivalente, siendo solamente la primera soluble y disponible para la planta. Graven, Stoe y Smith (30) dicen que la sobre-saturación con agua, aumenta las cantidades cambiabiles de manganeso junto con las concentraciones del mismo elemento en las plantas, en cambio el encalado promueve la inmovilización de manganeso.

2.4.5 Zinc.

El encalado de los suelos ácidos induce muchas veces la deficiencia de zinc, y esto se debe a la absorción de este elemento por los carbonatos de calcio y principalmente del magnesio; se cree que en este último el zinc sustituye al magnesio en la estructura cristalina (Tisdale y Nelson, 50).

Según Bear (11), el encalado controlaría el exceso de zinc en el suelo.

2.4.6 Cobre.

Black (7) dice que no hay ninguna relación entre el pH del suelo y la disponibilidad del cobre.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES.

3.1.1 Descripción del área.

Según Oviedo, citado por Dulce y Santacruz (23), el Altiplano de Ipiales está situado a $1^{\circ}49'39''$ Lat. N., y $77^{\circ}38'14''$ Long. W. del meridiano de Greenwich, con 88,90 cms. de presión atmosférica, precipitación anual de 750 mm. y a una altura de 2.896 mts. sobre el nivel del mar.

Las formaciones geológicas presentes en el Altiplano de Ipiales son la Paleozoica y la Post-jurásica, las cuales comprenden rocas ígneas y metamórficas no diferenciadas que constituyen un conjunto de neis, anfibolitas y esquistos, en el que se producen intrusiones de diques que afloran en el sector meridional (Colombia, 20).

El Altiplano de Ipiales se encuentra en el piso térmico frío, a excepción de una mínima parte hacia el sur-este en donde se encuentran los pisos térmicos templado y cálido (Chaves, 18).

De acuerdo a las distintas formaciones vegetales propuestas por Holdridge y seguidas por Espinel y Montenegro (26), en el sector estudiado se encuentran las siguientes formaciones vegetales: Bosque Húmedo Montano y Bosque Muy Húmedo Montano.

Los suelos del área estudiada presentan, tanto en el suelo como en el subsuelo, texturas que van de franco-arenosas a arenosas-francas (Dulce y Santacruz, 23).

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 métodos empleados fueron los siguientes:

3.2.1 Humedad.

Se calculó el agua retenida por el suelo, por diferencia de peso expresado en base seca, en estufa regulada a 105°C, durante 24 horas (Silva, 48).

3.2.2 pH.

Se empleó el método del potenciómetro, con una relación suelo/agua de 1:1 (Jackson, 32).

3.2.3 Fraccionamiento del calcio.

3.2.3.1 Calcio total.

Se siguió el procedimiento descrito por Jackson (32). La concentración de las distintas muestras se determinó por medio de titulación con Versamo, siguiéndose la técnica indicada por Bormann y Sais (14).

3.2.3.2 Calcio activo.

Se empleó la técnica de Drouineau, modificada por Gohu

y Frank (cit. Buchaufour, 22). La fórmula que da la técnica fue modificada de la siguiente forma: $(F-a)(50,1)(100-Ps)$, para incluir la humedad del suelo, y expresar los datos en ppm. de calcio activo, en base de suelo seco a 105°.

3.2.3.3 Calcio soluble en agua.

Se siguió la técnica de McLean (40). La concentración de las distintas muestras se determinó por medio de titulación con Verseno, siguiéndose la técnica indicada por Hornomisma y Saiz (14).

3.2.3.4 Calcio intercambiable.

Se siguió el procedimiento tradicional de Schollenberger y Simon (cit. Angulo et al., 2). La concentración de las muestras se determinó por titulación con Verseno, siguiéndose la técnica indicada por Hornomisma y Saiz (14).

3.2.3.5 Calcio inactivo.

Esta fracción se determinó por diferencia entre el calcio total y el calcio activo.

TABLA I

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

REGIONES	pH	HUMEDAD %	K.O. %	G.O.C. mg/100 gr.	ALTURA m. s. n. m.
ALHAMA	6,4	9,37	5,17	21,05	3.000
SAN LUIS	6,0	3,24	1,21	15,57	3.000
CARLOSANA 1	5,7	6,58	3,83	18,15	2.900
CARLOSANA 2	5,5	7,43	10,02	32,66	2.900
IPIALES 1	6,1	4,41	1,69	16,54	3.000
IPIALES 2	6,8	10,06	6,14	35,34	2.940
IPIALES 3	5,4	14,93	10,19	36,54	2.980
IPIALES 4	6,2	3,75	3,00	14,92	2.850
IPIALES 5	6,6	6,81	3,17	21,20	2.870
IPIALES 6	6,5	3,35	11,71	11,74	2.840
IPIALES 7	5,9	3,51	1,31	10,82	2.850
IPIALES 8	5,7	5,12	-7,40	25,88	2.790
POPIALES 1	5,4	2,58	4,19	13,66	2.790
POPIALES 2	5,4	7,61	5,40	22,16	2.840
POPIALES 3	6,1	10,35	4,24	28,64	2.920
POPIALES 4	5,6	9,15	4,93	29,59	2.850
POPIALES 5	6,0	4,05	5,74	19,44	2.980
POPIALES 6	5,6	10,63	8,52	26,50	2.870
POPIALES 7	5,4	10,73	13,40	34,88	2.910

TABLA II

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUBSUELOS DE DIFERENTES REGIONES DEL ALTIPLANO DE IPÍALES

REGIONES	PH	HUMEDAD %	H.O. %	C.C.O. mg/100 gr.	ALTURA m.s.n.m.
ALBANA	5,9	6,24	6,93	21,12	3.000
SAN LUIS	5,6	2,34	0,43	15,11	3.000
CARLOSANA 1	5,9	15,69	0,84	29,34	2.900
CARLOSANA 2	5,1	9,61	6,12	30,05	2.900
IPÍALES 1	6,3	1,09	0,16	9,06	3.000
IPÍALES 2	7,0	6,04	4,34	25,82	2.940
IPÍALES 3	6,2	8,79	5,33	17,80	2.980
IPÍALES 4	5,4	4,39	1,66	14,67	2.850
IPÍALES 5	6,4	16,08	2,22	31,67	2.870
IPÍALES 6	6,1	4,12	4,91	15,02	2.840
IPÍALES 7	6,4	14,58	5,36	39,86	2.850
IPÍALES 8	5,5	4,46	4,69	19,61	2.790
PUPIALES 1	5,6	3,62	5,90	12,66	2.790
PUPIALES 2	5,1	13,60	3,55	32,14	2.840
PUPIALES 3	5,5	10,38	1,36	27,89	2.920
PUPIALES 4	5,7	4,05	4,79	12,78	2.850
PUPIALES 5	5,6	3,87	3,96	15,28	2.980
PUPIALES 6	5,8	23,53	4,53	29,03	2.870
PUPIALES 7	5,3	11,48	8,59	29,13	2.910

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

La concentración de las distintas fracciones de calcio y las cantidades porcentuales con referencia al calcio total, se presentan en las tablas III a VI. Los gráficos 1 a 4 muestran la variación promedio de las concentraciones en los suelos estudiados.

El calcio total, en términos generales, se presenta en cantidades promedias altas: 14.156,79 ppm. para el suelo, superando las encontradas por Gabbán (27) en suelos del Altiplano de Pasto, cuya concentración promedio para el suelo fué de 9.119,88 ppm. Lo mismo puede decirse en lo que respecta al subsuelo.

Si se relacionan los promedios del calcio total encontrados en el presente trabajo con los encontrados en el Altiplano de Pasto, se observa que existe una diferencia mayor de 36% para el suelo y de 30% para el subsuelo. Desafortunadamente no se determinó el calcio total en el material parental que ha dado origen a estos suelos. En el caso del Altiplano de Pasto, los análisis demostraron una alta cantidad de calcio total en la roca madre, clasificada como una posible ~~anortita~~.

En este trabajo, los suelos estudiados están influenciados por materiales provenientes de los volcanes Azufra, Cumbal y Chiles. Es muy posible que en estos volcanes también estén predominando los feldespatos puros, en este caso las plagioclases calcicas que son un silicato aluminocalcico; también existe la posibilidad de que aparezcan soluciones sólidas o sea una mezcla de albita y anortita.

De todos modos, los suelos con origen volcánico presentan en general altos contenidos de calcio, si se tiene en cuenta que en promedio las rocas ígneas presentan un 3,60% de este elemento, superándolo al hierro,

TABLA III

ESTADO DEL CALCIO EN EL SUELO DE ALGUNAS REGIONES DEL ALTIPLANO DE IPATALES
RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

REGION	Ca. TOTAL ppm.	Ca. ACTIVO ppm.	Ca. INACTIVO ppm.	Ca. INTENS. ppm.	Ca. SOLUBLE ppm.
ALBANA	22,645,20	4,798,60 (21,20)	17,846,60 (78,80)	1,919,60 (8,50)	234,40 (1,00)
SAN LUIS	21,943,80	7,760,60 (35,40)	14,183,20 (64,60)	1,446,90 (6,60)	360,70 (1,60)
CARLOSANA 1	22,745,20	4,274,70 (18,70)	18,472,50 (81,30)	1,260,50 (5,50)	170,30 (0,80)
CARLOSANA 2	18,276,50	8,613,50 (47,10)	9,663,00 (52,90)	2,797,60 (15,30)	452,90 (2,50)
IPATALES 1	13,346,40	6,796,40 (50,90)	6,550,00 (49,10)	543,10 (4,10)	352,70 (2,70)
IPATALES 2	18,854,40	8,279,50 (43,90)	10,574,90 (56,10)	5,294,60 (28,00)	563,10 (3,00)
IPATALES 3	11,222,40	6,331,00 (56,40)	4,891,40 (43,60)	2,555,10 (22,80)	344,70 (3,10)
IPATALES 4	13,226,40	3,121,40 (23,60)	10,105,00 (76,40)	2,052,10 (15,50)	352,70 (2,70)
IPATALES 5	8,117,60	6,418,70 (79,10)	1,698,90 (20,90)	2,278,50 (28,30)	278,60 (3,40)
IPATALES 6	13,226,40	5,691,80 (43,10)	7,534,60 (56,90)	1,200,40 (9,10)	124,30 (0,90)
IPATALES 7	8,937,80	1,552,50 (17,40)	7,385,30 (82,60)	1,160,30 (12,90)	124,20 (1,40)
IPATALES 8	17,474,90	4,740,00 (27,10)	12,734,90 (72,90)	2,527,00 (14,40)	84,20 (0,50)
POPIALES 1	13,767,50	6,166,30 (44,80)	7,601,20 (55,20)	1,088,20 (7,20)	206,40 (1,50)
POPIALES 2	9,418,90	8,091,50 (85,90)	1,327,40 (14,10)	1,358,70 (14,40)	216,40 (2,30)
POPIALES 3	11,623,20	7,339,00 (63,10)	4,284,20 (37,00)	1,747,50 (15,00)	176,40 (1,50)
POPIALES 4	13,286,50	5,465,90 (41,20)	7,820,60 (58,80)	1,657,70 (12,50)	130,30 (1,00)
POPIALES 5	14,128,20	9,389,80 (66,50)	4,738,40 (33,50)	2,222,40 (15,70)	208,40 (1,50)
POPIALES 6	9,418,80	8,317,10 (88,30)	1,101,70 (11,70)	1,883,80 (20,00)	178,40 (1,90)
POPIALES 7	23,046,00	6,653,10 (28,90)	16,392,90 (71,10)	1,642,30 (7,10)	132,30 (0,60)

TABLA IV

ESTADO DEL CALCIO EN EL SUBSUELO DE ALGUNAS REGIONES DEL ALTIPLANO DE IPATALES
RESULTADOS EN ppm. Y COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

REGION	Ca TOTAL ppm.	Ca ACTIVO ppm.	%	Ca INACTIVO ppm.	%	Ca INTERO. ppm.	%	Ca SOLUBLES ppm.
ALHAMA	13,597,10	11,172,20	(82,20)	2,414,90	(17,70)	1,809,60	(13,30)	234,10 (1,70)
SAN LUIS	17,555,00	6,698,80	(38,20)	10,856,20	(61,80)	5,981,90	(34,00)	268,50 (1,50)
CARLOSANA 1	9,859,70	7,532,10	(76,40)	2,327,60	(23,60)	1,715,40	(17,40)	138,30 (1,40)
CARLOSANA 2	14,008,00	10,971,00	(78,30)	3,037,00	(21,70)	1,733,50	(12,40)	132,30 (1,00)
IPATALES 1	17,635,20	2,022,00	(11,50)	15,613,20	(88,50)	424,90	(2,40)	61,20 (0,40)
IPATALES 2	13,527,60	9,561,20	(70,70)	3,966,40	(29,30)	3,184,60	(22,60)	206,40 (1,50)
IPATALES 3	13,827,50	9,269,80	(67,00)	4,557,70	(33,00)	2,418,80	(17,50)	130,30 (0,90)
IPATALES 4	11,022,00	8,372,90	(76,00)	2,649,10	(24,00)	1,881,80	(17,10)	314,60 (2,90)
IPATALES 5	15,030,00	10,472,20	(69,30)	4,557,80	(30,70)	2,326,70	(15,50)	240,00 (1,60)
IPATALES 6	8,880,00	4,174,10	(47,00)	4,705,90	(53,00)	1,104,20	(12,40)	312,60 (3,50)
IPATALES 7	14,639,30	5,168,50	(35,20)	9,470,80	(64,80)	2,444,90	(16,70)	92,20 (0,60)
IPATALES 8	13,346,80	10,470,90	(78,50)	2,875,70	(21,50)	1,653,30	(12,40)	84,10 (0,60)
PUPIALES 1	13,226,40	6,744,40	(51,00)	6,482,00	(49,00)	1,100,20	(8,30)	166,30 (1,30)
PUPIALES 2	9,659,30	7,806,30	(80,80)	1,853,00	(19,20)	1,593,20	(16,50)	90,20 (0,90)
PUPIALES 3	14,128,20	11,062,60	(78,70)	3,065,40	(21,70)	1,394,00	(9,90)	88,20 (0,60)
PUPIALES 4	8,859,70	6,250,40	(70,50)	2,609,30	(29,50)	1,100,20	(12,50)	166,30 (1,90)
PUPIALES 5	8,857,70	2,597,50	(29,30)	6,260,20	(70,70)	1,456,90	(16,40)	166,20 (1,90)
PUPIALES 6	10,530,50	6,804,90	(64,60)	3,725,60	(35,40)	2,352,70	(22,30)	148,30 (1,40)
PUPIALES 7	11,873,70	8,373,60	(70,50)	3,500,00	(29,50)	1,899,80	(16,00)	90,20 (0,80)

TABLA V

PROMEDIOS DE LOS ESTADOS DEL CALCIO EN LAS REGIONES ESTUDIADAS DEL ALTIPLANO DE IPÍALES
DADOS COMO PORCENTAJES DEL CALCIO TOTAL

ESPECIFICACION	Ca TOTAL	Ca ACTIVO	Ca INACT.	Ca INTERM.	Ca SOLUBLE
SURIO	100,00	42,28	57,72	13,69	1,74
SUBSUELO	100,00	60,60	39,40	16,55	1,30
GENERAL	100,00	53,35	46,65	15,01	1,57

TABLA VI

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS DISTINTAS FRACCIONES DE CALCIO EN LOS ORZOS
DE SUELOS ESTUDIADOS. Resultados en ppm.

ESPECIFICACION	CONTENIDO	Ca TOTAL	Ca ACTIVO	Ca INTERG.	Ca SOLUBLE
SUELO	MAXIMO	23.046,00	9.389,80	5.294,60	563,10
	PROMEDIO	14.156,79	6.268,71	1.938,60	246,91
	MINIMO	8.117,60	1.552,50	543,10	84,20
SUBSUELO	MAXIMO	17.635,20	11.172,20	5.981,90	314,60
	PROMEDIO	12.635,97	7.659,25	1.978,10	164,75
	MINIMO	8.857,70	2.597,50	424,90	61,20
GENERAL	MAXIMO	23.046,00	11.172,20	5.981,90	563,10
	PROMEDIO	13.052,88	6.964,24	1.958,33	205,83
	MINIMO	8.117,60	1.552,50	424,90	61,20

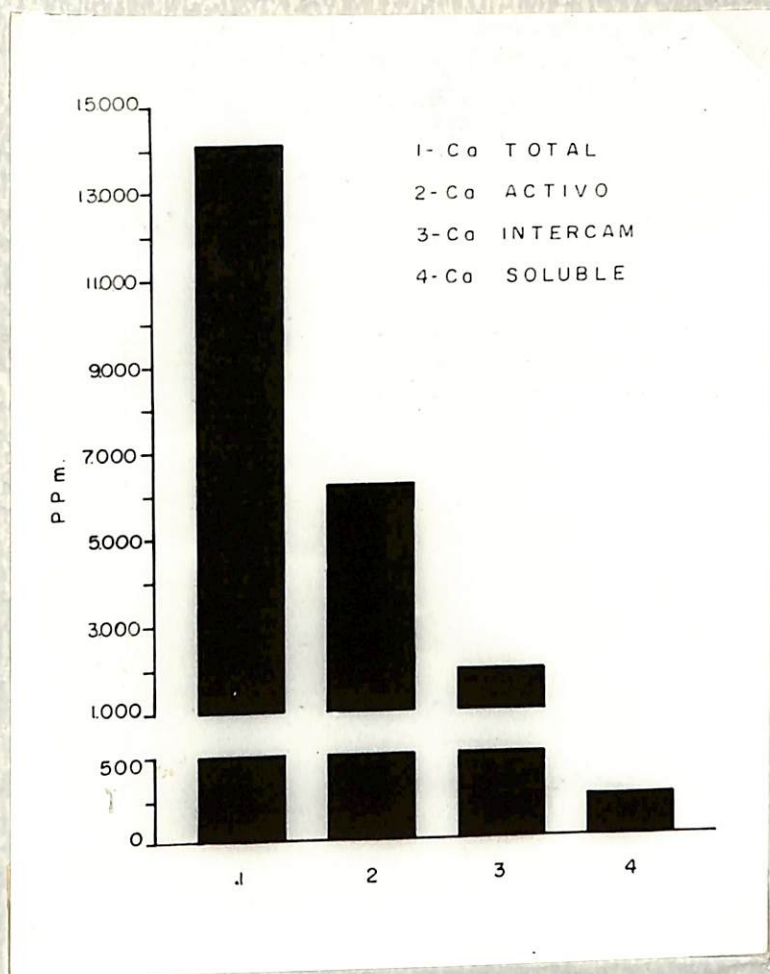


Figura 1. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el suelo.

Fotocopia: A. Duarte

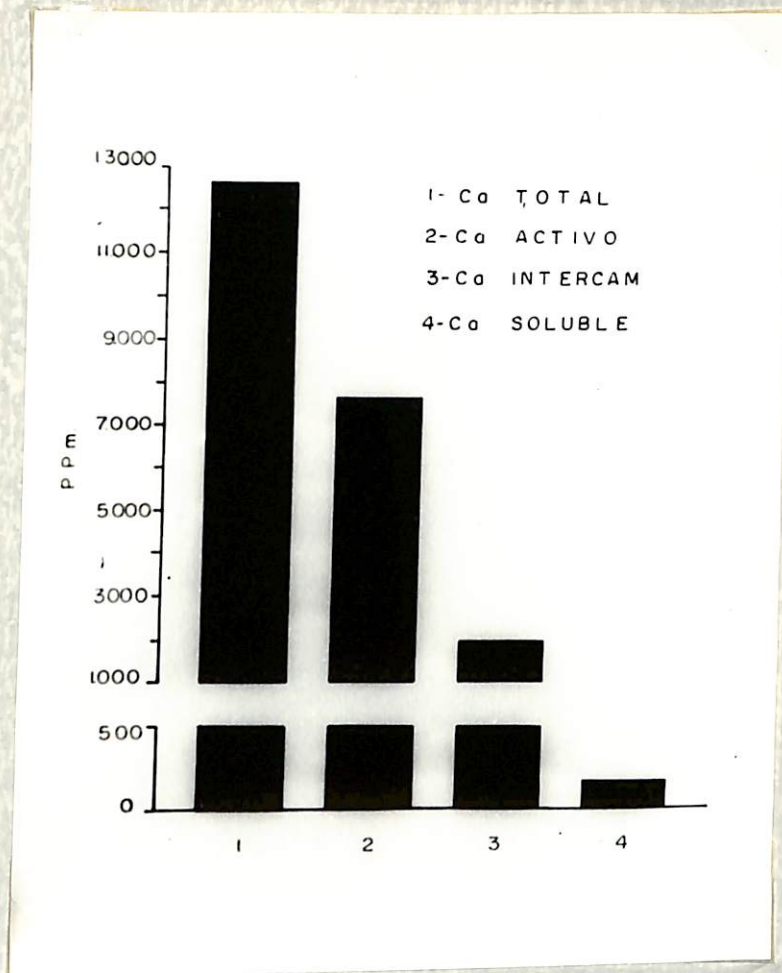


Figura 2. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el sub-sue-lo.

Fotocopia: A. Duarte

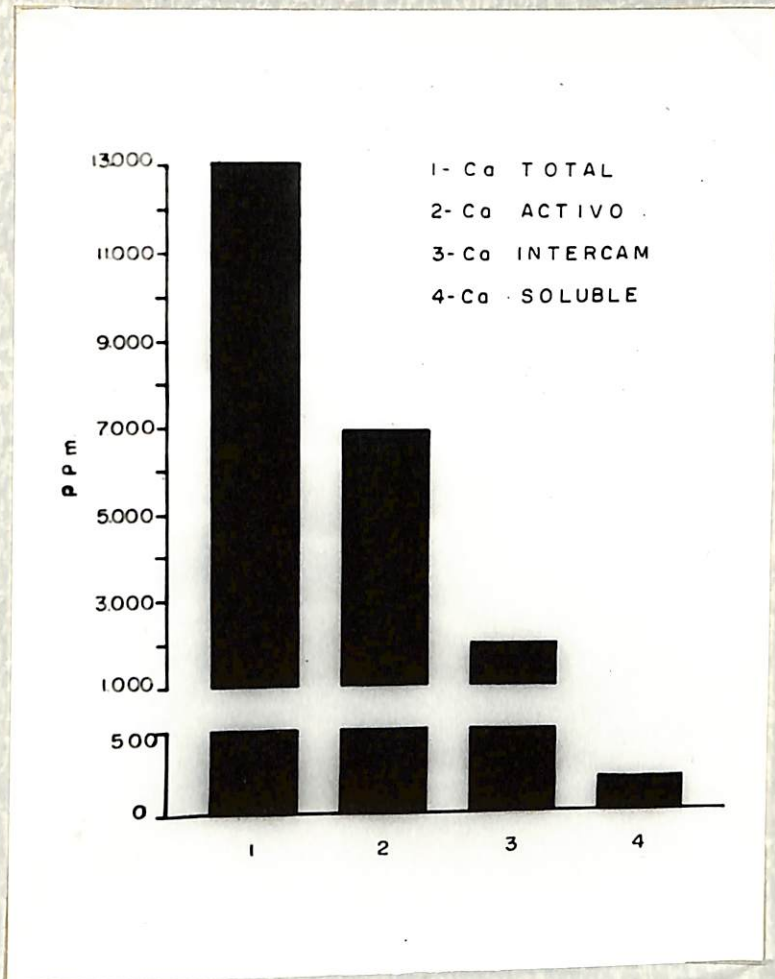


Figura 3. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el Altiplano de Iquitos.

Fotocopia: A. Duarte

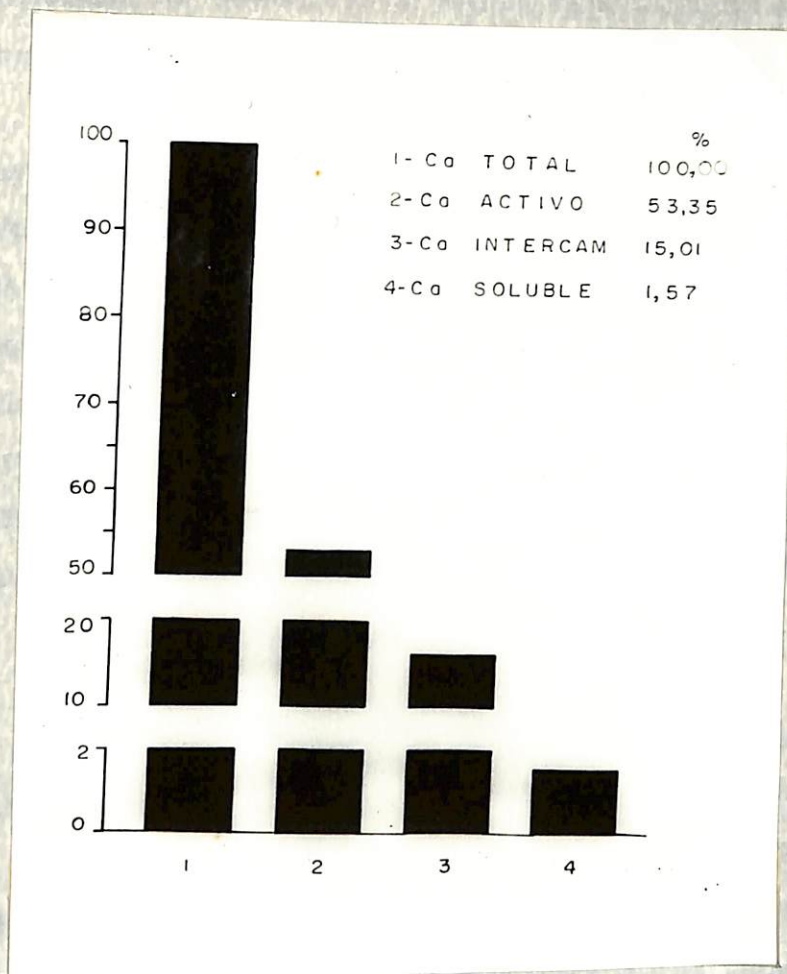


Figura 4. Porcentajes promedio de las distintas fracciones de calcio en los grupos de suelos estudiados.

Fotocopia: A. Duarte

el aluminio y silicio, en lo que respecta a minerales (González, 29). Resultados similares al porcentaje de calcio encontrado en las rocas ígneas, fueron determinados por Anésguita y Figueroa (1) y López y Rodríguez (36).

Los resultados obtenidos en el estudio del material parental del volcán Cumbal, indican un 3,01% de óxido de calcio. Como bien es conocido, altas cantidades de calcio total, influyen teóricamente en la reacción del suelo, presentándose un pH ligeramente básico. En los suelos del Altiplano de Pasto el pH osciló entre 5,2 y 6,3; el investigador Gaddán (27) explica con mucha razón, que este resultado se debe a la presencia de geles aluminicos polimerizados, que constituyen el componente principal de la alófana; la cual ofrece una alta capacidad amortiguadora que limita el aumento del pH.

En el presente caso el pH oscila entre 5,1 y 7, encontrándose que en un 60% de las muestras estudiadas predomina un pH ligeramente neutro y en algunos casos como en las muestras de Ipiales 2, se alcanzó hasta un pH 7. Lo anterior explica que la cantidad de calcio total, comparada con la detectada en el Altiplano de Pasto, pudo influir en el aumento de pH en el suelo. A pesar de que existe también la misma capacidad amortiguadora debida a la alófana, la diferencia de calcio total detectada, para estas dos regiones, incidió posiblemente en el aumento del pH de estos suelos (36% mayor para el suelo y 30% para el subsuelo).

El calcio activo presentó un porcentaje menor que el detectado por Gaddán (27), para suelos del Altiplano de Pasto. En el presente trabajo correspondió al 44,28% del calcio total, mientras que en el estudio antes mencionado fue de 68,11%. En el subsuelo la diferencia fue menor, 60,60% en comparación con el 68,41% determinado en las muestras estudiadas del Altiplano de Pasto.

Si se tiene en cuenta el concepto de Buchaufour (22), quien explica que el calcio inactivo se presenta en la fracción arenosa gruesa del suelo y que la parte activa de este mismo elemento predomina en las arcillas y limos, se podría pensar que en el suelo hay un dominio de la fracción inactiva sobre la activa, máxime si se tiene en cuenta que la textura determinada en estos suelos fué arenosa-franca; resultados distintos a los obtenidos por Gabbán (27). En cambio, para el subsuelo si existe un predominio de la fracción activa sobre la inactiva.

Además, se debe tener en cuenta que la textura del primer horizonte en los suelos del Altiplano de Pasto es franco-arcillosa a arcillosa, diferente a la franco-arenosa de los suelos del Altiplano de Ipiales. Esto puede indicar una menor meteorización en los suelos estudiados; lo que permitiría catalogarlos como medianamente maduros. Por el hecho de presentar una concentración de calcio activo menor en el suelo, debido a lentos procesos de meteorización, la fracción activa se ha ido convirtiendo paulatinamente en calcio intercambiable, que bien pudo ser tomado por la planta o lixiviarne. Como la meteorización no ha permitido el paso normal de la fracción inactiva, de allí los resultados obtenidos.

En anterior discusión, permitiría conceptuar que probablemente el encañamiento de resultados más satisfactorios, en estas zonas que los obtenidos en algunos trabajos efectuados en el Altiplano de Pasto (Burbano, et al., 16).

Como bien lo explica Gabbán (27), al existir un predominio de la fracción activa los encañamientos efectuados la aumentan, permitiendo que se presenten problemas de tipo antagónico con otros elementos.

En el presente caso, en que existe una diferencia menor aproximada de 24% con relación a los suelos del Altiplano de Pasto, es muy posible

que no se presenten los problemas nombrados anteriormente y que los en-
calamientos en los suelos del Altiplano de Ipiales, a la vez que suban el
pH, respondan concretamente a esta práctica.

El calcio intercambiable encontrado en el presente trabajo, presen-
ta un promedio de 13,69% para el suelo y 13,65% para el subsuelo, porcen-
tajes superiores a los obtenidos por Gabbán (27), 10,14% y 6,82%, respec-
tivamente.

Se puede observar que en el Altiplano de Ipiales la forma intercan-
biable representa el 33% del calcio activo y solo un 20% para los suelos
del Altiplano de Pasto. Es decir, que probablemente existe una mayor diná-
mica de este elemento con respecto al paso de la forma activa a la cambia-
ble, en los primeros debido a la meteorización de tipo físico-químico o
biológico.

Si se cataloga el calcio activo como una reserva lentamente dispo-
nible de la forma intercambiable en el suelo, puede existir la posibili-
dad de que mediante procesos de meteorización drástica éste disminuya rá-
pidamente, pero esto no quiere decir que lleguen a presentarse deficien-
cias en la fracción intercambiable, puesto que los factores meteorizantes
que disminuyeron la parte activa pueden también aumentarla a partir de la
inactiva.

Lo anterior presenta una semejanza con la dinámica del potasio en
el suelo, en donde la parte inactiva podría representar lo que se denomi-
na potasio no intercambiable total (Gabbán, +).

No se encontró correlación significativa entre el calcio total al

(+) Comunicación personal.

relacionarlo con el calcio activo, tanto para el suelo como para el subsuelo, los coeficientes de regresión fueron $r = 0,21$ y $r = 0,32$, respectivamente.

Comparando los suelos del Altiplano de Ipiales con los del Altiplano de Pasto, podrían representarse en los primeros problemas de baja concentración de calcio intercambiable, debido a la menor cantidad relativa de calcio activo con respecto al total, pero esto puede ser compensado con las respuestas que estos suelos ofrecerían al encalamiento.

Lo anterior corrobora la conclusión presentada por Gedón (27), quien afirma que la cantidad de calcio intercambiable no es un dato suficiente de la concentración de calcio asequible a la planta; es decir, que es necesario conocer la fracción activa, puesto que esta es la pauta para conocer la dinámica que se está presentando en el suelo y la posible respuesta a las prácticas del encalado.

La fracción soluble en agua presenta una mayor concentración promedio que la obtenida en suelos del Altiplano de Pasto y muy similar a los obtenidos por Bernemisz y Morales (12), en suelos influenciados por cenizas volcánicas de Costa Rica (Volcán Irazú). En efecto, se encontró que la fracción soluble directamente en agua para suelos del Altiplano de Ipiales fue de 246,91 ppm., en el suelo y 164,75 ppm., en el subsuelo, mientras que las correspondientes a la del Altiplano de Pasto presentaron 4,55 ppm., y 1,85 ppm., respectivamente.

Los resultados anteriores indican que se pueden presentar mayores pérdidas por lixiviación en los suelos estudiados en el presente trabajo, que en los correspondientes al Altiplano de Pasto. A pesar de que son suelos derivados de cenizas volcánicas en los que la retención de agua es al-

ta, puede suceder que el mejor drenaje representado por una gruesa capa de arena, sin horizontes arcillosos intermedios (clay pan), aumente el coeficiente de infiltración y la lixiviación sea considerable.

TABLA VII

EQUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION

X	Y	EQUACION DE REGRESION	"r" OBTENIDO	G.L.
CALCIO TOTAL	CALCIO ACTIVO	$Y = 6.269,20 + 0,08721X$	$r = 0.26347$	17
(SUELDO)				
CALCIO TOTAL (SUBSUELDO)	CALCIO ACTIVO	$Y = 7.659,24 + 0,17390X$	$r = 0.32729$	17

NS = No significativo

GL = Grados de libertad.

V. CONCLUSIONES

1. Los suelos del Altiplano de Ipiñan presentan alta concentración de calcio total. La fracción de calcio inactivo predomina sobre la de calcio activo en el suelo. La fracción activa predomina sobre la inactiva en el subsuelo.

2. Las cantidades de calcio intercambiable se pueden considerar como medianas, siendo el calcio soluble en agua bajo.

3. Las cantidades de calcio presentes en los suelos estudiados, pueden explicar, en parte, que la reacción del suelo se catalogara como ligeramente neutra a neutra.

4. La concentración de calcio activo, menor que la del inactivo para el suelo, demuestra que existe una posible respuesta a la predicción de encalamiento.

5. Bajos procesos de meteorización podrían incidir en una disminución de la fracción activa y por ende de la intercambiable.

6. Los resultados indican que se pueden presentar mayores pérdidas por lixiviación de calcio en estos suelos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se deben efectuar estudios sobre enclaustramiento de estos suelos, para conocer sus respuestas.

2. Se deben realizar estudios sobre pérdidas por lixiviación y capacidad de reposición del calcio asequible.

3. En los análisis rutinarios de suelos se debe involucrar la fracción activa, para conocer la dinámica que está presentando.

VII. RESUMEN

Los suelos estudiados en el presente trabajo provienen del Altiplano de Ipiales (Nariño, S.O. Colombia). El Altiplano oscila entre 2790 y 3000 m. sobre el nivel del mar. Teniendo como temperatura promedio 13°C. y una precipitación promedio de 750 mm. por año.

Se investigó el estado del calcio tanto para el suelo como para el subsuelo en las siguientes fracciones: calcio total, calcio activo, calcio inactivo, calcio intercambiable y calcio soluble.

Los resultados demuestran que el calcio total es alto (14.156,79 ppm. para el suelo y 12.635,79 ppm. para el subsuelo). Se presentó en el suelo un predominio de la fracción del calcio inactivo (55,72%) sobre la activa (44,28%), y el inverso para el subsuelo. La concentración del calcio intercambiable se consideró como mediana, siendo el calcio soluble en agua de mediano a bajo.

Existe la posibilidad de que estos suelos respondan adecuadamente a las prácticas del encalado.

El calcio total pudo influir parcialmente, para que se presentara en estos suelos pH ligeramente neutros a neutros.

SUMMARY

Some soils from the Highland of Ipiales (S.W. of Maricao, Colombia) were studied in the present work. The Highland altitude runs from 2970 to 3.000 meters above sea level (9.150 to 9.840 feet). Mean average temperature of 13°C (55,4°F) and a mean annual rainfall of 750 mm. (190,5 inches of water).

The study includes the stage of calcium in the soil as well as in the subsoil, in these fractions: total, active, inactive, exchangeable and soluble calcium.

The results show that total calcium content is high (14.156,79 ppm) for the soil and 12.635,79 ppm. for the subsoil). The inactive fraction being predominant (55,72%) over the active one (44,28%) the contrary was true for the subsoil. The exchangeable calcium concentration was considered to be a medium one, the calcium soluble in water, low to medium.

There is a possibility of a good response from these soils to liming.

The total calcium is the probably partial responsible of a slightly neutral to neutral pH content in the soils studied.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. AMEZQUITA, C.M. y C.A. FIGUEROA. 1970. Estudio de esquistos y sus relaciones moleculares en suelos de Maricao. Universidad de Maricao, Instituto Tecnológico Agrícola. Panto. (Tesis no publicada). 66p.
2. ANGULO, N. et al. 1970. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Maricao, Llanura del Pacífico. Universidad de Maricao, Instituto Tecnológico Agrícola. Panto. (Tesis no publicada). 116p.
3. BAKER, S.A. and R. P. HUMBERT. 1963. Advances in knowledge of potassium relations in the soil and plants. In McVickar, N. H. et al. ed. Fertilizer Technology and usage. Soil Sci. Soc. Amer., Madison. 231-268p.
4. BARROW, H.L. and DINGSDOFF, N. 1958. Effect of nitrogen, potassium, calcium and magnesium on mineral composition of lakland fine sand in relation to mineral content of tangleaves. Soil Science Soc. Amer. Proc. 22:426-431.
5. BAYER, L.D. 1967. Soil physics. 3th. ed. Wiley, New York. 370p.
6. BERGER, K.C. and P.F. PRATT. 1963. Advances in secondary and micro nutrient fertilisation. In McVickar, N.H. et al. ed Fertiliser technology and usage. Soil Sci. Soc. Amer., Madison. 287-340p.
7. BLACK, C.A. 1968. Soil plant relationships. 2a. ed. New York, John Wiley. 792p.
8. BLASCO, M. 1968. Información preliminar de los suelos del Amazonas

Colombiano. Anales edafológicos biológicos. 27:47-55.

9. BLASCO, H. y A.H. CORNFIELD. 1967. Comparación de diferentes extractantes para determinar el amonio intercambiable en los suelos del Valle del Cauca. Acta agronómica. 17:27-51.
10. _____. 1967. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen-mineralizing characteristic of the soils of Colombia (South America). Geoderma. 1:19-25.
11. BEAR, E.B. 1967. Chemistry of the soil: 2a. ed. New York, Reinhold. 517p.
12. BOKEMISZA, E. and J. MORALES. 1969. Soil Chemical characteristics of recent volcanic ash. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:528-530.
13. _____. y R. PINEDA. 1969. Minerales amorfos y mineralización del nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. B-7:1-7.
14. _____. y J.F. SAIZ. 1961. Métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. 107.p.
15. BUCKMAN, R.O. and H.C. BRADY. 1960. The nature and properties of soils. 6th. ed. McMillan, New York. 567p.
16. BURBANO, H. et al. 1969. Algunos aspectos del encalamamiento en suelos del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Revista Ciencias Agrícolas. 1:51-64.
17. CHANG, C.W. and H.E. DRISCOLL. 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.

18. CHAVES, E. 1959. Atlas de Maricao. Edit. Arco, Bogotá. 33p.
19. COLLEMAN, E.T. and G.A. THOMAS. 1964. Buffer curves of acid clays as effected by the presence of ferric iron and aluminium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:187-190.
20. COLOMBIA. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". 1963. El suelo. Su importancia y propiedades. Bogotá. 120p.
21. DEMOLON, A. 1966. Crecimiento de los vegetales cultivados. 5a. ed. Trad. del francés por José Pérez Malla. V. Barcelona, Omega. 587p.
22. DUCHAUFOUR, P. 1965. Précis de Pédologie. Masson, Paris. 481p.
23. DULCE, R.A. y M. SANTACRUZ. 1971. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos en el Altiplano de Ipiales, Maricao. Universidad de Maricao. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (Tesis no publicada). 59p.
24. DURAN, N. 1968. Algunas características químicas de los suelos algodoneros del sur de la Guajira. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. (Tesis mimeografiada). 96p.
25. ESCOBAR, H.E. y H. MARTINEZ. 1970. Efectos de las adiciones de cal y celulosa en la amonificación y nitrificación de los suelos de la Intendencia del Putumayo, Colombia. Universidad de Maricao, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (Tesis no publicada).

26. ESPINEL, T.L. y B. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá. Ins. Geogr. "Agustín Codazzi". 201p.
27. GADIAN, R.J. 1971. Algunos aspectos del calcio en el Altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias agrícolas. Pasto. (Tesis no publicada). 61p.
28. 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.
29. GONZALEZ, A. 1961. Curso de geología. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. (Mimeografiado). 121p.
30. GRAVEN, E.N., et al. 1965. Effect of lining and flooding of manganese toxicity in alfalfa. Soil Sci. Soc. of America Proceeding. 29:702-706.
31. 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.
32. JACKSON, M.L. 1960. Soil chemical analysis. 2nd. ed. Prentice Hall Inc. Englewood Cliff, N.Y. 438p.
33. JACOB, A. y H. UEXKULL. 1961. Fertilización (trad. L. López). International, Amsterdam. 626p.
34. JUCO, A.S.R. and S.A. BARNER. 1969. An explanation for the variability

lity in Sr-Ca exchange selectivity of soils, Clays and humic acid. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:360-363.

35. LEON, L.A. 1968. Relaciones: Calcio, magnesio y potasio en los suelos de la Florida, Popayán. Agricultura Tropical. 24:335-345.
36. LOPEZ, I.T. y A. RODRIGUEZ. 1970. Algunas consideraciones sobre la meteorización, el deslave y la edad de los suelos en cuatro regiones volcánicas del Sur de Colombia. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. (Tesis no publicada). 97p.
37. 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). 85p.
38. MARIN, M.G. 1966. Algunos aspectos del análisis de suelos. Agr. Trop. (Colombia). 22:175-182.
39. MARTIN, W.E. et al. 1953. Field correction of calcium deficiency on a serpentine soil. Agron. Jour. 45:204-208.
40. McLEAN, J.A. 1961. Potassium supplying power of some canadian soils. Canad. Jour. Soil Sci. 41:196-206.
41. MILLOT, G. 1964. Geologie des argiles. Masson, Paris. 499p.
42. NAYLOR, D.V. and R. OVERSTREET. 1969. Sodium-calcium exchange behavior in organic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:548-551.

43. FORRISH, E. 1954. The swelling of montmorillonite. *Paraday Soc. Dis.* 13:120-134.
44. ORDOÑEZ, G.H. 1969. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Universidad de Narino. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (tesis no publicada). 114p.
45. RUSSELL, J.E. y W.S. RUSSELL. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Trad. del Inglés, 9a. ed. por Gaspar González y González. Madrid. Aguilar. 801p.
46. SALMON, R.C. 1964. Cation exchange reactions. *Jour Soil Sci.* 15:273-283.
47. SANTABELLA, C. y A. GONZALEZ. 1965. Influencia del carbonato de calcio en las propiedades químicas de un suelo de la terraza de Villarrica (Cauca). *Acta Agronómica.* 15:33-60.
48. SILVA, F. et al. 1963. Métodos analíticos del Laboratorio de Suelos. 2a. ed. corr. y aum. Inst. Geogr. Agustín Codazzi. Bogotá. Departamento agrológico. 138p.
49. SOIL SURVEY STAFF. 1967. Supplement to soil classification system (7th Approximation). USDA. Washington. 207p.
50. TISDALE, L.S. and W.L. NELSON. 1967. Soil Fertility and Fertilizer. 2a. ed. New York. McMillan. 694p.
51. WEEKS, H.E. and D.J. LATHWELL. 1967. Crops response to lime in the northeastern United States. In Pearson, R.W. and Adams F. Soil acidity and liming. *Agron. Series No. 12.* ASA, Madison. 233-269.

52. WEIGH, 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.
53. WOODRUFF, C.W. 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.

T **UNIVERSIDAD DE NARIÑO**
631.82 Inventario: **57223**
P144 Autor: **Alvaro Parra Castro**
Ej. 1 Título: **Fraccionamiento del calcio en**



T
631.82
P144
Ej. 1

57223

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

5 7 2 2 3

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO