

T  
E-631.842  
M828  
Ej. 1

- II -

FRACCIONAMIENTO DEL CALCIO EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE TUQUERRES

Por

//  
JAIME HENRY MORALES M.

Tesis de grado presentada como requisito

parcial para optar al título

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

INGENIERO AGRONOMO

Artículo 1º del Acuerdo No 324 de 11 de Octubre de  
1966, acordado del Honorable Consejo Directivo de la  
Universidad. Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

PASTO- COLOMBIA

1.972.

A LOS ESFUERZOS DE MI MADRE

A MI ESPOSA

A MI ENSEÑA

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

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

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

JAYCE HENRY ROFALES R.

AGRADECIMIENTOS A:

A LOS ESFUERZOS DE MI MADRE

A MI ESPOSA

A MI HERMANA

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A. H. So.

FRANCISCO CORTES DE LA BEPHELLA

SERVIO GONZALEZ O. I.A.

FRANCO E. DEBAVIDES I.A.

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS,

DEDICO:

UNIVERSIDAD DE MEXICO.

JAIMÉ HENRY MORALES M.

Hoyos las personas que en una u

otra forma colaboraron en el de-

arrollo de presente trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION . . . . .	1
AGRADECIMIENTOS A: LITERATURA . . . . .	3
2.1 GENERALIDADES . . . . .	3
2.1.1 Geología . . . . .	3
2.1.2 Suelos . . . . .	3
2.2 GENERALIDADES DEL CALCIO . . . . .	4
2.2.1 Calcio en los Suelos . . . . .	4
2.2.2 Compuestos de Calcio . . . . .	4
2.2.1.1 Calcio en los Suelos . . . . .	4
JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A. M. Sc.	
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	
SERVIO GONZALEZ O. I.A.	4
2.2.2.1 Compuestos de Calcio . . . . .	4
FRANCO E. BENAVIDES I.A.	5
2.2.2.2 Minerales . . . . .	5
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS,	
UNIVERSIDAD DE NARIÑO.	5
2.3 ORIGEN DEL CALCIO . . . . .	5
2.3.1 Minerales . . . . .	5
2.3.2 Minerales . . . . .	5
2.4 EL CALCIO EN RELACION . . . . .	6
2.4.1 DEL SUELO . . . . .	6
Todas las personas que en una u	
otra forma colaboraron en el de-	
sarrollo de presente trabajo.	6
2.4.2 Propiedades . . . . .	6
2.4.2 Propiedades . . . . .	6
2.5 ACCION FISIOLOGICA DEL CALCIO . . . . .	8
2.5.1 El Calcio en la Vida Microbial . . . . .	8
2.5.2 Influencia del Calcio en la Planta . . . . .	8
III. MATERIALES Y METODOS . . . . .	10
3.1 MATERIALES . . . . .	10
3.1.1 Recolección del Agua . . . . .	10

CONTENIDO		Pág.
I.	INTRODUCCION . . . . .	1
II.	REVISION DE LITERATURA . . . . .	34
2.1	GENERALIDADES . . . . .	34
2.1.1	Geología . . . . .	34
2.1.2	Suelos . . . . .	34
2.2	GENERALIDADES DEL CALCIO. . . . .	45
2.2.1	Calcio en los Suelos . . . . .	46
2.2.2	Compuestos de Calcio . . . . .	47
2.3	ORIGEN DEL CALCIO EN EL SUELO . . . . .	50
2.3.1	Minerales y Rocas. . . . .	51
2.4	EL CALCIO EN RELACION CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO . . . . .	6
2.4.1	Propiedades Físicas. . . . .	6
2.4.2	Propiedades Químicas . . . . .	6
2.5	ACCION BIOLOGICA DEL CALCIO . . . . .	8
2.5.1	El Calcio en la Vida Microbial . . . . .	8
2.5.2	Influencia del Calcio en la Planta . . . . .	8
III.	MATERIALES Y METODOS . . . . .	10
3.1	MATERIALES . . . . .	10
3.1.1	Descripción del Area . . . . .	10

	Pág.
3.2 MUESTREO . . . . .	11
Tabla I. 3.3 METODOS . . . . .	13
3.3.1 Fraccionamiento del Calcio. . .	13
3.3.1.1 Calcio Total . . . . .	13
3.3.1.2 Calcio Activo. . . . .	14
Tabla II. 3.3.1.3 Calcio Soluble en Agua	14
3.3.1.4 Calcio Intercambiable	14
3.3.1.5 Calcio Inactivo. . . . .	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSION . . . . .	15
Tabla III. CANTIDADES PORCENTUALES DE LAS FRACCIONES de las distintas fracciones de calcio promedios con referencia al calcio total . . . . .	15
V. CONCLUSIONES . . . . .	36
VI. RESUMEN . . . . .	37
SUMMARY . . . . .	39
Tabla IV. Contenido máximo, promedio y mínimo de las distintas fracciones de calcio	41
VII. BIBLIOGRAFIA . . . . .	41
APENDICE . . . . .	49
Tabla V. Ecuaciones de Regresión y coeficientes de correlación entre calcio total y calcio activo . . . . .	34
Tabla VI. Ecuaciones de regresión y coeficientes de correlación entre calcio activo y calcio intercambiable . . . . .	35

TABLAS

	Pág.
Tabla I. Concentración de las fracciones de calcio y cantidades porcentuales en el suelo . . . . .	16
Tabla II. Concentración de las fracciones de calcio y cantidades porcentuales en el subsuelo. . . . .	17
Tabla III. Cantidades porcentuales de las fracciones promedias con referencia al calcio total . . . . .	18
Tabla IV. Contenido máximo, promedio y mínimo de las distintas fracciones de calcio . . . . .	19
Tabla V. Ecuaciones de Regresion y coeficiente de correlación entre calcio total y calcio activo . . . . .	34
Tabla VI. Ecuaciones de regresión y coeficiente de correlación entre calcio activo y calcio intercambiable . . . . .	35
Figura 7. Contenido promedio general de las distintas fracciones de calcio de suelo y subsuelo . . . . .	23

ILUSTRACIONES

	Pág.
Figura 1. Localización de los sitios donde se tomaron las muestras . . . . .	12
Figura 2. Porcentajes promedios de las distintas fracciones de calcio en los suelos estudiados. . . . .	20
Figura 3. Porcentajes promedios de las distintas fracciones de calcio en los suelos estudiados. . . . .	21
Figura 4. Porcentajes promedios generales de las distintas fracciones de calcio en el suelo y subsuelo estudiados. . .	22
Figura 5. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en los suelos estudiados . . . . .	23
Figura 6. Contenido promedio de las distintas fracciones de calcio en el subsuelo	24
Figura 7. Contenido promedio general de las distintas fracciones de calcio de suelo y subsuelo . . . . .	25

FRACCIONAMIENTO DEL CALCIO EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE

Figura 8. Comparación de promedios de las fracciones de calcio en los suelos de Ipiiales, Pasto, Túquerres . . . . . 26

JAIMÉ HENRY HORRABES H.

Figura 9. Comparación de promedios de las fracciones de calcio en los subsuelos de Ipiiales, Pasto, Túquerres . . . . . 27

Los diversos estudios sobre elementos mayores y menores de los suelos derivados de cenizas volcánicas del sur de Colombia (Departamento de Nariño e Intendencia del Putumayo), han permitido obtener una visión más amplia del estado nutricional de estos suelos, de su manejo y de la posible respuesta de las plantas a la fertilización.

En el Altiplano de Túquerres, se ha de gran provecho para proyectos apropiados, tal vez el estudio del calcio en sus distintas fracciones.

Es conocida la importancia que tiene este elemento en el proceso metabólico de las plantas, en la descomposición de la materia orgánica y en la retención del nitrógeno.

(1). Título de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Joaquín Guzmán Jaimes, Lt., R. de C.

FRACCIONAMIENTO DEL CALCIO EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE  
TUQUERRES (+)  
Por  
JAIME HENRY MORALES M.

### I. INTRODUCCION

Los diversos estudios sobre elementos mayores y menores de los suelos derivados de cenizas volcánicas del sur de Colombia (Departamento de Nariño e Intendencia del Putumayo), han permitido obtener una visión más amplia del estado nutricional de estos suelos, de su manejo y de la posible respuesta de las plantas a la fertilización.

En el Altiplano de Túquerres, zona de gran porvenir para proyectos agropecuarios, faltaba el estudio del calcio en sus distintas fracciones.

Es conocida la importancia que tiene este elemento en el proceso metabólico de las plantas, en la descomposición de la materia orgánica y en la reacción del suelo.

---

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

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

Por lo anterior, se realizó el presente trabajo, cuyo principal objetivo es el de conocer la concentración en que se encuentra el calcio en sus distintas fracciones tanto en el suelo como en el subsuelo y relacionarla con los resultados obtenidos en las regiones similares como el Altiplano de Pasto y de Ipiiales.

La cordillera occidental está formada por rocas ígneas (porfiríticas y andesíticas), no se descartan las rocas sedimentarias, especialmente lianas y rocas volcánicas compactas (47).

De acuerdo a Royo y Gómez (47), las rocas del epitermaria consisten en sedimentos aluviales formados por detritos ocurridos por la erosión presentada en las partes altas de las cordilleras y que fueron transportados y depositados por las corrientes de agua. Se encuentran principalmente hacia la Costa del Pacífico y en el Altiplano de Tiqueros-Ipiiales.

### 2.1.2. Suelos.

Los suelos de la Sabana de Tiqueros son por lo general de origen volcánico, de textura liviana, alto contenido de materia orgánica, pH ácido, permeabilidad que oscila de favorable a regular. El suelo se ha formado sobre una capa de cenizas volcánicas de aproximadamente 130 cms. de espesor (35).

- 4 -

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.2 GENERALIDADES DEL CALCIO

#### 2.1 GENERALIDADES

##### 2.2.1 Calcio en los Suelos.

###### 2.1.1 Geología.

La cantidad de calcio total encontrada por los investigadores en Tanager.

La cordillera occidental está formada por rocas ígneas (porfiríticas y afaníticas), no se descartan las rocas sedimentarias, especialmente lilitas y rocas solícolas compactas (47).

La fracción soluble en agua es muy variable debido a las múltiples reacciones que suceden en el suelo. Por ejemplo en presencia de lilita.

De acuerdo a Royo y Gómez (47), las rocas del cuaternario consisten en sedimentos aluviales formados por detritos ocurridos por la erosión presentada en las partes altas de las cordilleras y que fueron transportados y depositados por las corrientes de agua. Se encuentran principalmente hacia la Costa del Pacífico y en el Altiplano de Túquerres-Ipiales.

###### 2.1.2 Suelos.

Los suelos de la Sabana de Túquerres son por lo general de origen volcánico, de textura liviana, alto contenido de materia orgánica, pH. ácido, permeabilidad que oscila de favorable a regular. El suelo se ha formado sobre una capa de cenizas volcánicas de aproximadamente 130 cms. de espesor (35).

## 2.2 GENERALIDADES DEL CALCIO

### 2.2.1 Calcio en los Suelos.

La cantidad de calcio total encontrada por los investigadores Berger y Pratt (6), en los suelos no calcáreos varía entre 0,1 y 2,0%, mientras que en suelos calcáreos puede llegar a representar un 25%. El calcio intercambiable oscila entre 1 y 50 me./100 gr. de suelo. La fracción soluble en agua es muy variable debido a las múltiples reacciones que suceden en el suelo. Por ejemplo en presencia de illita el calcio se puede precipitar y formar compuestos insolubles.

De acuerdo a Duchaufour (17), el calcio inactivo del suelo se encuentra en la fracción gruesa (arenas), presentando una débil actividad química y una poca solubilidad en aguas cargadas de  $\text{CO}_2$ ; a medida que se solubiliza pasa a formar parte del complejo absorbente del suelo.

### 2.2.2 Compuestos de Calcio.

El calcio es más conocido por los compuestos que forma, sobre todo la cal, óxido de calcio, ( $\text{CaO}$  cal viva), hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$  cal apagada); el carbonato de calcio o caliza

las sedimentaciones marinas de conchillas microscópicas y que se  
CaCO<sub>3</sub> y el sulfato de calcio CaSO<sub>4</sub> (53).

## 2.3 ORIGEN DEL CALCIO EN EL SUELO.

El calcio se encuentra en el fondo de los lagos de agua dulce y se constituye típicamente en  
estratos (53).

### 2.3.1 Minerales y Rocas.

El calcio se combina fácilmente con todos los  
ácidos conocidos formando un gran número de compuestos, por ésta  
razón, no se encuentra en forma elemental. Sin embargo, en combi-  
nación, es uno de los principales componentes de la litosfera y  
ocupa el quinto lugar entre otros elementos (53).

Los minerales silíceos representados por fel-  
despatos, como la anortita (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>), los anfiboles (Ca, Mg, Fe)<sub>8</sub>  
Si<sub>9</sub>O<sub>26</sub> como la hornablenda, tremolita, actinolita y los piroxenos  
(Ca, Mg, Fe) SiO<sub>3</sub> como la augita (31,53).

Dentro de las rocas sedimentarias, se encuentran  
las calizas CO<sub>3</sub>Ca y las dolomitas Ca.Mg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (24,27). Las elevadas  
temperaturas en las cuales prevalecieron violentos levantamientos de  
la corteza a profundidades y presiones considerables, pudieron produ-  
cir finalmente al mármol (53).

Otra forma conocida es la acumulación de carbona-  
to de calcio pulverizado, suave y friable, que se ha originado en

las sedimentaciones marinas de conchillas microscópicas y que se la denomina como greda proveniente de lumaquelas (53). La marga se origina como fango o cieno en el fondo de los lagos de agua dulce y se constituye finalmente en estratos (53).

## 2.4 EL CALCIO EN RELACION CON LAS PROPIEDADES DEL SUELO.

### 2.4.1 Propiedades Físicas.

Según algunos autores (4, 5, 7, 10), la capacidad de floculación de los cationes divalentes, como el calcio y el magnesio, producen efectos floculantes, aún aplicados en forma de carbonatos o de hidróxidos, que mejoran la granulación del suelo.

### 2.4.2 Propiedades Químicas.

En cuanto se refiere a elementos menores, un exceso de calcio induce a deficiencias de éstos, a excepción del molibdeno (50). Con relación al fósforo, desde hace tiempo se conoce el hecho, de que el tratamiento con cal aumenta la cantidad de fósforo asimilable (49). El calcio actúa sobre el proceso de descomposición de la fracción orgánica del fósforo llevándolo por mineralización a formas asequibles (38, 18).

La deficiencia de calcio en los suelos de acuerdo a Woodruff (52) favorece la toxicidad de elementos menores, en especial del aluminio, hierro y manganeso. Por otra parte Marín y Gómez (36, 37) informan que el suministro de altas dosis de calcio al suelo puede deprimir la absorción de magnesio, potasio y fósforo.

Salmon (48) indica que la materia orgánica retiene preferencialmente el calcio sobre el magnesio y ésta selectividad se incrementa a medida que aumenta la proporción de magnesio intercambiable del suelo. En igual forma sucede con el sodio, de acuerdo a Naylor y Overstreet (45). La materia orgánica retiene con preferencia el calcio sobre el sodio y aumenta la selectividad a medida que aumenta la proporción de sodio intercambiable. Lo mismo ocurre 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 (30).

Guitián y Muñoz (26) informan que si se quiere aprovechar mejor los fertilizantes se deben encalar los suelos ácidos previamente, ya que la acción estimulante provoca el aumento de la actividad microbiana.

Burbano et al. (11) demostraron que la adición de carbonato de calcio en distintos suelos del Altiplano de Pasto (Nariño) no ofreció respuesta significativa. Los autores atribuyen esta situación al elevado contenido de calcio intercambiable en los

suelos volcánicos estudiados.

## 2.5 ACCION BIOLOGICA DEL CALCIO.

### 2.5.1 El Calcio en la Vida Microbial.

El estado edáfico del suelo rige en los cultivos directamente en función de sus propiedades (estructura, pH, etc.). Tanto los hongos como las bacterias se benefician con la aplicación del calcio. La cal estimula el metabolismo general de los organismos del suelo. Procesos como la aminización, amonificación, nitrificación y oxidación sulfúrica, son ayudados considerablemente por el aumento del pH (19).

Alexander (1) afirma que en suelos de zonas templadas, la adición de calcio a suelos ácidos puede mejorar las condiciones de nitrificación. En suelos tropicales y en suelos volcánicos es más discutible su acción (8, 9).

### 2.5.2 Influencia del Calcio en la Planta.

El calcio forma parte de las membranas celulares y da a los tejidos de la planta su forma y resistencia (28). El calcio se encuentra en la pectina, lámina media de las paredes celulares y es poco móvil (5). Una cantidad adecuada de calcio contrarresta el efecto de las sustancias tóxicas que se forman dentro de las plantas (53).

El calcio influye en la movilidad de los hidratos de carbono dentro de la planta, ayuda en la distribución del ácido fosfórico en los tejidos vegetales e interviene en la síntesis de aminoácidos (31).

El estado cálcico del suelo rige en los cultivos directamente en algunas de sus propiedades (estructura, reacción de cambio, etc.), tiene una influencia directa o indirecta sobre el desarrollo de éstos (16). Una gran parte del calcio que está dentro de las plantas, aparece en forma soluble. (28).

En ausencia de un suministro adecuado de calcio, las raíces tienden a acortarse e hincharse (5, 6). En casos extremos, la falta de calcio produce una decoloración moteada de las hojas, que conduce a la muerte de los tejidos (5).

Es posible, que dentro de la planta el calcio se comporte como un regulador de la traslocación, almacenamiento de carbohidratos y proteínas y su correcta distribución en los tejidos. La carencia de éste elemento origina una detención en el crecimiento de muchas plantas (28, 41, 42, 43). Para una producción agrícola aceptable, la saturación de calcio asequible en los suelos debe estar comprendida entre el 15 y 35%, en relación a la capacidad catiónica de cambio total (3, 39, 50).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 MATERIALES

##### 3.1.1 Descripción del Area.

El Altiplano de Túquerres se halla en la cordillera occidental de Colombia (Departamento de Nariño). Forma parte de la meseta de Túquerres-Ipiales, con una altitud media de 3.000 m. (44) y una extensión aproximada de 34.750 Has. (13).

Geográficamente, ésta Sabana se encuentra situada entre los  $0^{\circ} 53' 51''$  (Cumbal) y  $1^{\circ} 05' 25''$  (Túquerres) de latitud norte y una longitud de  $77^{\circ} 47' 12''$  (Cumbal) y  $77^{\circ} 32' 24''$  (Puente de Cualanquizán) al occidente del meridiano de Greenwich (21).

Espinel y Montenegro (20) indican que el sector estudiado se encuentra clasificado como un bosque húmedo montano (bh - M), y pertenece a la zona de transición entre el piso térmico frío y el páramo bajo (14). Su temperatura oscila entre  $6^{\circ} \text{C.}$  y  $11^{\circ} \text{C.}$  con una precipitación pluvial de 500 a 1.000 mm. (35).

### 3.2 MUESTREO

Los sitios de muestreo para la realización del presente estudio se presentan en la Figura N° 1. Algunas características generales de estos suelos se detallan en las Tablas 1 y 2 del apéndice, determinaciones que fueron efectuadas por González (25).

#### SITIOS MUESTREADOS:

- 1 Túquerres
- 2 Vía Túquerres - Ospina
- 3 Gualanquizán
- 4 San Roque
- 5 San Juan
- 6 Chaitán
- 7 Alsacia
- 8 El Espino
- 9 Vía Guachucal
- 10 Guachucal
- 11 Vía Cumbal
- 12 Cumbal
- 13 Tasmá
- 14 Vía Providencia
- 15 Providencia.

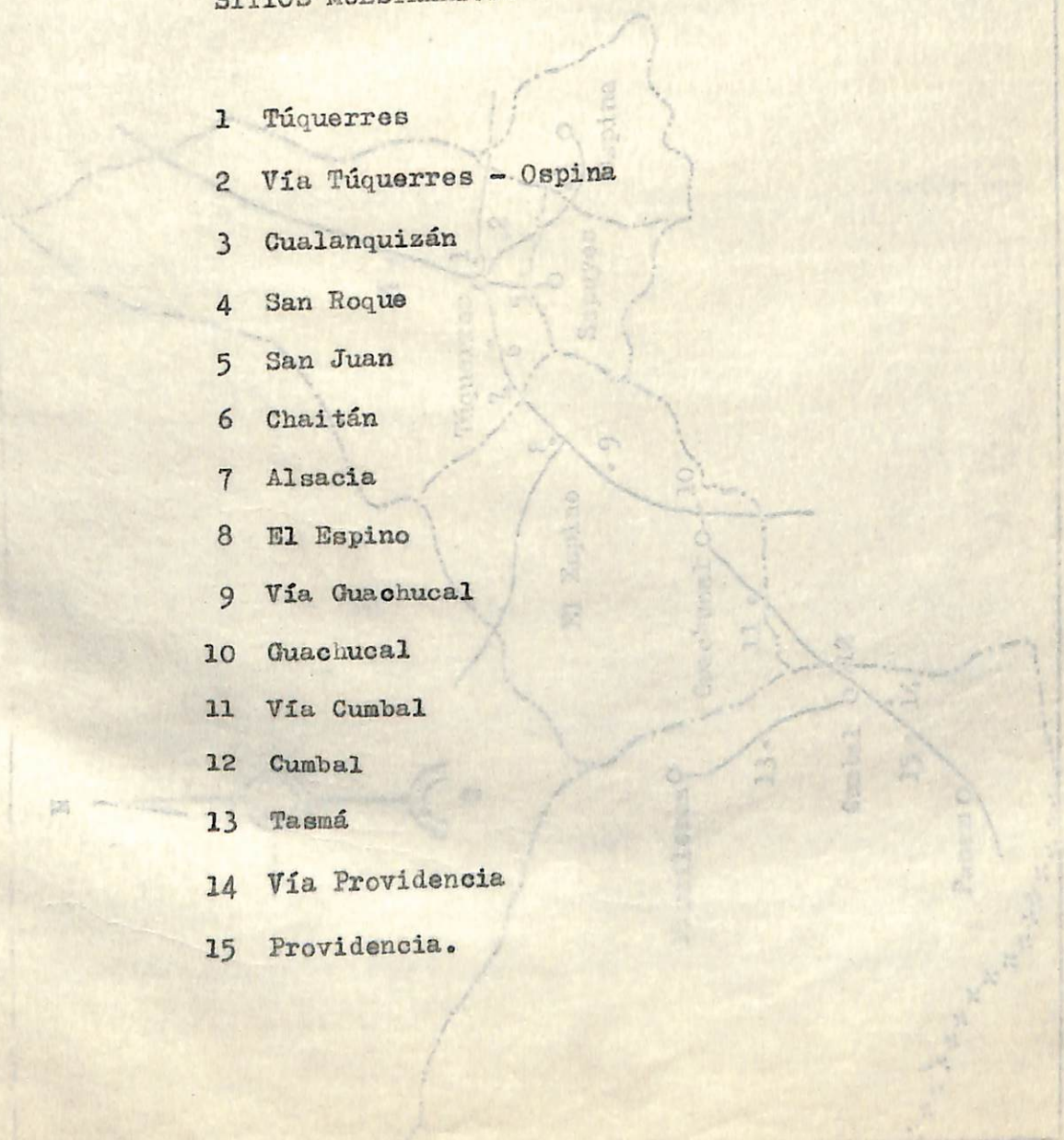


Figura 1. Localización de los sitios donde se tomaron las muestras.  
Trabajo de González (25)

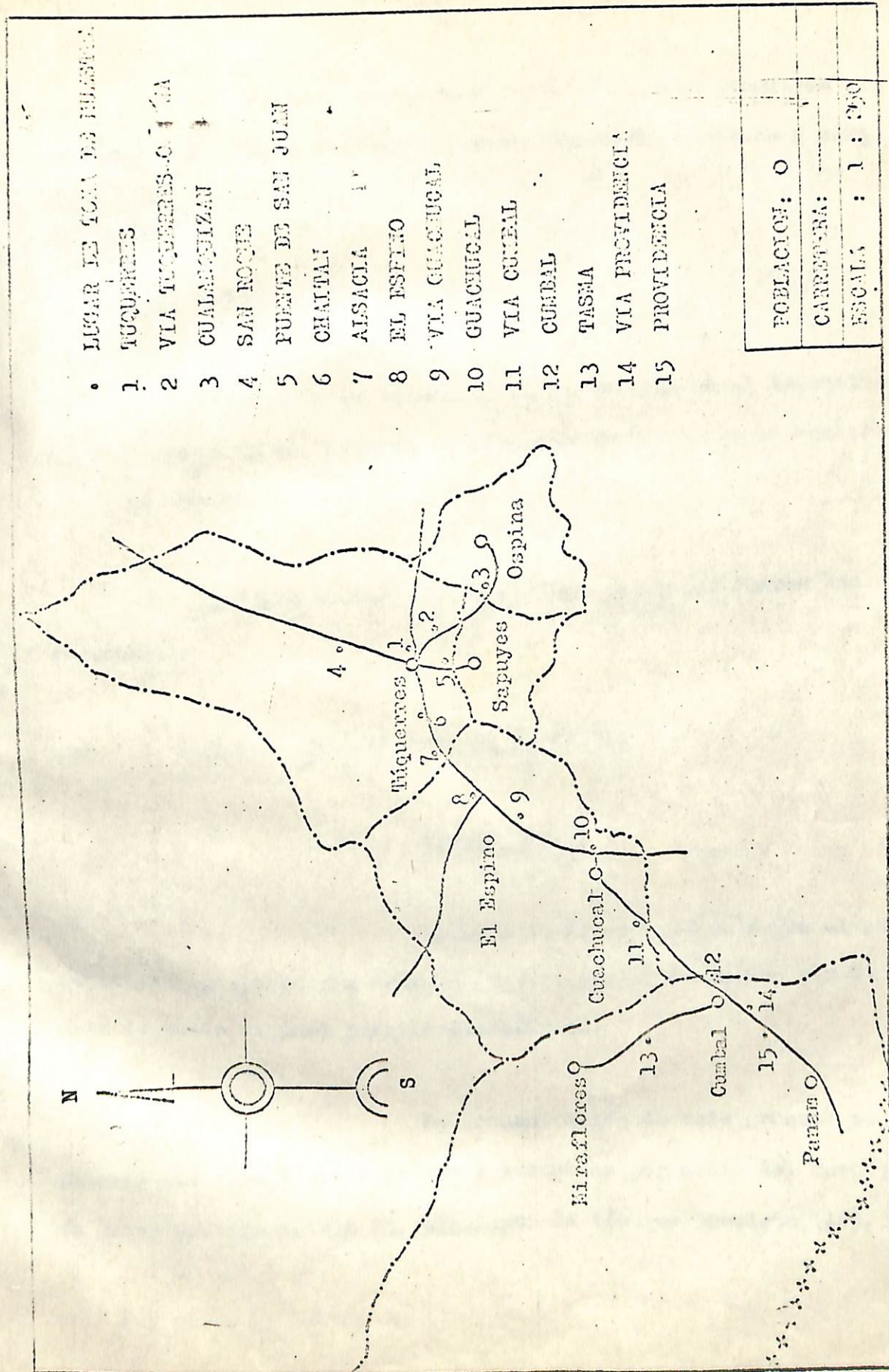


Figura 1. Localización de los sitios donde se tomaron las muestras.  
Tomado de González (25)

3.3.1.2 Calcio Activo.  
Se tuvieron en cuenta todas las normas generales que se recomiendan para secamiento, homogenización, tamizada y almacenamiento.  
Se realizó según el método de Bruntzen, modificada por Gani y Franck (17).

### 3.3 METODOS

3.3.1.3 Calcio Soluble en Agua.  
Los análisis químicos, se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

3.3.1.4 Calcio Intercambiable.  
Las determinaciones y métodos empleados fueron los siguientes:  
Se siguió el procedimiento de Shellenberger y Dixon (2).

#### 3.3.1 Fraccionamiento de Calcio.

##### 3.3.1.1 Calcio Total.

Se hizo la determinación según el procedimiento descrito por Jackson (29), a partir de fusión con Carbonato de sodio anhidro y ácido clorhídrico.

La concentración de este proceso se determinó mediante blancos patrones adecuados por medio del fotómetro de llama Coleman Modelo 21, siguiendo la técnica prevista (15).

3.3.1.2 Calcio Activo.

Se realizó según el método de Drowineau, modificada por Gehi y Franck (17).

3.3.1.3 Calcio Soluble en Agua.

Se siguió la técnica de Mclean (40).

Calcio Total.

3.3.1.4 Calcio Intercambiable.

Se siguió el procedimiento de Shollenberger y Simon (2).

3.3.1.5 Calcio Inactivo.

Se determinó por diferencia entre el calcio total y el calcio activo (22).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de las distintas fracciones de calcio estudiadas en la presente investigación, se indican en las Tablas I a IV, y en los gráficos 2 - 8 que corresponden a las concentraciones de calcio encontradas tanto en el suelo como en el subsuelo, para las zonas de Túquerres, Pasto, Ipiiales.

##### Calcio Total.

El calcio total en el suelo registró un promedio de 8.535,57 ppm. concentración que es ligeramente menor a la encontrada por Cadaban (22), en el Altiplano de Pasto (9.119,58 ppm.), pero muy inferior a la encontrada por Parra (46) (14.156,59 ppm.) en el Altiplano de Ipiiales.

Al efectuar el análisis estadístico, para definir si existía diferencia significativa entre estos promedios, se halló que para los suelos de Ipiiales y Túquerres fué significativa al nivel del 1% y para los suelos de Pasto y Túquerres significativa al nivel del 5% (Tablas 3 a 6 del apéndice).

Lo anterior indica la notable variabilidad que existe en los suelos derivados de cenizas volcánicas, de que afirma Gamboa (23). Estas tres grandes regiones tienen una acentuada influencia volcánica, con deposiciones más o menos recientes, por ello era de esperar concentraciones más o menos similares, pero no sucedió así.

TABLA I.

CONCENTRACION DE LAS FRACCIONES DE CALCIO Y CANTIDADES PORCENTUALES EN EL SUELO

SITIOS	Ca. TOTAL		Ca. ACTIVO		Ca. INACTIVO		Ca. INTERC.		Ca. SOLUBLE	
	ppm.	%	ppm.	%	ppm.	%	ppm.	%	ppm.	%
1 Túquerres	8.380,80	33,35	2.795,83	(66,64)	5.584,97	(66,64)	1.500,04	(17,89)	6,39	(0,07)
2 Vía Túquerres-Ospina	5.772,70	36,68	2.117,92	(36,68)	3.654,78	(64,42)	1.287,60	(22,30)	34,87	(0,60)
3 Cualanquizán	6.616,90	33,66	2.227,71	(33,66)	4.389,19	(66,33)	908,36	(13,72)	10,50	(0,15)
4 San Roque	8.999,50	33,26	2.993,25	(33,26)	6.006,25	(66,73)	79,66	(0,88)	8,30	(0,09)
5 San Juan	5.870,60	34,61	2.031,92	(34,61)	3.838,68	(65,38)	1.107,86	(18,87)	13,34	(0,22)
6 Chaitán	13.240,90	20,43	2.705,50	(20,43)	10.535,40	(79,56)	436,17	(3,29)	33,75	(0,25)
7 Alsacia	9.547,20	18,36	1.753,82	(18,36)	7.793,38	(81,63)	926,09	(9,70)	15,91	(0,16)
8 El Espino	6.248,50	35,72	2.232,18	(35,72)	4.016,32	(64,27)	40,43	(0,64)	8,15	(0,13)
9 Vía Guachuca	8.145,60	38,14	3.107,30	(38,14)	5.038,30	(61,85)	368,00	(4,51)	15,51	(0,19)
10 Guachuca	10.508,00	24,54	2.579,60	(24,54)	7.928,40	(75,54)	1.450,10	(13,79)	34,15	(0,32)
11 Vía Cumbal	10.301,90	45,21	4.657,59	(45,21)	5.644,31	(54,78)	1.491,78	(14,48)	29,73	(0,57)
12 Cumbal	8.404,80	49,59	4.168,05	(49,59)	4.236,75	(50,40)	678,36	(8,07)	29,33	(0,34)
13 Tasmá	9.361,60	22,92	2.144,07	(22,92)	7.217,53	(77,09)	288,87	(3,08)	18,72	(0,19)
14 Vía Providencia	2.663,50	42,11	1.121,70	(42,11)	1.541,80	(62,58)	1.147,03	(43,06)	29,54	(1,10)
15 Providencia	13.971,15	22,40	3.129,76	(22,40)	10.841,39	(77,59)	762,68	(5,45)	13,70	(0,09)

+ -Porcentaje del Calcio Total

TABLA II.

CONCENTRACION DE LAS FRACCIONES DE CALCIO Y CANTIDADES PORCENTUALES EN EL SUBSUELO

SITIOS	Ca. TOTAL		Ca. ACTIVO +		Ca. INACTIVO		Ca. INTERC.		Ca. SOLUBLE	
	ppm.	%	ppm.	%	ppm.	%	ppm.	%	ppm.	%
1 Túquerres	5.632,20	3.297,88 (58,55)	2.334,32 (41,44)	361,21 (6,61)	13,72 (0,24)					
2 Vía Túquerres-Ospina	5.981,60	2.762,49 (46,18)	3.219,11 (53,81)	1.728,01 (28,88)	24,78 (0,41)					
3 Cualanquizán	5.520,50	1.438,20 (26,05)	4.082,30 (73,94)	1.146,05 (20,75)	8,28 (0,14)					
4 San Roque	5.535,30	1.905,50 (34,42)	3.629,80 (65,57)	172,24 (3,11)	10,11 (0,19)					
5 San Juan	5.622,90	2.789,90 (49,61)	2.833,00 (50,38)	455,91 (8,10)	23,07 (0,41)					
6 Chaitán	6.972,90	2.062,11 (29,57)	4.910,79 (70,42)	130,74 (1,87)	10,14 (0,14)					
7 Alsacia	5.421,19	2.295,50 (42,34)	3.125,69 (57,65)	634,14 (11,69)	20,08 (0,37)					
8 El Espino	5.978,00	2.122,62 (35,50)	3.855,38 (64,49)	61,10 (1,02)	21,61 (0,36)					
9 Vía Guachuca	5.606,00	1.044,08 (18,62)	4.561,92 (81,37)	240,70 (4,29)	26,39 (0,47)					
10 Guachuca	5.666,80	1.144,78 (20,20)	4.522,02 (79,79)	712,92 (12,58)	19,42 (0,34)					
11 Vía Cumbal	6.910,00	3.074,51 (44,49)	3.835,49 (55,50)	84,61 (1,22)	32,74 (0,47)					
12 Cumbal	5.707,60	1.075,74 (19,53)	4.431,86 (80,46)	895,38 (16,25)	8,05 (0,14)					
13 Tasmá	10.239,60	3.554,61 (34,71)	6.684,99 (65,28)	345,38 (3,37)	23,52 (0,22)					
14 Vía Providencia	5.305,20	2.430,43 (45,81)	2.874,77 (54,18)	545,50 (10,28)	13,57 (0,25)					
15 Providencia	7.943,00	3.594,32 (45,25)	4.348,68 (54,74)	27,06 (0,34)	12,81 (0,16)					

\* = Porcentaje del Calcio Total

TABLA III

CANTIDADES PORCENTUALES DE LAS FRACCIONES PROMEDIAS CON REFERENCIA AL  
CALCIO TOTAL

ESPECIFICACION	Ca. TOTAL	Ca. ACTIVO	Ca. INACTIVO	Ca. INTERC.	Ca. SOLUBLE
SUELO	100,00	31,05	68,94	9,74	0,23
SUBSUELO	100,00	36,86	63,13	8,03	0,28
GENERAL	100,00	33,51	66,48	9,02	0,25

TABLA IV.

CONTENIDO MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS DISTINTAS FRACCIONES  
DEL CALCIO

ESPECIFICACION	CONTENIDO	Ca. TOTAL	Ca. ACTIVO	Ca. INACTIVO	Ca. INTERC.	Ca. SOLUBLE
			- ppm. -			
SUELO	MAXIMO	13.971,15	4.657,59	10.841,39	1.500,04	34,87
	PROMEDIO	8.535,57	2.651,08	5.884,49	831,53	20,12
	MINIMO	2.663,50	1.121,70	535,40	40,43	6,39
SUBSUELO	MAXIMO	10.239,60	3.594,32	6.684,99	1.728,01	32,74
	PROMEDIO	6.256,18	2.306,17	3.950,00	502,73	17,89
	MINIMO	5.305,20	1.044,08	2.334,32	27,06	8,05
GENERAL	MAXIMO	13.971,15	4.657,59	10.841,39	1.728,01	34,87
	PROMEDIO	7.395,87	2.478,62	4.917,24	667,13	19,00
	MINIMO	2.663,50	1.044,08	535,40	27,06	6,39

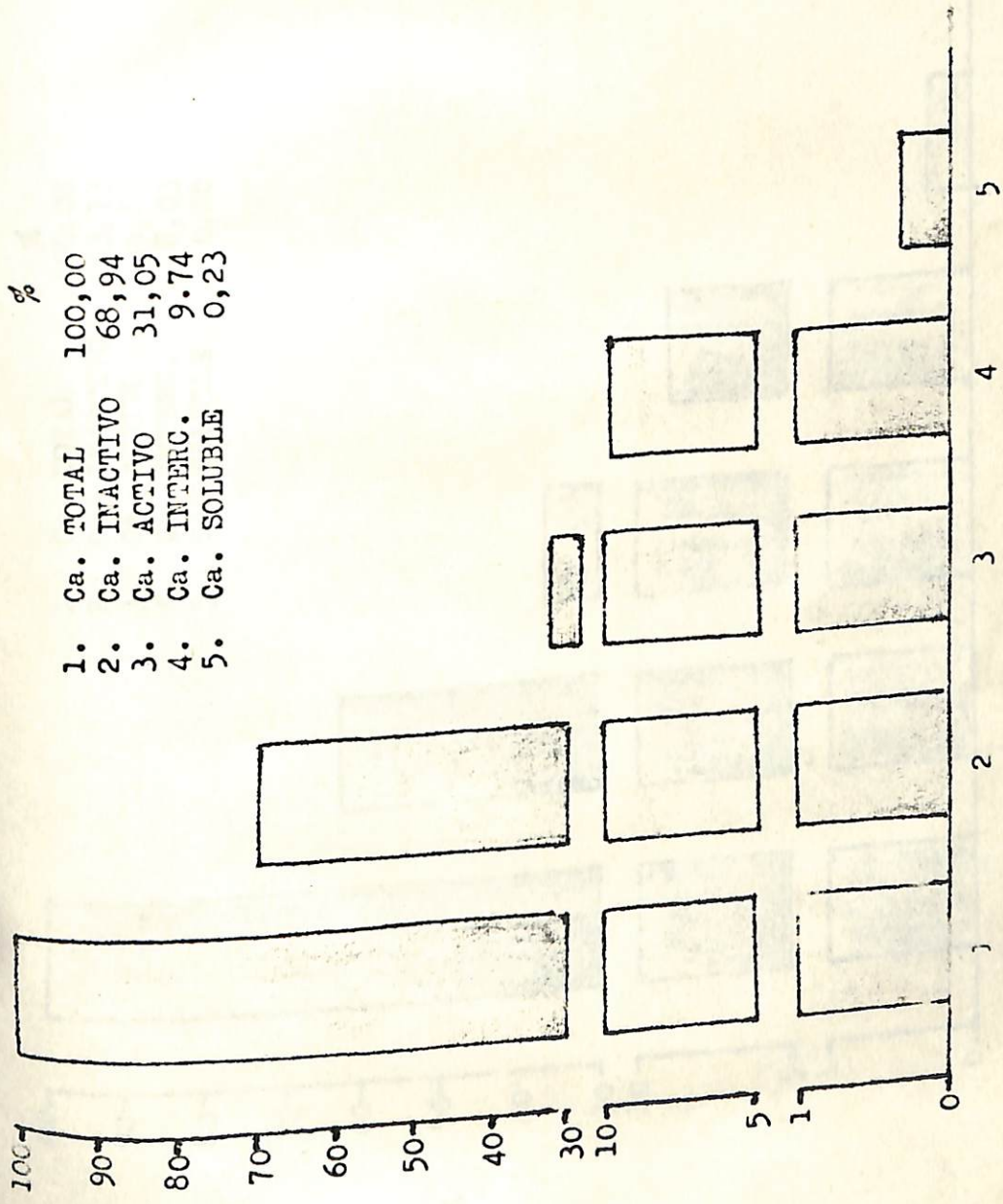


Figura 1. Porcentajes promedios de las distintas fracciones de Calcio en el suelo.

%

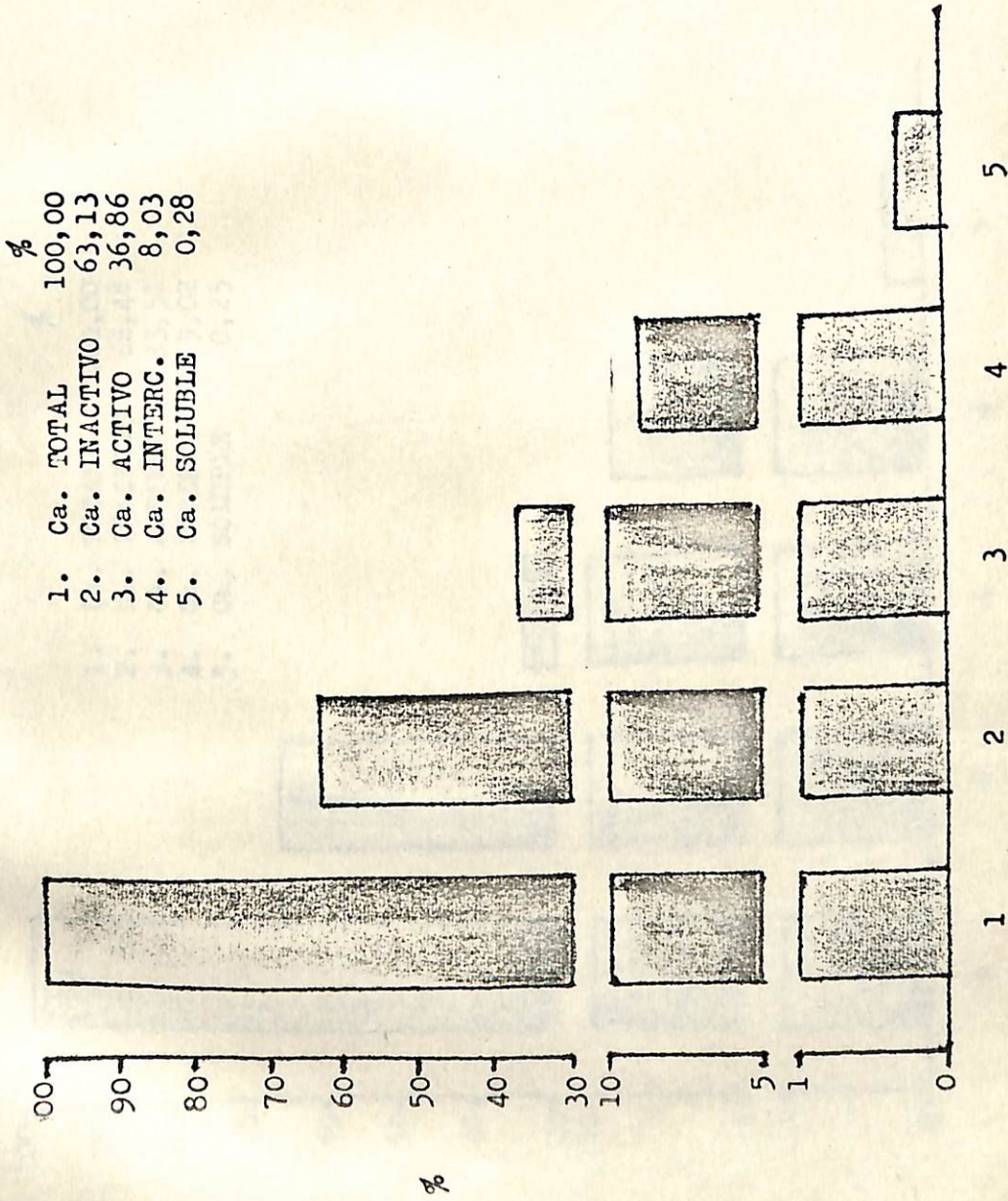


Figura 3. Porcentajes promedios de las distintas fracciones de Calcio en el subsuelo

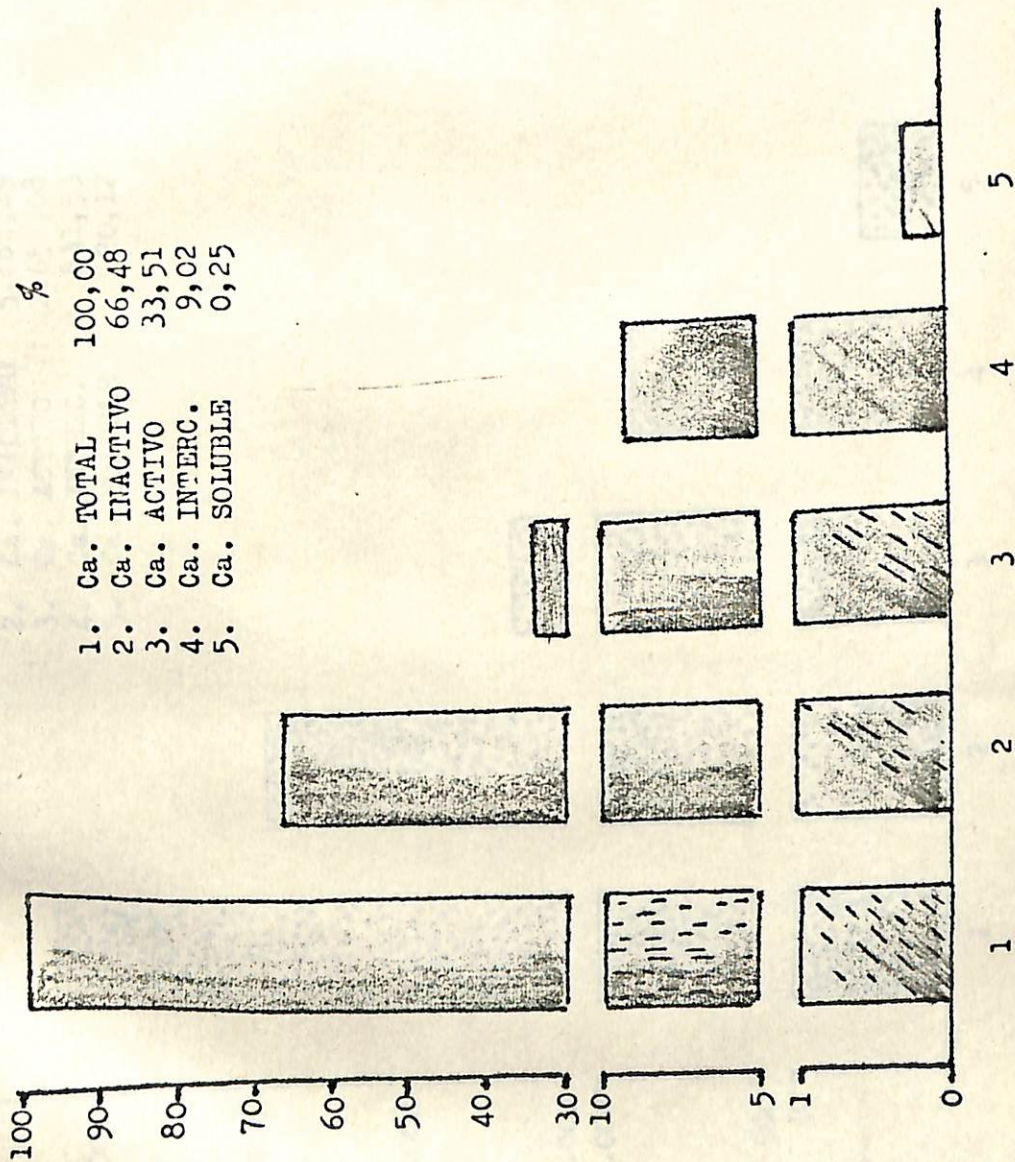


Figura 4. Porcentajes promedios generales de las distintas fracciones de Calcio en el suelo y subsuelo.

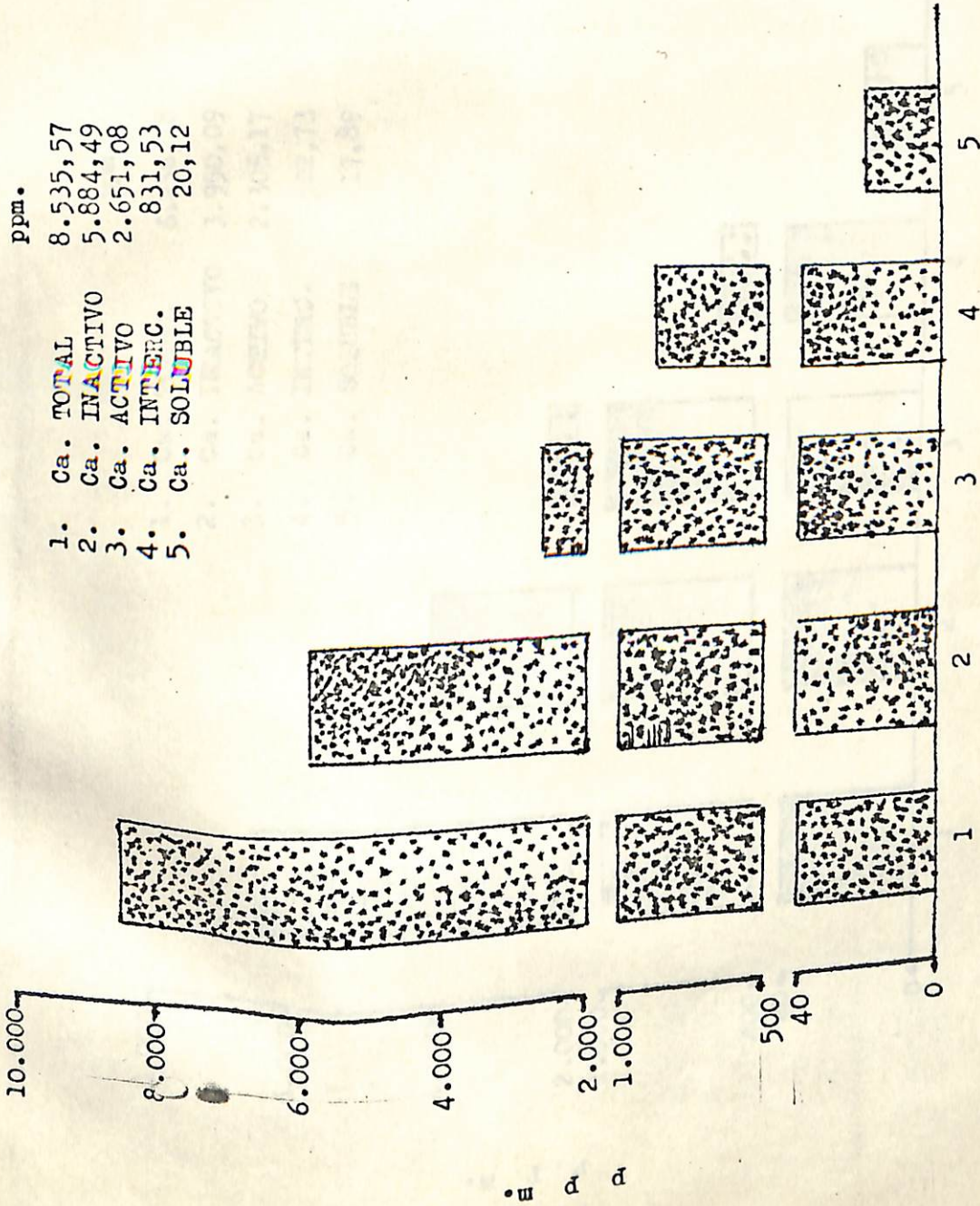


Figura 5. Contenido promedio de las distintas fracciones de Calcio en el suelo

ppm.

1. Ca. TOTAL	6.256,18
2. Ca. INACTIVO	3.950,09
3. Ca. ACTIVO	2.306,17
4. Ca. INTERC.	502,73
5. Ca. SOLUBLE	17,89

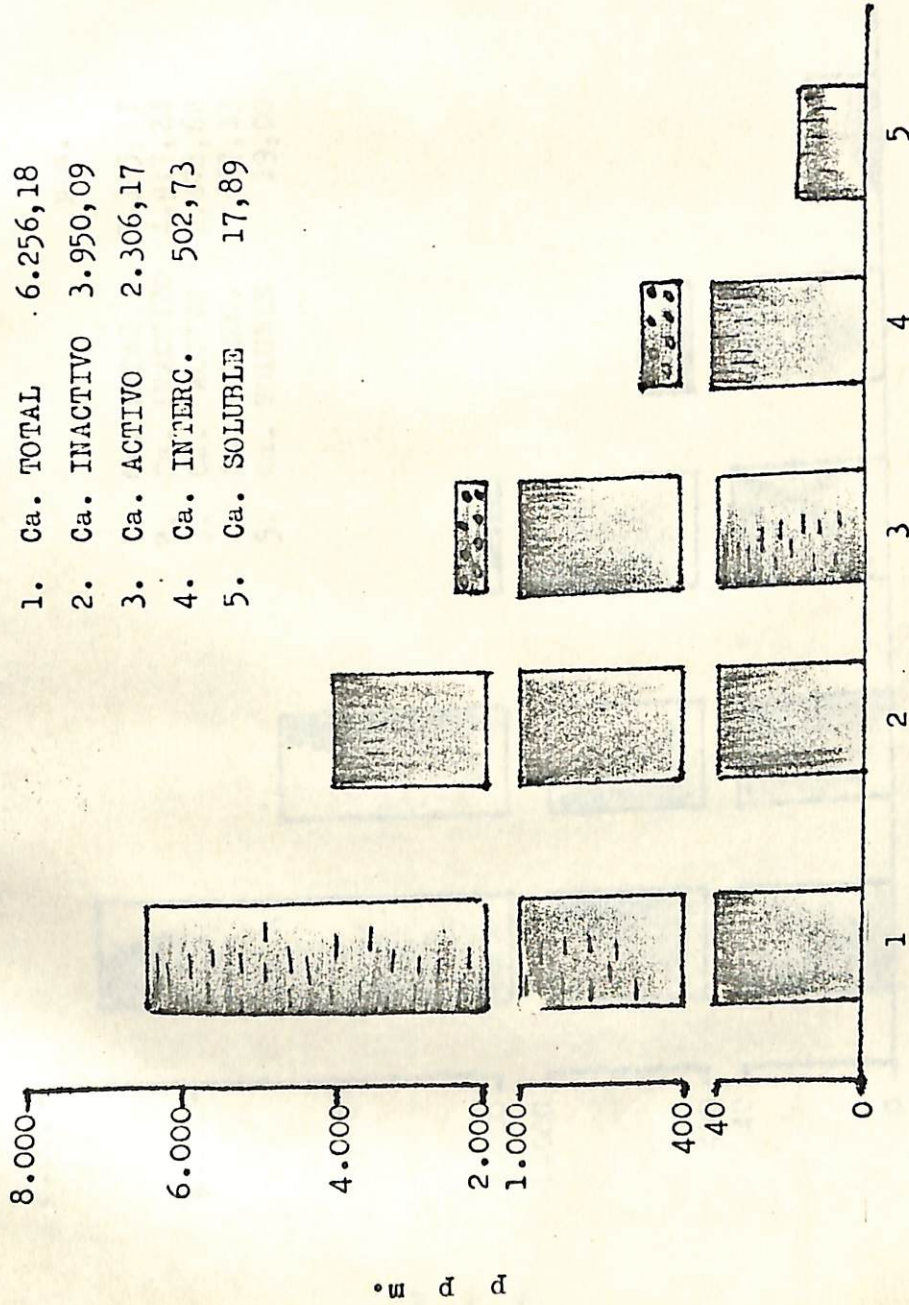


Figura 6. Contenido promedio de las distintas fracciones de Calcio en el subsuelo.

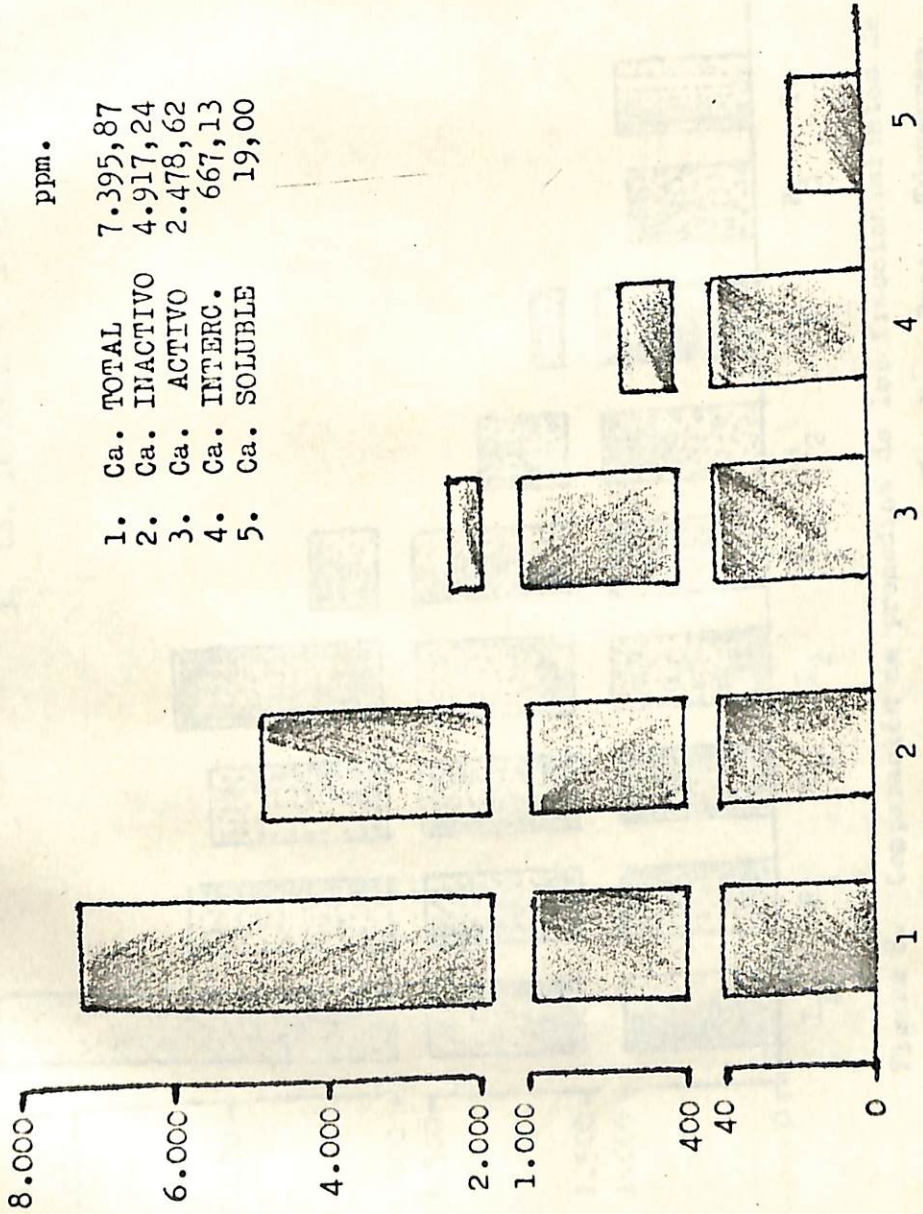


Figura 7. Contenido del promedio general de las distintas fracciones de Calcio de suelo y subsuelo

	IPIALES ppm.	PASTO ppm.	TUQUERRES ppm.
1. Ca. TOTAL	14.150,79	9.119,88	8.535,57
2. Ca. ACTIVO	9.389,80	5.903,99	2.651,08
3. Ca. INTERC.	1.938,71	812,77	831,53

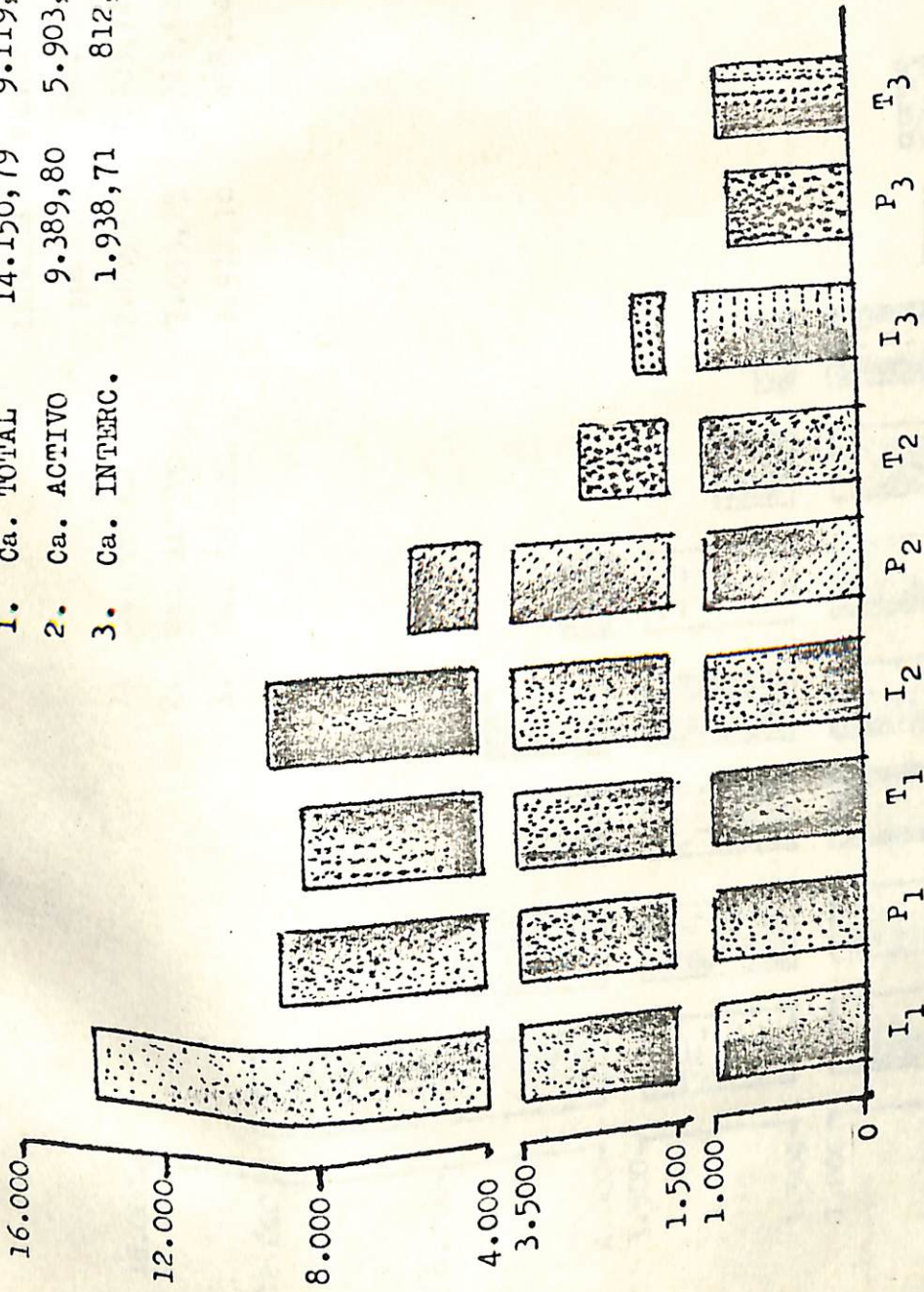


Figura 8. Comparación de promedios de los fraccionamientos de Calcio de los suelos de Ipiiales, Pasto, Túquerres.

• E d d

	IPIALES ppm.	PASTO ppm.	TUQUERRES ppm.
1. Ca. TOTAL	12.635,97	7.903,74	6.256,18
2. Ca. ACTIVO	7.659,25	5.313,62	2.306,17
3. Ca. INTERC.	1.978,10	458,04	502,73

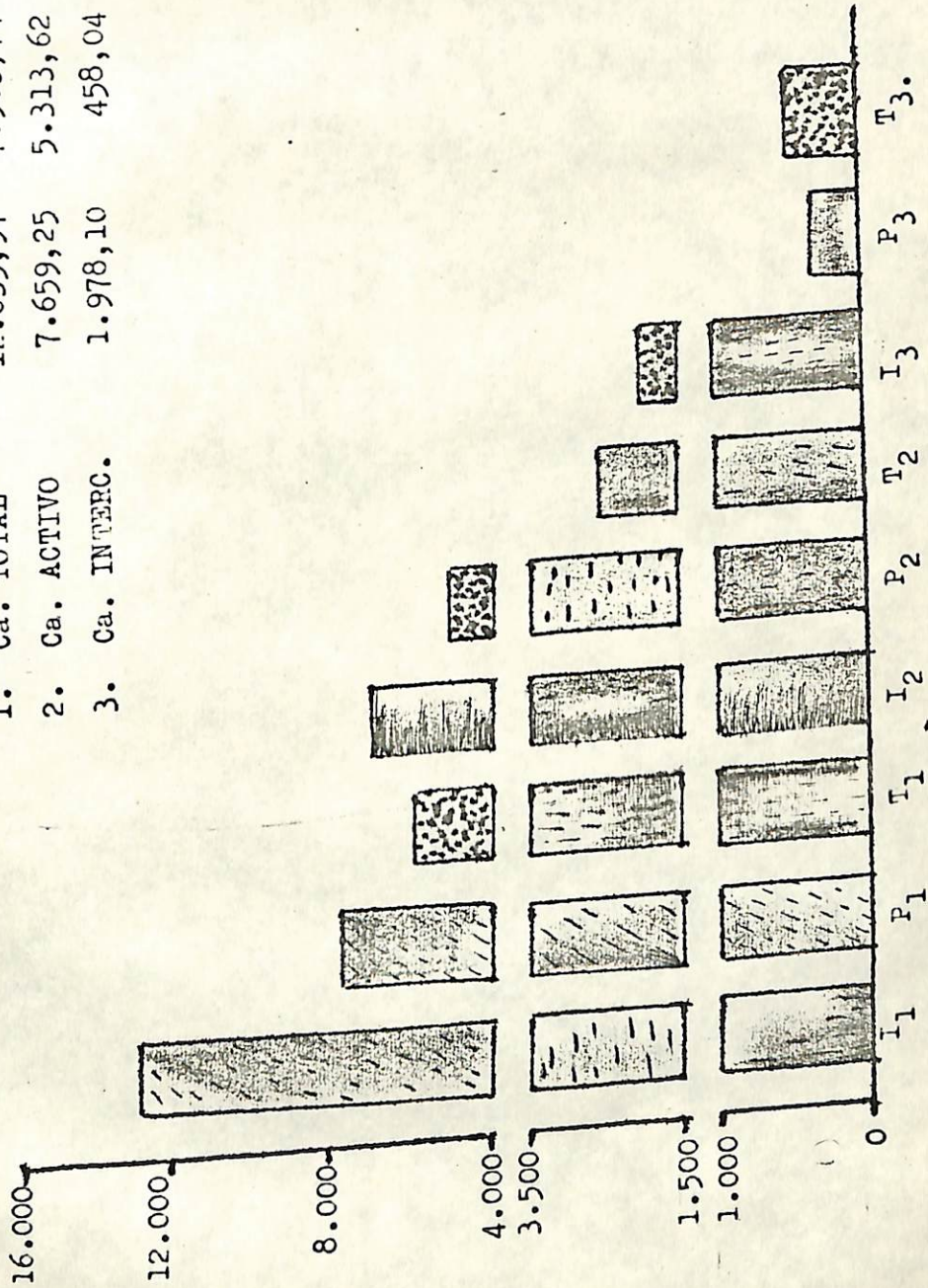


Figura 9. Comparación de promedios de los fraccionamientos de Calcio de los subsuelos: Ipiales, Pasto, Túquerres.

Los promedios para el subsuelo de estas tres regiones: Túquerres 6.256,18 ppm.; Pasto 7.903,54 ppm.; Ipiiales 12.635,97 ppm., también ofrecen diferencias, que fueron encontradas estadísticamente con la prueba de "Student", Túquerres vs. Pasto; significativa al 5% y Túquerres vs. Ipiiales significativa al 1%; encontrándose también diferencias estadísticamente detectadas entre la concentración presente en el suelo y subsuelo.

El calcio total en los suelos del Altiplano de Túquerres se considera mediano y es posible que, como lo anotan Gadbán (22) y Parra (46), el material parental que lo ha originado sea de tipo feldespático. Se sabe que la plagioclasa cálcica se encuentra presente en altas cantidades en los suelos volcánicos del Hawái (32) y es por lo anterior, que se espera en especial que la anortita pueda incidir en la concentración del calcio total.

Los análisis efectuados por Rodríguez y López (33), sobre óxido de calcio presente en el material parental y en el suelo del volcán Cumbal, ofrecen datos de 3,95% y 2,16% respectivamente. Al estar los suelos estudiados en las estribaciones de éste volcán, aún semiactivo, es natural que reciba directamente materiales ígneos exogénicos ricos en calcio.

Por otra parte, su porcentaje en el suelo por Ha. (0,85%) se encuentra entre el máximo y mínimo (2,0 a 0,1%), señalado por

Berget y Pratt (6), para los suelos catalogados como no calcáreos.

Calcio Activo.

El calcio activo representa el 31,05% para el suelo y el 36,86% para el subsuelo con respecto al calcio total.

Las comparaciones efectuadas con esta misma fracción para los suelos de Ipiales y los de Pasto, demostraron que existía diferencia altamente significativa, entre el calcio activo del Altiplano de Pasto y el Altiplano de Ipiales (Tablas 3 a 6 del apéndice). En efecto las concentraciones fueron las siguientes: Túquerres 2.651,08 ppm.; Pasto 5.903,99 ppm.; Ipiales 91389,80 ppm. (Figura 8).

Las anteriores concentraciones, en términos porcentuales con referencia al calcio total, indican que el calcio activo de los suelos estudiados representan el 31,05%, diferente al 42,28% que ofrecen los suelos de Ipiales y el 68,11% de los suelos de Pasto (22, 46). Lo anterior se demostró con las comparaciones estadísticas ya enunciadas.

El menor porcentaje de la fracción activa, ofrece ciertas inquietudes, con respecto a las reservas de este elemento para un futuro próximo. En efecto, Guerrero y Arteaga (\*), en un estudio

---

(\*) Comunicación personal.

reciente de suelos de Ipiales, encontraron que la capacidad de reposición del calcio intercambiable a partir de la forma activa se considera alta, cuando se incubaron suelos y se hicieron determinaciones a uno y dos meses. Si se tiene en cuenta este tipo de reposición, es posible que ese 31,05%, que representa la fracción activa, disminuya rápidamente pudiéndose presentar problemas futuros con este elemento. Al respecto es de anotar que la respuesta a la adición de calcio en estos mismos suelos fue de tipo deprimente (12).

Hasta la fecha, todo parece indicar que la dinámica que se presenta en el suelo con respecto al calcio no permite que se observe una respuesta al encalamiento, ya que esa capacidad de reposición rápida del calcio intercambiable evita que exista una respuesta concreta a la adición de cal.

Por lo anterior, sería recomendable conocer el comportamiento de estos suelos a dosis crecientes de cal, para determinar si hay un aumento en la fracción activa, como sucedió en los ensayos realizados en los suelos de Botana y Cujacal del Altiplano de Pasto (11).

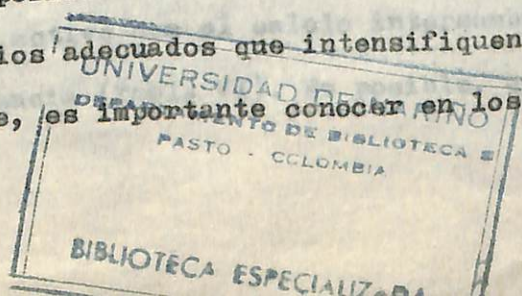
Para conocer la asociación existente entre el calcio total y el calcio activo, tanto para el suelo como para el subsuelo, se establecieron ecuaciones de correlación. Los resultados obtenidos indican que, para estas variables, el  $r. = 0,5057$  (suelo) y  $r. = 0,5986$  (subsuelo) se consideran como significativos al nivel

del 5%. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gadbán (22) pero están en desacuerdo con los de Parra (46), no obstante, parece ser, que si existe asociación entre estas dos fracciones dada la doble significancia (Pasto y Túquerres).

#### Calcio Inactivo.

El calcio inactivo representó en promedio el 68,94% para el suelo y el 63,13% para el subsuelo. Estos porcentajes superan a los encontrados en los suelos de Ipiales (46,65%) y Pasto (38,14%) respectivamente (22, 46). La diferencia entre promedios quedó demostrada por la alta significancia que se encontró al efectuar la prueba de "Student".

Si se tiene en cuenta que ésta fracción, pasa a formar parte activa por procesos drásticos de meteorización físico química y que en las condiciones ecológicas en que se encuentran los suelos estudiados no la favorecen (clima frío, pendiente suave, precipitación pluvial media etc.), de de esperar que el paso de la forma inactiva a la activa sea muy lento y que por consiguiente no existe una reserva rápidamente disponible cuando el calcio intercambiable disminuya con el tiempo, ya sea por absorción de las plantas o por pérdidas debidas a la lixiviación. En otras palabras, ese alto porcentaje de calcio inactivo permanecerá latente por largo tiempo a no ser que se encuentren medios adecuados que intensifiquen la meteorización. Por consiguiente, es importante conocer en los sue-



los derivados de cenizas volcánicas con qué intensidad cambia la forma inactiva a la forma activa.

La presencia de altas cantidades de arena y vidrios volcánicos en los suelos estudiados (34) demuestran que evidentemente, es en ésta fracción que prevalece la forma inactiva del calcio, como lo anota Douchafour (17).

#### Calcio Intercambiable.

El promedio de calcio intercambiable detectado en estos suelos se puede catalogar como mediano (831,53 ppm.); sin embargo, como se observa en la Tabla I, un 40% de las regiones estudiadas tienen concentraciones altas.

Para el subsuelo la concentración promedio disminuye (502,73 ppm.). Los promedios en términos porcentuales de esta fracción (suelo y subsuelo), con referencia al calcio total, son inferiores a los obtenidos suelos de Pasto e Ipiales (22, 46). El análisis estadístico, a partir de la prueba de "Student", demostró una alta significancia en suelo y subsuelo, (Ipiales vs. Túquerres). En el caso de Pasto vs. Túquerres no hubo significancia entre promedios correspondientes al suelo y al subsuelo.

Al relacionar el calcio activo con el calcio intercambiable no se detectó ninguna significancia (Tabla VI). Es posible, que es

tos resultados se deban al bajo porcentaje de calcio activo que se encontró en los suelos.

Calcio Soluble en Agua.

El promedio de calcio soluble para el suelo (20,12 ppm.) y (17,89 ppm.) subsuelo, se considera bajo.

Este resultado es mayor que el obtenido en el Altiplano de Pasto (22), en el primer horizonte (4,55 ppm.), pero bastante inferior al de Ipiales (296,91 ppm.) (46). Obviamente, al aplicar la prueba de "T" se encontró que entre estos promedios existía una alta significancia. Es posible, que ésta baja concentración promedio (19,0) se deba al elevado porcentaje de arenas, ya que esto facilita el rápido movimiento del agua hacia partes más profundas, probablemente bajo la forma de bicarbonato.

TABLA V.  
TABLA V.

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE CALCIO TOTAL Y CALCIO ACTIVO

X	Y	ECUACION DE REGRESION "r" OBTENIDO CALCULADO	G.L.
CALCIO TOTAL (SUELO)	CALCIO ACTIVO	Y = 1.319,53 + 0,156 X r = 0,5057 +	14
CALCIO TOTAL (SUBSUELO)	CALCIO ACTIVO	Y = -165,02 + 0,395 X r = 0,5986 +	14

N.S. = No significativo  
G.L. = Grados de libertad  
+ = Significativo

TABLA VI.

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTE DE CORRELACION ENTRE CALCIO ACTIVO Y CALCIO INTERCAMBIABLE

X	Y	ECUACION DE REGRESION	"r" OBTENIDO	G.L.
CALCIO ACTIVO (SUELO)	CALCIO INTERCAMBIABLE	$Y = 781,6897 + 0,0188 X$	$r = 0,0337$	14
CALCIO ACTIVO (SUBSUELO)	CALCIO INTERCAMBIABLE	$Y = 799,9953 + 0,1289 X$	$r = 0,239$	14

NS. = No significativo

G.L. = Grados de Libertad

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El Altiplano de Túquerres presenta una concentración promedio de calcio total menor que la detectada en suelos de Ipiáles y Pasto. Se le cataloga como: mediana.

2. El calcio activo es bajo. Es probable que a corto tiempo estos suelos ofrezcan respuesta a la adición de este elemento.

3. El calcio inactivo es alto debido a una lenta meteorización.

4. El calcio intercambiable es mediano. En un futuro próximo es probable que en lugar de aumentar disminuya.

5. El calcio soluble en agua es bajo. Es factible que las pérdidas por lixiviación en forma de bicarbonatos sean de consideración.

6. Se recomienda hacer un estudio de reposición de calcio en los suelos estudiados.

7. Se recomienda hacer un estudio de enclamiento.

## VI. RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en suelos de la Sabana de Túquerres, situada al sur de la República de Colombia, en la cordillera occidental, a una altura media de 3.000 m.s.n.m. y cuyas coordenadas extremas son:  $0^{\circ} 53' 51''$  (Cumbal) y  $1^{\circ} 05' 25''$  (Túquerres) de latitud norte y una longitud de  $77^{\circ} 47' 25''$  (Cumbal) y  $77^{\circ} 32' 24''$  (Puente de Gualanquizán) al occidente del meridiano de Greenwich. Tiene una temperatura que oscila entre 6 y  $11^{\circ}\text{C}$ . y una precipitación de 500 mm a 1.000 mm. por año.

Se determinó cinco fracciones de calcio del suelo y subsuelo, cuyos promedios se los puede catalogar: mediano, calcio total (8.535,57 ppm. suelo; 6.256,18 ppm. subsuelo), lo mismo que el calcio intercambiable (831,53 ppm. suelo; 502,73 ppm. subsuelo); bajo, calcio activo (2.651,08 ppm. suelo y 2.306,17 ppm. subsuelo), calcio soluble en agua (20,12 ppm. suelo; 17,89 ppm. subsuelo) y alto, el calcio inactivo (5.884,49 ppm. suelo; 3.950,00 ppm. subsuelo).

Es posible que a corto tiempo haya problemas con el calcio intercambiable.

Al comparar las concentraciones de calcio, con regiones similares como las del Altiplano de Ipiales y Pasto se encontró diferencias en las distintas fracciones.

Se recomienda hacer estudios de reposición de calcio en estos suelos.

The present study was made on the soil of the Sabana de Tiqueras, situated on the south of the Republic of Colombia in the western Cordillera at an average altitude of 3,000 m. and those points are 0° 53' 51" (Cumbel) and 1° 25' 25" (Tiqueras) in the northern latitude and a longitude of 77° 47' 24" (Cumbel) and 77° 32' 24" (Puente de Guadalupe) to the west of the Greenwich Meridian. It has a temperature which varies between 6°C. and 12°C. and a precipitation of between 500 mm. and 1,000 mm. for year.

Five fractions of calcium from the topsoil and subsoil were examined and their averages can be considered thus: active calcium (8,537,27 ppm. topsoil; 6,726,18 ppm. subsoil); interstitial calcium (2,11,53 ppm. topsoil; 902,73 ppm. subsoil); active calcium (2,651,66 ppm. topsoil and 2,306,17 ppm. subsoil); calcium soluble in water (20,12 ppm. topsoil; 17,89 ppm. subsoil); and inactive calcium (5,284,49 ppm. topsoil; 3,550,00 ppm. subsoil).

It is possible that in a short time the soil will be exhausted with the interstitial calcium.

When the calcium concentrations were compared with similar regions such as those of the high valleys of Euzo and Itezo the differences were found in the different fractions.

## SUMMARY

The present study was made on the soil of the Sabana the Túquerres, situated on the south of the Republic of Colombia in the western Cordillera at an average altitude of 3.000 m. and those limits are  $0^{\circ} 53' 51''$  (Cumbal) and  $1^{\circ} 05' 25''$  (Túquerres) in the norther latitude and a longitude of  $77^{\circ} 47' 24''$  (Cumbal) and  $77^{\circ} 32' 24''$  (Puente de Gualanquizán) to the west of the Green wich Meridian. It has a temperature which varies between  $6^{\circ}\text{C}$ . and  $11^{\circ}\text{C}$ . and a precipitation of between 500 mm. and 1.000 mm. for year.

Five fractions of calcium from the topsoil and subsoil were examined and their averages can be catalogued thus: medium, total calcium (8.537,27 ppm.) topsoil; 6.256,18 ppm. subsoil) also interchangeable calcium (831,53 ppm. topsoil; 502,73 ppm. subsoil); low, active calcium (2.651,08 ppm. topsoil and 2.306,17 subsoil), calcium soluble in water (20,12 ppm. topsoil; 17,89 ppm. subsoil) and high, inactive calcium (5.884,49 ppm. topsoil; 3.950,00 ppm. subsoil).

It is possible the in a short time the will be problems with the interchangeable calcium.

When the calcium concentrations were compared with similar regions such as those of the high valleys of Pasto and Ipiales differences were found in the different fractions.

It does recommend to study of replacemet from calcium in those soils.

1. ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York. Wiley. 472p.
2. SUREN, S., L.R. RIVAS y A. VILLALBA. 1970. *Investigaciones de microorganismos, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Huila, Colombia del Pacífico, Universidad de Huila, Instituto Tecnológico Agrícola, Páramo. (Trabajo de tesis). 110p.*
3. LAMBERT, K.W. and J. PROSDOCIMO. 1968. Effect of nitrogen, phosphorus, calcium and magnesium on chemical composition of wheat in relation to release of calcium at harvest. *Soil Science Soc. Amer. Proc.* 32:428-431.
4. BIRCH, J.F. 1967. Soil nutrition. 2nd ed. New York. Wiley. 720p.
5. BIRCH, J.F. 1967. Chemistry of the soil. 2nd ed. New York. Wiley. 517p.
6. BIRCH, J.F. and J.A. BRATT. 1963. Advances in secondary and trace nutrient fertilization. In: *Soil Science, N.H. 93 94 ed.* Fertilizer technology and usage. Madison, Soil Sci. Soc. Amer., 287-340p.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New York. Wiloy. 472p.
2. ANGULO, N., L.R. NAVAS y A. VILLAMIL. 1970. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Universidad de Nariño. Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (tesis no publicada. 116p.
3. BARRONWS, H.L. and M. DROSDOFF. 1958. Effect of nitrogen, potassium, calcium and magnesium on mineral composition of lakland fine sand in relation to mineral content of tunglea ves. Soil Science Soc. Amer. Proc. 22:426-431.
4. BAVER, L.D. 1967. Soil physics. 3th ed. New York. Wiloy 370p.
5. BEAR, E.B. 1967. Chemistry of the soil: 2th ed. New York, Rein hild. 517p.
6. BERGER, K.C. and P.P. PRATT. 1963. Advances in secondary and micro nutrient fertilization. In McVickar, M.H. et al eds. Fertilizer technology and usage. Madison. Soil Sci. Soc. Amer., 287-340p.

7. BLASCO, M. 1963. Conferencias de Suelos II. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Palmira (mimeografiado). 427p.
8. \_\_\_\_\_ y A.H. CORNFIELD. 1967. Comparación de dife-  
rentes extratantes para determinar el amonio intercambia-  
ble en los suelos del Valle del Cauca. Acta Agronómica.  
(Colombia). 17:27-51.
9. BORNEMISZA, E. y R. PINEDA. 1969. Minerales amorfos y mi-  
neralización del nitrógeno en suelos derivados de cenizas  
volcánicas. In Panel sobre suelos derivados de cenizas  
volcánicas de América Latina. p. irreg.
10. BUCKMAN, M.O. and N.C. BRADY. 1960. The nature and properties  
of soils. 6th ed. New York, MacWillan. 567p.
11. BURBANO, H., et al. 1969. Algunos aspectos del encalamiento  
en suelos del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Revis-  
ta Ciencias Agrícolas. 4:51-64.
12. BRAVO, A.R. y P. ERASO. 1972. Estudio de fertilidad en sue-  
los del Altiplano de Túquerres. Universidad de Nariño. Fa-  
cultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (Tesis no publicada).  
115p.

13. CAJA DE CREDITO AGRARIO, INDUSTRIAL y MINERO. 1968. Los problemas del crédito agropecuario y el desarrollo económico en Colombia. Bogotá. 185p.
14. CERON, E. 1968. Plan de crédito supervisado para la zona de Túquerres e Ipiales. Pasto. INCORA. (mimeografiado). 120p.
15. 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.
16. DEMOLON, A. 1966. Crecimiento de los vegetales cultivados. Trad. José Pérez Malla. Barcelona. ed. Omega. 587p.
17. DUCHAUFOUR, P. 1965. Précis de Pedologie. Paris. ed. Masson. 481p.
18. DURAN, N. 1968. Algunas características químicas de los suelos algodoneeros del sur de la Guajira. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira. (tesis mimeografiada). 96p.
19. 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 Nacional de Putumayo, Colombia. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. (tesis no publicada). 200p.

20. ESPINEL, T.L. y B. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia; Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Ins. Geogr. "Agustín Codazzi". 20lp.
21. FEUILLET, B.C. y A. FEUILLET. 1971. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Túquerres bajo condiciones de pradera. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. (tesis no publicada). 122p.
22. GADBAN, J.R. 1971. Algunos aspectos del calcio en el Altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (tesis no publicada). 6lp.
23. GAMBOA, J.J. 1972. Variabilidad de los niveles nutricionales y fertilidad de los suelos Andinos de Nariño, Colombia. In 2º Panel sobre suelos volcánicos de América. Universidad de Nariño. Pasto. 24p.
24. GONZALEZ, A. 1961. Curso de Geología. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira (mimeografiado). 12lp.
25. GONZALEZ, S.O. 1972. Propiedades Físicas de algunos suelos de la Sabana de Túquerres, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (tesis no publicada). 77p.

20. ESPINEL, T.L. y B. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia; Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Ins. Geogr. "Agustín Codazzi". 201p.
21. FEUILLET, B.C. y A. FEUILLET. 1971. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Túquerres bajo condiciones de pradera. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. (tesis no publicada). 122p.
22. GADBAN, J.R. 1971. Algunos aspectos del calcio en el Altiplano de Pasto. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (tesis no publicada). 61p.
23. GAMBOA, J.J. 1972. Variabilidad de los niveles nutricionales y fertilidad de los suelos Andinos de Nariño, Colombia. In 2º Panel sobre suelos volcánicos de América. Universidad de Nariño. Pasto. 24p.
24. GONZALEZ, A. 1961. Curso de Geología. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira (mimeografiado). 121p.
25. GONZALEZ, S.O. 1972. Propiedades Físicas de algunos suelos de la Sabana de Túquerres, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (tesis no publicada). 77p.

26. GUITIAN, P. y M. MUÑOZ. 1960. Efectos del encalado en los suelos ácidos. *Anales de Edaf. y Agrobiol.* 19 (5):261-270.
27. HOLMES, H. 1952. *Geología Física*. Trad. por Gandel y Comas. 519p. La región de Guachucal, Departamento de Mariño, Colombia. Universidad de Mariño, Facultad de Ciencias Agrícolas.
28. JACOB, A. y H. UEXHULL. 1961. *Fertilización*. Trad. L. López. Amsterdam. International. 626p.
29. JACKSON, M.L. 1960. *Soil chemical analysis*. 2nd. ed. Englewood Cliff, N. Y. Prentice Hall. 438p.
30. 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.
31. LAWTON, K. 1963. Composición química de los suelos. In Bear, F. E. *Química del suelo*. Madrid. Interciencia. 63-100p.
32. LOGANATHAN, P. and L.D. SWINDALE. 1969. The properties and genesis of four middle altitude Dystrandept Volcanic Ash soils of Hauna Kea, Hawai. *Pacific. Sci.* 23:161-171.
33. 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.
34. LOPEZ, J. 1972. Propiedades Físicas de algunos suelos volcánicos de la región de Guachucal, Departamento de Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto (tesis no publicada). *Revista Agrícola Trop. (Bogotá)*. 2 (12):31-35.
35. LUNA, G. 1969. Aspectos genéticos de "Andosoles" en Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. IICA, Turrialba, Costa Rica. p. irr.
36. MARIN, G. y J. GOMEZ. 1966. Algunos aspectos del análisis de suelos. V.- Factores que deben tenerse en cuenta al hacer recomendaciones de fertilizantes y cal. *Agric. Trop. (Bogotá)*. 22(8):426-432.
37. \_\_\_\_\_ . 1967. Algunas sugerencias sobre el uso de fertilizantes y cal. *Agri. Trop. (Bogotá)*. 23(1):60-64.
38. MARQUEZ, L. y L. TORRES. 1968. Estudio de las fracciones y algunas reacciones del fósforo en los suelos del Valle del Cauca. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Palmira (tesis mimeografiada). 85p.

39. MARTIN, W.E., J. VLAMIS and N.W. STICE. 1953. Field correction of calcium deficiency on a serpentine soil. Agron. Jour. 45:204-208.
40. McLEAM, A.J. 1961. Potassium supplying power of some Canadian soils. Canad. Jour. Soil. Sci. 41:192-206.
41. MESA, D. 1949. Efectos del calcio en el desarrollo de las plantas. Agric. Trop. (Bogotá). 5 (12):31-35.
42. MILLAR, C. 1959. Soil Fertility. 2nd. ed. New York, Wiley Sons. 436p.
43. MILLOT, G. 1964. Geologie des argiles. Paris. Masson. 499p.
44. MINISTERIO DE TRABAJO. 1962. Atlas de Nariño. Bogotá. Arco. 34p.
45. NAYLOR, D.V. and R. OVERSTREET. 1969. Sodium-calcium exchange behavior in organic soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33:848-851.
- 46.- PARRA, A.C. 1971. Fraccionamiento del calcio en suelos del Altiplano de Ipiales. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. (tesis no publicada). 39p.

47. ROYO Y GOMEZ, J. 1942. Datos para la geografía económica de Nariño y del Alto Putumayo. Compilación de estudios geológicos de Colombia. Bogotá. 5:53-160.
48. SALMON, R. C. 1964. Cation exchange reactions. Jour Soil Sci. 15:273-283 .
49. THOMPSON, L. 1966. El suelo y su fertilidad. Trad. Ricardo Clará Camprubi. Zaragoza, Reverté. 407p.
50. WEEKS, M.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 N° 12. Madison Amer. Soc. Agre 233-269p.
51. 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.
52. 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 N° 12. Madison. Amer. Soc. Agr. 207-232p.
53. WORTHEN, E. y S. ALDRICH. 1959. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. Trad. José Luis de la Loma. 2ª Ed. México, UTEHA. 416p.

Tabla 1.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SUJECOS DE DIFERENTES  
REGIONES DEL ALTIPLANO DE  
BUENOS AIRES

REGION	PH.	HUMEDAD	N.O
		%	%
1. Figueroa	6.55	11.61	0.56
2. Via Suriana	5.65	7.30	2.77
3. Gualeguaychú	5.35	5.87	3.87
4. San Roque	5.45	10.64	5.94
5. San Juan	5.90	6.73	4.85
6. Chacabuco	5.50	6.00	8.77
7. Llavallán	5.80	3.85	5.77
8. St. Domingo	5.60	8.61	2.77
9. Via Guadalupe	5.45	3.37	9.39
10. Guaymas	7.15	5.00	6.20
11. Via General	5.30	8.10	9.13
12. Cutral	5.35	6.66	8.99
13. Tandil	5.50	4.99	7.25
14. Via Providencia	5.60	7.43	0.25
15. Providencia	5.60	9.55	11.96

A P P E N D I C E

TABLA 1.

ALGUNAS CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DE DIFERENTES  
REGIONES DEL ALTIPLANO DE  
TUQUERRES

SITIOS	pH.	HUMEDAD %	M.O %
1 Túquerres	6.55	11.61	0.56
2 Vía Ospina	5.65	7.30	2.77
3 Cualanquizán	5.35	5.87	3.87
4 San Roque	5.65	10.64	9.94
5 San Juan	5.50	6.73	4.85
6 Chaitán	5.60	6.08	8.77
7 Alsacia	5.80	3.85	5.77
8 El Espino	5.60	8.67	2.77
9 Vía Guachucal	5.45	3.37	9.39
10 Guachucal	7.15	5.08	6.20
11 Vía Cumbal	5.30	8.10	9.13
12 Cumbal	5.35	6.66	8.99
13 Tasmá	5.50	6.99	7.25
14 Vía Providencia	5.60	7.43	9.25
15 Providencia	5.60	9.58	11.96

Tomada de González (25).

TABLA 2.

ALGUNAS CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUBSUELOS DEL  
ALTIPLANO DE TUQUERRES

SITIOS	pH.	HUMEDAD %	M.O %
1 Túquerres	6.50	9.71	2.0
2 Vía Ospina	6.20	16.60	0.81
3 Cualanquizán	5.60	10.41	1.29
4 San Roque	6.15	7.90	3.22
5 San Juan	5.80	8.55	0.51
6 Chaitán	6.00	5.69	1.82
7 Alsacia	6.50	1.35	0.51
8 El Espino	6.35	1.84	1.62
9 Vía Guachucal	5.75	4.20	2.84
10 Guachucal	6.35	14.25	3.13
11 Vía Cumbal	6.55	9.73	0.67
12 Cumbal	6.40	7.36	1.29
13 Tasmá	6.30	10.70	1.32
14 Vía Providencia	6.30	6.96	1.10
15 Providencia	6.20	2.49	2.27

Tomado de González (25).

TABLA 3.

PRUEBA DE "STUDENT" PARA COMPARAR PROMEDIOS ENTRE LOS SUELOS DE  
 IPIALES Y TUQUERRES

FRACCIONES	G. L.	F. CALCULADA	F. TABULADA	F. CALCULADA	F. TABULADA
Ca. TOTAL	18 - 14	2,939	2,39	4,435++	2,037
			3,51		2,750
Ca. ACTIVO	18 - 14	4,995	2,39	7,097++	0,688
			3,51		1,739
Ca. INACTIVO	18 - 14	15,710	2,39	1,905++	0,068
			3,51		1,739
Ca. INTERC.	18 - 14	3,929	2,39	4,205++	0,688
			3,51		1,740
Ca. SOLUBLE	18 - 14	2,321,84	3,51	0,08++	0,687
			3,51		1,734

TABLA 4.

PRUEBA DE "STUDENT" PARA COMPARAR PROMEDIOS ENTRE LOS SUBSUELOS DE  
 IPIALES Y TUQUERRES

FRACCIONES	G. L.	F. CALCULADA	F. TABULADA	F. CALCULADA	F. TABULADA
Ca. TOTAL	18 - 14	4,23	2,39	8,945++	0,688
			5%		5%
			1%		1%
Ca. ACTIVO	18 - 14	6,23	2,39	7,101++	0,589
			5%		5%
			1%		1%
Ca. INACTIVO	18 - 14	1,58	2,39	2,393+	2,037
			5%		5%
			1%		1%
Ca. INTERC.	18 - 14	8,13	2,39	4,111++	9,688
			5%		5%
			1%		1%
Ca. SOLUBLE	18 - 14	1.044,70	2,39	5,012++	0,688
			5%		5%
			1%		1%

TABLA 5.

PRUEBA DE "STUDENT" PARA COMPARAR PROMEDIOS ENTRE LOS SUELOS DE  
PASTO Y TUQUERRES

FRACCIONES	G. L.	F. CALCULADA	F. TABULADA	F. CALCULADA	F. TABULADA
Ca. TOTAL	10 - 14	1,363	2,86	5%	2,891++
			4,60	1%	
Ca. ACTIVO	10 - 14	5,240	2,86	5%	4,623++
			4,60	1%	
Ca. INTERG.	10 - 14	2,690	2,86	5%	0,080 NS.
			4,60	1%	
Ca. SOLUBLE	10 - 14	15,985	2,86	5%	5,820++
			4,60	1%	
			2,14	5%	2,14
			2,797	1%	2,797
			0,622	5%	0,622
			1,608	1%	1,608
			2,14	5%	2,14
			2,797	1%	2,797
			0,692	5%	0,692
			1,764	1%	1,764

TABLA 6.

PRUEBA DE "STUDENT" PARA COMPARAR PROMEDIOS ENTRE LOS SUBSUELOS  
DE PASTO Y TUQUERRES

FRACCIONES	G. L.	F. CALCULADA	F. TABULADA	F. CALCULADA	F. TABULADA
Ca. TOTAL	10 - 14	2,31	2,86 5%	2,516+	2,15 5%
			4,60 1%		2,797 1%
Ca. ACTIVO	10 - 14	2,54	2,86 5%	5,558++	2,14 5%
			4,60 1%		2,797 1%
Ca. INTERC.	10 - 14	4,93	2,86 5%	0,319 NS.	0,693 5%
			4,60 1%		1,772 1%
Ca. SOLUBLE	10 - 14	35,60	2,86 5%	8,060++	0,692 5%
			4,60 1%		1,762 1%

T  
E-631.842 Morales Mesias, Javier <sup>12209</sup> Henry  
M828 Fraccionamiento del calcio en  
Ej.1 suelos del Altiplano de Tuquerres

	VENCE
NOMBRE <i>Rosario E. Fernández</i>	
No. del Carnet <i>1015</i>	<i>21 MAR. 197</i>
NOMBRE <i>CARLOS GONZALEZ</i>	
No. del Carnet <i>1698</i>	<i>VI-12/80</i>
NOMBRE <i>Diego Vargas A.</i>	<i>VI-18/80</i>
No. del Carnet <i>1612</i>	
NOMBRE <i>Miguel H. Rosales</i>	

X

T  
E-631.842  
M828  
Ej.1

12209

X (D)