

FRACCIONES DE MAGNESIO EN SUELOS VOLCANICOS DE NARIÑO, COLOMBIA

Por

ALBERTO RICAURTE MONCAYO

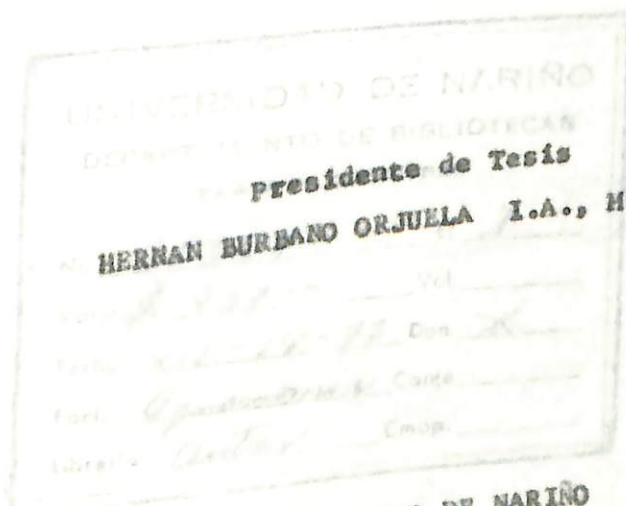
21

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

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

INGENIERO AGRONOMO

Artículo 14 del 11
de octubre del Honorable
Consejo Directivo de la Universidad de Pa
rta.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA
1977

31.4
488
.1.

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

Artículo 10. del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS	
PASTO - COLOMBIA	
No. <u>20354</u>	Ej. <u>1</u>
Valor <u>\$ 950 -</u>	Vol. <u> </u>
Fecha <u>XII-18-77</u>	Don. <u>X</u>
Fact. <u>Agencia</u>	Canje <u> </u>
Librería <u>Antor</u>	Comp. <u> </u>

AGRADECIMIENTO A :

A MIS PADRES
A MI ESPOSA
A MI HIJO
A MIS HERMANOS
A MIS SUEGROS
A MIS CUÑADOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS

HURDAN HURDAN GARCIA I.A., M. D.

NICHOL VIVEROZ RAMA I.A.

FRANCISCO GONZALEZ DE LA ESPERANZA

CARLOS CASTILLO I.Q.

JESUS ADALDO GONZALEZ VELAZQUEZ I.Q.

TIBURCIO LOPEZ IRACORRI I.A.

VICTOR AGUIRRE I.A.

FABIO PAZ I.A.

EDUARDO GONZALEZ QUINTERO I.A., M. D.

LUIS AGUIRRE ELIAS

LABORATORIOS NISCA DE COLOMBIA

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL CAUCA

DEDICO :
ALBERTO RICAURTE MONCAYO

Todas las personas que en una u otra
forma colaboraron en la realización
del presente trabajo.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

AGRADECIMIENTO A :

HERNAN BUREANO ORJUELA I.A., M. Sc.

MIGUEL VIVEROS ZARAMA I.A.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA

CARLOS CASTILLO I.Q.

JESUS AURELIO CHAVES PERARANDA I.A.

TIBERIO LOPEZ IRAGORRI I.A.

VICTOR AGREDO I.A.

FABIO PAZ I.A.

EFREN CORAL QUINTERO I.A., M. Sc.

LUCY AGUILERA RIASCOS

LABORATORIOS MERCK DE COLOMBIA

SECRETARIA DE AGRICULTURA DEL CAUCA

Todas las personas que en una u otra
forma colaboraron en la realización
del presente trabajo.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Origen del magnesio	3
2.1.1 El magnesio en los minerales	4
2.1.2 El magnesio en las rocas	5
2.2 El magnesio en el suelo	5
2.2.1 Fuentes y contenido	7
2.2.2 Relación del magnesio con otros elementos	7
2.2.3 Comportamiento del magnesio	8
2.3 El magnesio y las plantas	8
2.3.1 Extracción de magnesio por las plantas	9
2.3.2 Funciones del magnesio en la planta	9
2.3.3 Deficiencia de magnesio en las plan- tas	10
III. MATERIALES Y METODOS	10
3.1 Area de estudio	10
3.1.1 Ubicación y condiciones de clima	10
3.1.2 Suelos de la región de Pasto	11
3.1.2.1 Suelos desarrollados prin- cipalmente sobre cenizas volcánicas	11
3.1.2.2 Suelos desarrollados de ma- teriales complejos	12
3.1.3 Suelos de la región Túquerres-Ipiiales	12
3.1.3.1 Suelos de material parental preferentemente de ceniza volcánica	12

3.1.3.2	Suelos de formación com- pleja	13
3.2	Muestreo	13
3.3	Análisis físico-químico general	13
3.3.1	Humedad	15
3.3.2	Textura	15
3.3.3	Densidad aparente	15
3.3.4	Reacción del suelo	15
3.3.5	Carbono orgánico	15
3.3.6	Materia orgánica	16
3.3.7	Capacidad de intercambio catiónico	16
3.4	Fraccionamiento del magnesio	16
3.4.1	Magnesio total	16
3.4.2	Magnesio intercambiable	16
3.4.3	Magnesio acompañado a la materia orgánica	16
3.4.4	Magnesio soluble en ácido	17
3.4.5	Magnesio mineral	18
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	18
4.1	Características físico-químicas de los sue- los estudiados	18
4.1.1	Textura	18
4.1.2	Densidad aparente	18
4.1.3	Reacción del suelo	19
4.1.4	Materia orgánica	19
4.1.5	Capacidad de intercambio catiónico	19
4.2	Fracciones de magnesio en los suelos estudia- dos	19
4.2.1	Magnesio total	20
4.2.2	Magnesio mineral	21
4.2.3	Magnesio soluble en ácido	21
4.2.4	Magnesio intercambiable	22

	pág.
4.2.5 Magnesio acomplejado a la materia orgánica	23
4.2.6 Magnesio no extraíble	23
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	29
5.1 Conclusiones	29
5.2 Recomendaciones	30
VI. RESUMEN	31
SUMMARY	32
VII. BIBLIOGRAFIA	33

ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. Sitios de muestreo y su localización en la zona de estudio	14
FIGURA 2. Contenido promedio de las fracciones de magnesio	28
Tabla III. Fracciones de magnesio en los suelos estudiados, primera capa	26
Tabla IV. Fracciones de magnesio en los suelos estudiados, segunda capa	27

TABLAS

Pág.

TABLA	I. Características físico-químicas de los suelos estudiados, primera capa . . .	24
TABLA	II. Características físico-químicas de los suelos estudiados, segunda capa . . .	25
TABLA	III. Fracciones de magnesio en los suelos estudiados, primera capa	26
TABLA	IV. Fracciones de magnesio en los suelos estudiados, segunda capa	27

FRACCIONES DE MAGNESIO EN SUELOS VOLCANICOS DE NARIÑO, COLOMBIA (*)

Por

ALBERTO RICAURTE MONCAYO

1. INTRODUCCION

No obstante que el magnesio pertenece al grupo de los elementos mayores, es prácticamente nula la información, que para suelos de Colombia y en relación a este elemento existe en la actualidad. Es bien conocido únicamente, el estudio de Mantilla y León (29), con suelos del Valle del Cauca, en el cual se ocupan del caso de la relación $Ca:Mg$ invertida.

Los suelos del Departamento de Nariño tampoco han sido estudiados a cabalidad, en lo que respecta al magnesio. Además, se debe tomar en cuenta que la práctica del encalamiento es bastante generalizada en esta región y, en consecuencia, se está corriendo el riesgo de llevar a un desbalance calcio-magnesio, toda vez que los materiales encalantes utilizados son decididamente calcíticos.

Por las razones anteriores, se decidió adelantar un estudio de orden químico a nivel de laboratorio, con el propósito de conocer el esta-

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

do de las fracciones del magnesio, en algunos suelos volcánicos del Departamento de Nariño, siguiendo para el efecto una marcha analítica diseñada recientemente.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Origen del magnesio

2.1.1 El magnesio en los minerales

El magnesio se encuentra formando parte de numerosos minerales, tanto primarios como secundarios. Dentro del primer grupo se pueden mencionar los siguientes (4, 11) :

Augita	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ y $\text{MgAl}_2\text{SiO}_6$
Biotita	$\text{H}_2\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{Al}, \text{Fe})(\text{SiO}_4)_3$
Clorita	Silicatos de Al, Fe, Mg y H_2O químicamente combinada
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Epsomita	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Hornblenda	$\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_4\text{O}_{12}$ y $\text{CaMg}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$
Magnesita	MgCO_3
Olivino	$(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4$
Serpentina	$\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
Talco	$3\text{MgO}, 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Según Besoain (5), el magnesio forma parte de los minerales secundarios que se reseñan a continuación :

Amesita	$(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Al}_4\text{Si}_2\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
Antigorita	$\text{Mg}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
Arcillas cloritas	$(\text{Mg}_{4,65}\text{Fe}^{3+}_{0,40}\text{Al}_{0,90})(\text{Si}_{3,20}\text{Al}_{0,80})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

Berthierina	$(Fe, Fe, Mg, Al)_6 (Si, Al)_8 O_{10} (OH)_8$
Crisotilo	$Mg_6 Si_4 O_{10} (OH)_8$
Hectorita	$0,33M + (Mg, Li)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$
Ledikita	$(K, H_3O) Mg_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$
Palygorskita	$H_4 Mg_5 Si_8 O_{20} (OH)_6 \cdot 6H_2O$
Saponita	$0,33M + Mg_3 (Si_{3,67} Al_{0,33}) O_{10} (OH)_2$
Sauconita	$0,33M + (Mg, Zn)_3 (Si_{3,67} O_{0,33}) O_{10} (OH)_2$
Sepiolita	$H_6 Mg_8 Si_{12} O_{30} (OH)_{10} \cdot 6H_2O$
Vermiculita	$0,67M + (Mg, Fe, etc.)_3 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_2$

2.1.2 El magnesio en las rocas

Dentro del grupo de las rocas ígneas se sabe que a medida que aumenta el contenido de sílice, éstas son de naturaleza ácida, en caso contrario serán básicas. Por otra parte, el contenido de calcio, magnesio, aluminio, hierro y fósforo, variará en relación inversa a la presencia de sílice (5).

Como representantes de las rocas metamórficas que contienen magnesio, se pueden mencionar: gneis, micacitas, anfibolita, mármoles y corubianitas (4, 11).

El magnesio también se encuentra formando parte de las rocas sedimentarias, entre éstas se pueden señalar las siguientes: las dolomitas, cuyo componente principal es el $CaMg(CO_3)_2$; además, están las evaporitas conformadas por sales potásico-magnésicas (carnalita: $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$; Kieserita: $MgSO_4 \cdot K_2SO_4$; Kainita: $KCl \cdot MgSO_4$; Langbeinita: $MgSO_4 \cdot K_2SO_4$; Bischofita: $MgCl_2 \cdot 6(HOH)$ (5).

2.2 El magnesio en el suelo la primera capa, dicha variación fue de 7 a 23 ppm en la capa subyacente.

2.2.1 Fuentes y contenido

La cantidad de magnesio existente originalmente en el suelo está, en general, íntimamente relacionada con la presencia de calcio, ya que ambos elementos suelen encontrarse en las rocas calizas a partir de las cuales se forma el suelo (3, 39).

El contenido de magnesio en los suelos puede fluctuar entre 0,1 y 5%. Al igual que el calcio, el clima tiene un efecto decisivo sobre su concentración en el suelo. La textura también influye en este aspecto. Por lo general, los suelos con texturas más finas contienen mayores cantidades de magnesio. Su distribución en el perfil corresponde a un aumento en su contenido a partir del horizonte B (18, 33, 36).

La información acerca de las fracciones de magnesio en los suelos, se limita a la conseguida por Mokwunye y Melsted (31), quienes trabajaron con muestras de Sierra Leona (Africa), Illinois (Estados Unidos), Vietnam del Sur y Tailandia, es decir, con suelos de zona tropical y templada. Los datos se reseñan a continuación.

El magnesio total en la primera capa fluctuó entre 350 y 5.472 ppm, en la segunda capa los valores oscilaron entre 380 y 5.301 ppm, si bien, el promedio fue mayor en esta última.

La fracción de magnesio mineral tuvo una concentración que varió entre 121 y 3.404 ppm, en el suelo superficial; los valores para la capa subyacente estuvieron entre las 267 y las 3.100 ppm. El magnesio soluble en ácido dió valores entre 60 y 1.592 ppm en la primera capa, para la segunda estuvieron comprendidos entre 72 y 1.848 ppm. La concentración del magnesio intercambiable en el suelo superficial osciló entre 20 y 1.337 ppm, en el suelo subyacente varió de 13 a 1.434 ppm. Finalmente, el magnesio acompañado a la materia orgánica tuvo una

variación que fue de 6 a 85 ppm en la primera capa, dicha variación fue de 7 a 73 ppm en la capa subyacente.

Para suelos del Departamento de Nariño, Gamboa (17) considera que en razón de que no existen estudios de fraccionamiento de magnesio, no se pueden conocer las reservas de este elemento. El promedio que reporta para el magnesio de cambio es del orden de los 565,5 Kg/Ha, valor que cataloga de bajo a mediano. La secuencia que encontró para las diferentes zonas estudiadas fue la siguiente :

[Ipiales > Pasto > Túquerres] > Zona Templada > Zona Cálida
Zona Fría

El mismo autor considera que el bajo promedio detectado indica la importancia de usar cales dolomíticas o fertilizantes que lleven este elemento. Señala además, que después del fósforo, el magnesio es el elemento más limitante en los suelos estudiados. Indica también que el magnesio de cambio ocupa el primer lugar en lo que se refiere a menor variabilidad, siendo su coeficiente de variación 15,86%, lo cual muestra que es el elemento que presenta mayor uniformidad en los suelos del Departamento de Nariño.

Según Guerrero (20) y Frye (16), para suelos de Colombia, la mayor incidencia de niveles deficitarios de magnesio se presenta preferentemente en los siguientes tipos de suelos : Oxisoles de los Llanos Orientales; Ultisoles de la Llanura del Pacífico, Chocó, Urabá y Bajo Putumayo; suelos de las terrazas viejas de los valles y suelos Dystran de las regiones andinas. En adición a esto, la deficiencia de magnesio parece tener cierta ocurrencia en algunos suelos de la Sabana de Bogotá.

2.2.2 Relación del magnesio con otros elementos

La disponibilidad de algunos elementos como el calcio, el magnesio y el potasio no solo depende de la concentración individual de la respectiva fracción aprovechable en el suelo, sino también del equilibrio que guarden entre sí en la cubierta catiónica de la micela coloidal. Esto, por cuanto el exceso de uno o dos de ellos sobre el restante puede restringir la absorción activa de este último elemento (20).

Se considera como relación normal de las bases del suelo, aquella en la cual la proporción Ca:Mg:K, es 2-3:1:0,15-0,25. De otra parte, un nivel adecuado de magnesio de cambio correspondería a un valor superior a los 2,5 me/100 g y a un porcentaje de saturación por encima de 25 (26).

Además de lo anterior, López (24), quien analizó el efecto de un programa de fertilización adelantado en un período de 12 años, en suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera de Caldas, llegó a la conclusión de que la adición de nitrógeno a través del ión NH_4^+ disminuyó notablemente el contenido de magnesio natural. En este mismo sentido, aunque con suelos de la zona templada, se encontró que la aplicación de fertilizantes amoniacales a suelos sembrados con trigo de verano, incrementaba la severidad de la deficiencia de magnesio (9).

2.2.3 Comportamiento del magnesio

El magnesio del suelo se origina por la meteorización de rocas que contengan minerales tales como biotita, dolomita, clorita, serpentina, olivino, etc. En la descomposición de estos minerales, el magnesio se desplaza libremente en las aguas que lo rodean. Este entonces puede ser: perdido en las aguas de percolación, absorbido por los microorganismos, adsorbido por las arcillas y reprecipitado como mineral secundario (2).

El magnesio disponible para las plantas en el suelo es tá en forma cambiante (Mg^{2+}) y/o hidrosoluble. Su comportamiento sigue los mismos principios generales que el calcio y el potasio. No obstante, el ión magnesio tiene menos energía en los coloides del suelo que el ión calcio, de aquí, que sea necesaria una menor concentración para que este nutrimento sea aprovechable para las plantas. De otra parte, esta absorción depende de la cantidad presente, del grado de saturación de magnesio, de la naturaleza de los otros iones cambiables, y del tipo de arcilla (30, 36).

Makwunye y Melsted (32), al trabajar con suelos de regiones templada y tropical, encontraron que la adición de magnesio en dosis que oscilaron de 50 a 2.900 $\mu g/g$ de suelo no produjo fijación de este elemento, bien originada por las arcillas o por la fracción orgánica del suelo. Los cálculos realizados, utilizando la ecuación de equilibrio de intercambio mostraron que una porción substancial del magnesio adsorbido por el suelo se ubicó en los sitios de intercambio. Se encontró además, que las cantidades de magnesio liberadas de las formas no intercambiables fueron pequeñas, comparadas con los niveles críticos de la forma disponible indicados para los cultivos comerciales.

2.3 El magnesio y las plantas

2.3.1 Extracción de magnesio por las plantas

A principios de 1.860 se desarrollaron investigaciones que comprobaron que el magnesio era un elemento esencial para el desarrollo de las plantas (9).

El magnesio es, en general, removido en cantidades menores que el nitrógeno, potasio y calcio, pero con frecuencia sus requerimientos por las especies cultivadas superan los del fósforo. No obstante, el consumo de magnesio por los cultivos es muy variable, pudiendo ser mayor de 100 Kg/Ha en el caso de la caña de azúcar, o tan bajo como

3-4 Kg/Ha en el caso de la patata. El maíz, la papa, la remolacha y el tomate son especies que utilizan cantidades relativamente altas de magnesio (21, 34).

2.3.2 Funciones del magnesio en la planta

El magnesio es necesario para todas las plantas verdes, ya que es un constituyente de la clorofila. Desempeña un papel importante en el transporte de fosfato en la planta; así mismo sirve como activador de varios sistemas enzimáticos de las diferentes rutas metabólicas de la planta incluyendo fotosíntesis, respiración, síntesis y degradación de lípidos y transformaciones del nitrógeno (25, 34).

2.3.3 Deficiencia de magnesio en las plantas

El magnesio es un elemento móvil y se traslada rápidamente de las partes viejas a las jóvenes en caso de deficiencia. Por tanto, el síntoma aparece a menudo en primer lugar en las hojas más bajas. En muchas especies la deficiencia se muestra como una clorosis entre los nervios de las hojas. En estado más avanzado el tejido de la hoja se vuelve uniformemente amarillo pálido, luego marrón y necrótico (12, 36).

La deficiencia de magnesio puede ocasionar grandes defoliaciones en diversos frutales y cultivos de bayas; en los primeros puede afectar el sistema radicular. En otras especies, particularmente el algodón, las hojas inferiores pueden tomar una coloración rojiza púrpura, con gradual coloración marrón y necrosis final (23, 36).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Area de estudio

3.1.1 Ubicación y condiciones de clima

El área de estudio ocupó las regiones centro y sur del Departamento de Nariño. La topografía en general es ondulada, con zonas relativamente planas o ligeramente onduladas en el Valle de Atriz y en el Altiplano Túquerres-Ipiales (10).

La región de Pasto está localizada entre los 2.500 y 2.800 m.s.n.m., con una precipitación pluvial promedio de 700 mm al año, y una temperatura media de 13,5°C. Corresponde a las formaciones montano bajo seco y húmedo (40).

Las características de clima para la región de Ipiales son : altura, 2.000 - 4.000 m.s.n.m.; precipitación pluvial 500 - 1.000 mm anuales y, temperatura que oscila entre 6 y 22°C. Se encuentran las formaciones vegetales bosque húmedo montano y bosque seco (14).

La región de Túquerres se encuentra ubicada a una altura que está alrededor de los 3.000 m.s.n.m. Registra una precipitación pluvial promedio de 750 mm al año, con una temperatura media de 11°C. Pertenecen al bosque húmedo montano (40).

3.1.2 Suelos de la región de Pasto

La información para ésta y todas las regiones estudiadas se tomó del estudio "Suelos derivados de ceniza volcánica del Departamento de Nariño" (27) en razón de su calidad y porque éste se realizó en la

misma zona, objeto de la presente tesis.

Los suelos de esta región han recibido un gran influjo de material piroclástico de los volcanes Galeras, Morasurco, Patascoy y Bordoncillo, y se pueden dividir en los dos grupos que se detallan a continuación :

3.1.2.1 Suelos desarrollados principalmente sobre cenizas volcánicas

Estos suelos presentan una morfología definida y demás propiedades similares a las descritas para los suelos denominados Andosoles. Son suelos profundos en los cuales el horizonte "A" en promedio pasa de los 50 cm de espesor. Los colores son oscuros en las primeras capas, a causa de la mayor cantidad de materia orgánica presente.

Los suelos tienen textura franco arenosa (aquellos que se encuentran a mayor altura), franco limosa y excepcionalmente franco arcillosa.

El contenido de carbón orgánico es muy alto en el primer horizonte y disminuye con la profundidad. Las relaciones C/N son mayores de 10. La saturación de bases de intercambio es baja, si bien la capacidad de cambio es alta. La reacción va de ácida a ligeramente ácida.

3.1.2.2 Suelos desarrollados de materiales complejos

En este grupo están los suelos desarrollados sobre ceniza y otros, como material coluvial andesítico, tobas y aun cenizas volcánicas. Presentan características variadas, que dependen de la proporción y clase de material con el cual se encuentra asociada la ceniza.

Los suelos de este grupo tienen colores algo más claros. Poseen por lo regular textura media, que puede llegar a franco arcillosa por lo menos en algunos de los horizontes inferiores. Se caracterizan por tener un bajo contenido de carbón orgánico. El contenido de bases intercambiables es bajo. La reacción es ligeramente ácida.

3.1.3 Suelos de la región Túquerres-Ipiales

3.1.3.1 Suelos de material parental preferentemente de ceniza volcánica

Los suelos de esta región, han recibido el mayor influjo de los volcanes Azufral, Chiles y Galeras en su parte norte, y probablemente del Cayambe (Ecuador) por su parte sur. Los materiales que han originado los suelos de esta región, se pueden considerar más antiguos que los de la región de Pasto.

Generalmente, los suelos tienen perfiles del tipo AC, aunque se encuentran perfiles más complejos, con horizontes sepultados. En un alto porcentaje hay estratos pumíceos de colores blanco y amarillento que se encuentran en la parte inferior del horizonte "A" y cuyo espesor varía desde pocos centímetros hasta 50 metros.

La textura de los suelos en el primer horizonte, es en general, franco limosa que en algunos casos puede llegar a ser arcillosa. Son suelos de colores oscuros en la parte superior y más claros en los horizontes inferiores.

El carbono orgánico es alto en los primeros horizontes y decrece marcadamente con la profundidad. La capacidad de intercambio catiónico se puede considerar como media. La reacción está entre ácida y ligeramente ácida.

3.1.3.2 Suelos de formación compleja

Pertenecen a este grupo los suelos de origen lacustre del Valle de Guachucal que se encuentran alrededor de los 3.000 m.s.n.m., y los suelos con horizontes sepultados, ubicados en algunas vertientes que bordean al Altiplano de Ipiales que se encuentran por encima de 3.100 m.s.n.m.

Son suelos poco desarrollados, con perfiles AC, horizontes enterrados y líneas de piedra. Presentan colores oscuros en la parte superior y más claros con la profundidad, con excepción de los horizontes sepultados. La textura es franco-arenosa en los primeros horizontes y arenosa o franco-limosa en los inferiores. El carbón orgánico es alto y decrece con la profundidad. La reacción es ligeramente ácida, siendo mediana la cantidad de bases de cambio.

3.2 Muestreo

El muestreo para la realización del presente trabajo se hizo en base a 15 sitios, incluidas las dos primeras capas superficiales, teniendo como guía para el efecto y hasta donde fue posible, el estudio de Luna y Carlhoun (27). En la Figura 1 se observan los sitios de muestreo y su ubicación en la zona de estudio.

3.3 Análisis físico-químico general

Estos análisis y las determinaciones efectuadas en el trabajo se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño, a excepción de las lecturas de absorción atómica, las cuales se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Secretaría de Agricultura del Cauca.

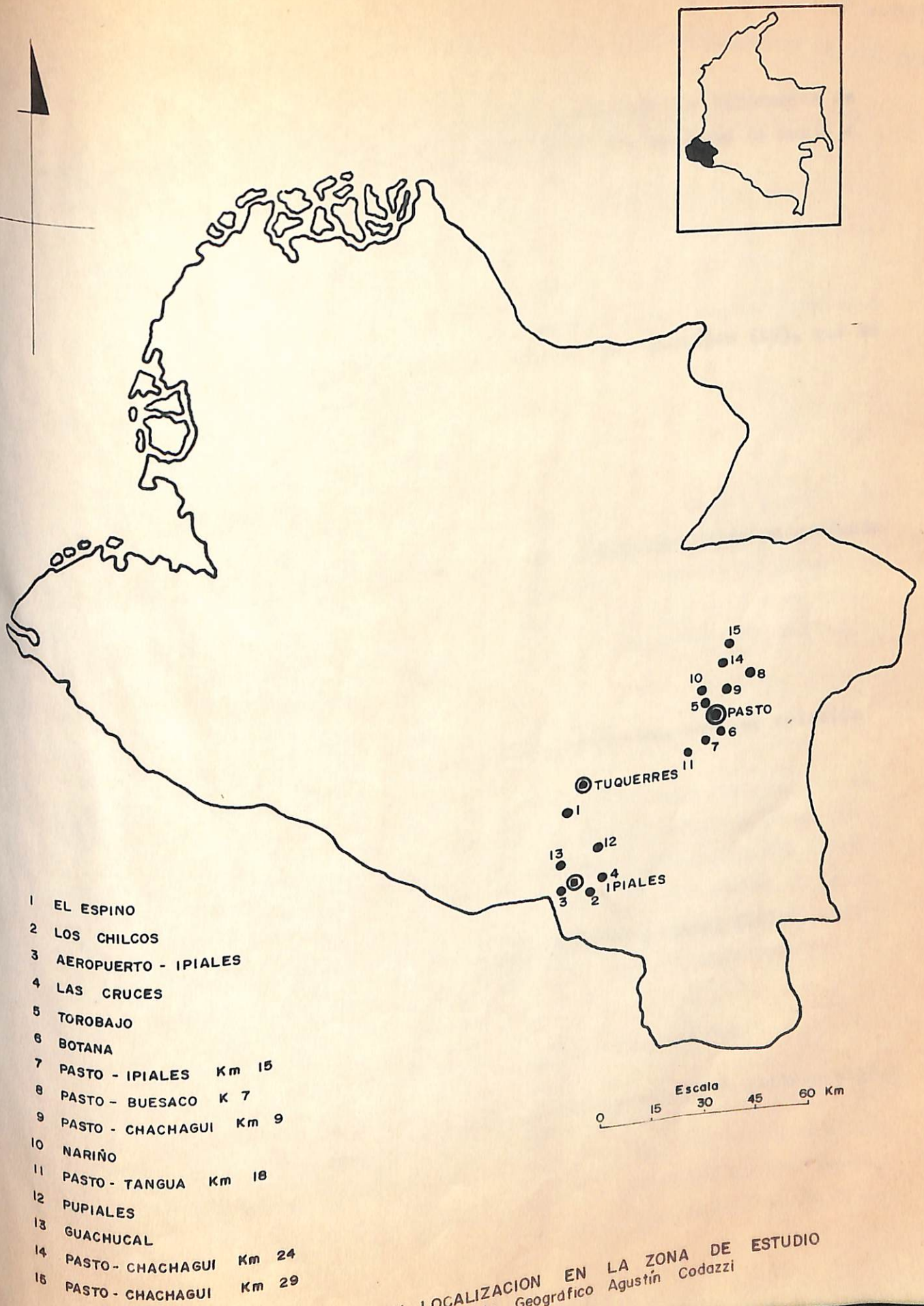


Fig. 1 SITIOS DE MUESTREO Y SU LOCALIZACION EN LA ZONA DE ESTUDIO
 Tomado de Atlas de Colombia Instituto Geográfico Agustín Codazzi

3.3.1 Humedad

El cálculo de la humedad se realizó por diferencia de peso expresado en base seca, después de llevar las muestras de suelo a la estufa (105°C) durante 24 horas (19).

3.3.2 Textura

Se siguió la técnica descrita por Gonzáles (19), que se efectúa utilizando el hidrómetro.

3.3.3 Densidad aparente

Se determinó por medio del método del cilindro graduado (19).

3.3.4 Reacción del suelo

Se empleó el método potenciométrico, con una relación agua-suelo 1:1(22).

3.3.5 Carbono orgánico

Se evaluó por el método de Walkley-Black (38).

3.3.6 Materia orgánica

Se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724 (15).

3.3.7 Capacidad de intercambio catiónico

Se determinó por el método del acetato de amonio normal y neutro de Schöllenberger y Simon (35).

3.4 Fraccionamiento del magnesio

Se siguió la marcha analítica propuesta por Mokwunye y Melsted (31).

3.4.1 Magnesio total

Se determinó en una muestra de suelo de 0,1 g por digestión con 0,5 ml de HClO_4 del 70% y 5 ml de HF del 48%, repitiendo el tratamiento hasta que se completó la descomposición. Después de enfriar se añadió a la mezcla digerida 5 ml de HCl 6N. Luego se filtró y se lavó con agua destilada hasta colectar 100 ml de la combinación de filtrados.

3.4.2 Magnesio intercambiable

Se extrajo agitando la muestra de suelo de 1 g, que se molió y pasó a través de un tamiz de 35 mesh (0,417 mm), con 20 ml de NH_4OAc 1N durante 60 minutos, luego se centrifugó 10 minutos a 2.000 rpm y se decantó el supernadante. Se agregó alícuotas adicionales de 20 ml de NH_4OAc que se agitaron por períodos de 10 minutos, seguidos de centrifugación hasta colectar un total de 100 ml de solución supernadante.

3.4.3 Magnesio acomplejado a la materia orgánica

El residuo de la extracción con NH_4OAc se oxidó con una solución de H_2O_2 al 10%. Se emplearon alícuotas de 10 ml de la solución de H_2O_2 hasta que cesó la formación de espuma. La mezcla oxidada se centrifugó y decantó, y el residuo se lavó con alícuotas sucesivas de NH_4OAc

1N, hasta conseguir 100 ml de la solución supernadante.

3.4.4 Magnesio soluble en ácido

Se extrajo del residuo tratado con peróxido, con 30 ml de HNO_3 1N. La mezcla se calentó suavemente por 15 minutos en una plancha eléctrica antes de filtrar. El residuo se lavó con alícuotas de HNO_3 0,2N, hasta obtener un total de 100 ml del extracto. Se usó papel filtro sin cenizas.

3.4.5 Magnesio mineral

El residuo de la extracción previa, incluyendo el papel filtro se pasó a un beaker de 250 ml. El magnesio asociado con minerales primarios fue obtenido por digestión, utilizando 25 ml de la mezcla ternaria (HClO_4 , H_3PO_4 y HNO_3) de tres ácidos en proporción 10:1:4 en una plancha eléctrica y en la cámara de digestión hasta descomposición completa. La mezcla digestora se enfrió, después de lo cual fueron adicionados 5 ml de HCl 5N, posteriormente se filtró y se lavó con agua destilada hasta colectar 100 ml de filtrados combinados.

El magnesio en los diferentes extractos se determinó en una espectrofotómetro de absorción atómica Varian techtron 120 AA. La interferencia de otros iones se eliminó con la adición de 5 ml de 4.000 ppm de SrCl_2 en 50 ml de la solución total. Para evitar la interferencia se utilizó también el cloruro de lantano.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Características físico-químicas de los suelos estudiados

En las Tablas I y II se encuentran los valores de las características físicas y químicas de los suelos.

4.1.1 Textura

En general, y según el análisis de distribución del tamaño de las partículas, los suelos presentaron tanto en la primera como en la segunda capa, una textura que se puede calificar de media. Únicamente en la muestra Guachucal se encuentra predominio de la fracción arcilla. Lo anterior quiere decir que estos suelos tienen texturas que los hacen aptos para el laboreo y por tanto para el establecimiento de una amplia gama de cultivos.

4.1.2 Densidad aparente

La densidad aparente de los suelos, en la primera capa, fluctúa entre 0,71 y 0,95 g/cc, rango que está por debajo de los valores reportados por otros autores (1, 13) para suelos ubicados en la misma zona de estudio. Sin embargo, las cifras son superiores a las que corresponden a Inceptisoles que se ubican dentro del sub-orden Andept (37).

4.1.3 Reacción del suelo

La reacción de las muestras de suelos en las dos capas estudiadas tuvo valores de pH que oscilaron entre 5,7 y 6,3, por esto se pueden calificar de moderadamente ácidos a ligeramente ácidos, según el criterio de Frye (16). Además, se coincide con la información suministrada por otros investigadores (6, 27), para suelos de esta misma región.

4.1.4 Materia orgánica

Los mayores contenidos de materia orgánica se encontraron, en todos los casos, en el suelo superficial. En la primera capa los valores fluctuaron entre 3,57 y 15,30%, para la segunda capa estuvieron entre 0,46 y 9,55%. El análisis de los datos permite afirmar que la mayor acumulación de materiales orgánicos se presenta en los sitios más fríos o en aquellos en donde el muestreo se hizo en suelos que tienen como vegetación la del tipo bosque. Se debe tener en cuenta, no obstante, que la presencia de materiales alofánicos en estos suelos también contribuye a la estabilidad de los constituyentes orgánicos (8). Si se excluyen las muestras Los Chilcos y Aeropuerto Ipiales, los suelos estudiados están bien abastecidos de materia orgánica (16).

4.1.5 Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico varía entre 22,58 y 46,94 me/100 g para la primera capa, y entre 10,70 y 42,32 me/100 g para la segunda capa. De acuerdo a Lora (26), esta capacidad es alta en el primer caso y va de media a alta en el suelo subsuperficial. Los resultados indican entonces, que los suelos tienen buen potencial para adsorber, retener y tener a disposición de las plantas una cantidad adecuada de bases. De otra parte, y según la información anterior, la CIC de estos suelos está relacionada con los coloides orgánicos antes que con los minerales, ya que los valores altos corresponden a la materia orgánica y no a las arcillas.

4.2 Fracciones de magnesio en los suelos estudiados

En las Tablas III y IV y en la Figura 2 se encuentra la información relacionada con las fracciones de magnesio de los suelos.

4.2.1 Magnesio total

El magnesio total fluctúa entre 3.625,0 y 9.925,0 ppm en la primera capa; para la segunda, esta fluctuación estuvo comprendida entre 2.250 y 9.800 ppm. Estos valores se pueden calificar de altos si se comparan con los obtenidos por Mokwunye y Melsted (31) que en ningún caso superan las 5.301,0 ppm.

Para explicar los resultados expuestos se pueden dar algunos argumentos. Según lo afirman Bueno y Varela, citados por Blasco (6), la mayor parte del Departamento de Nariño está dominado por rocas eruptivas modernas, entre las cuales se destacan los materiales andesíticos, con buena proporción de minerales tales como la hornblenda, biotita y augita entre otros (5). Estos minerales tienen en su composición el elemento magnesio. Además, Luna y Carlhoun (27) encontraron recientemente, que la hornblenda se encuentra en estos suelos en una alta proporción, siendo menores las cantidades de piroxenos y biotita. Sobre esta última consideran que es de fácil alteración.

De otra parte, la distribución de minerales en la arcilla fina y gruesa de los suelos derivados de ceniza volcánica del Departamento de Nariño indica que, si bien es cierto que hay un predominio de los materiales amorfos (alófana), también se presentan otros del grupo 2:1 como la vermiculita en mayor proporción, y la illita en cantidad muy baja (27). Esto significa que también hay contribución al contenido de magnesio total, por el lado de estos minerales.

Finalmente, los altos contenidos de magnesio total en estos suelos también están asociados a las condiciones de clima que no permiten una meteorización fuerte del material de origen. Por esta razón dentro del sistema de clasificación americano, los suelos estudiados están localizados dentro del orden de los Inceptisoles, que implica que estos se encuentran al comienzo del proceso de evolución pedogenética.

4.2.2 Magnesio mineral

Dentro de las fracciones de magnesio, la que representa la más alta proporción es la del magnesio mineral. En la primera capa su concentración fluctúa entre 2.600,0 y 6.750,0 ppm; en la segunda, dicha concentración oscila entre 1.125,0 y 6.525,0 ppm. Se debe destacar además, que en la mayor parte de las muestras el contenido de esta fracción de magnesio es superior en la segunda que en la primera capa.

Si se considera que esta forma de magnesio está asociada a los minerales primarios, los resultados son más o menos lógicos, ya que el material parental es moderno, fines del Terciario hasta nuestros días (6) y, por tanto, los suelos se encuentran en evolución. Esto se ve corroborado por el hecho de que la zona de estudio se caracteriza por presentar bajas temperaturas y una precipitación pluvial que tampoco es alta, condiciones que en conjunto restringen decididamente el proceso de meteorización. No se debe descartar tampoco la formación de complejos organominerales que también inciden en el mismo sentido (8).

El hecho de que el magnesio mineral sea más alto en la segunda capa, en el mayor número de muestras, sugiere que esto se debe a que los agentes responsables de la meteorización actúan más acentuadamente en el suelo superficial, por razones que resultan obvias.

4.2.3 Magnesio soluble en ácido

Los valores del magnesio soluble en ácido, al igual que los de las fracciones anteriores se consideran altos. Las cifras en el suelo superficial varían entre 175,0 y 1.750 ppm; para el suelo subyacente la fluctuación estuvo entre 287,0 y 1.837,0 ppm. En once de las muestras, la concentración de esta forma de magnesio es mayor en la segunda capa.

La circunstancia de que los suelos estudiados tengan un buen contenido de magnesio soluble en ácido, podría significar que estos tienen una buena reserva de magnesio, toda vez que esta fracción podría ir reemplazando el magnesio que es tomado por las plantas de la solución del suelo. Esto es válido si se hace similitud con el caso del potasio no intercambiable que también se extrae con ácido nítrico normal, según la técnica propuesta por Mac-Lean (28).

La acción de los agentes climáticos, temperatura y precipitación pluvial, también sirve de argumento para explicar la mayor concentración de magnesio soluble en ácido, en la segunda capa de los suelos estudiados.

4.2.4 Magnesio intercambiable

El magnesio intercambiable tuvo los siguiente valores : en la primera capa las concentraciones oscilaron entre 15,0 y 350,0 ppm, que expresadas en me/100 g equivalen a 0,12 y 2,91; en la segunda capa las concentraciones fluctuaron entre 12,5 y 425,0 ppm, lo que es igual a 0,10 y 3,54 me/100 g.

A pesar de que es una determinación de rutina la de las bases del suelo, no se han establecido para suelos de Colombia niveles críticos para éstas y por tanto para el magnesio. Sin embargo, recientemente Guerrero (20) ha dado unos niveles tentativos, según los cuales las muestras analizadas tienen valores de magnesio intercambiable que, en general, son medios. Desde luego que esta información se debe complementar con el criterio de la saturación que es importante para saber si las bases tienen buena disponibilidad para las plantas (26).

4.2.5 Magnesio acomplejado a la materia orgánica

Las concentraciones del magnesio acomplejado a la materia orgánica tuvieron un rango igual en las dos capas de suelo estudiadas que estuvo entre 2,5 y 15,0 ppm. No obstante, fue mayor el número de muestras en donde la concentración más alta se registró en la primera capa.

Como se sabe, la materia orgánica tiene una superficie activa que le permite adsorber tanto cationes como aniones, dado su carácter anfotérico (7, 15). Sin embargo, esta acción no se hizo evidente en el presente caso, de tal suerte que el magnesio no tiene problemas, como sí puede ocurrir con el cobre, el cobalto y el boro. Se hace la comparación con estos elementos, porque al igual que el magnesio, no forman compuestos coordinados estables de naturaleza orgánica.

4.2.6 Magnesio no extraíble

Siguiendo el esquema de fraccionamiento del magnesio propuesto por Mokwunye y Melsted (31), al hacer la suma de las fracciones se encontró una diferencia con respecto al magnesio total. A este residuo se le ha dado el nombre tentativo de "magnesio no extraíble".

Esta forma de magnesio dio valores que estuvieron entre 165,0 y 2.907,0 ppm en la primera capa y, entre 610,0 y 2.897,0 ppm en la segunda capa. Se apunta, como probable, que la muestra tratada con la mezcla ternaria de ácidos, tendiente a obtener el magnesio mineral, quizás necesite de un pretratamiento o un tratamiento más fuerte que incrementaría entonces la fracción de magnesio mineral. En caso contrario, se estaría realmente, frente al hecho de una nueva fracción de magnesio, no considerada en la técnica inicial de fraccionamiento.

TABLA I

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS, PRIMERA CAPA

Muestra	pH	C-orgánico %	H.O. %	C.I.C. me/100 g	D.A. g/cc	Arcillas	Limos %	Arenas %	Clase textural
El Espino	5,7	5,24	9,04	23,61	0,83	5,70	35,42	58,88	Franco-arenoso
Los Chilcos	5,8	2,27	3,92	23,24	0,81	9,70	31,42	58,88	Franco-arenoso
Aeropuerto Ipiales	6,2	2,07	3,57	23,39	0,79	33,70	29,70	36,60	Franco-arcilloso
Las Cruces	5,7	3,78	6,52	24,08	0,80	9,70	33,42	56,88	Franco-arenoso
Torobajo	6,3	3,25	5,60	22,88	0,78	19,70	31,42	48,88	Franco
Botana	6,0	4,64	8,01	22,58	0,76	17,70	31,42	50,88	Franco
Pasto-Ípiales Km 15	5,7	8,85	15,30	46,69	0,71	7,78	46,52	45,70	Franco-limoso
Pasto-Buesaco Km 7	5,8	6,40	11,03	42,88	0,82	7,50	32,30	60,20	Franco-arenoso
Pasto-Chachagüí Km 9	6,0	5,84	10,10	38,12	0,93	17,78	40,70	41,52	Franco
Nariño	6,0	5,64	9,72	37,42	0,87	11,52	24,26	64,22	Franco-arenoso
Pasto-Tangua Km 18	5,9	5,22	8,99	38,67	0,81	20,52	40,60	38,88	Franco
Pupiales	5,7	5,73	9,13	32,66	0,72	12,52	42,60	44,88	Franco
Guachucal	5,8	3,27	5,63	32,51	0,95	42,52	30,60	26,88	Arcilloso
Pasto-Chachagüí Km 24	5,6	8,83	15,22	46,94	0,79	20,52	26,00	53,48	Fco-Arc-arenoso
Pasto-Chachagüí Km 29	5,7	6,18	10,65	36,94	0,78	12,04	36,22	51,74	Franco

H.O. = Materia orgánica
D.A. = Densidad aparente

C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico

TABLA II

CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS, SEGUNDA CAPA

Muestra	pH	C-orgá nico %	M.O. %	C.I.C. me/100 g	D.A. g/cc	Arci- llas	Limos %	Arenas %	Clase textural
El Espino	5,9	2,01	3,47	12,17	—	3,12	29,42	67,46	Franco-arenoso
Los Chilcos	5,9	1,11	1,91	12,32	—	5,70	25,70	68,60	Franco-arenoso
Aeropuerto Ipiales	6,0	0,85	1,48	10,70	—	15,70	15,70	68,60	Franco-arenoso
Las Cruces	5,8	1,38	2,39	11,81	—	5,12	27,42	67,46	Franco-arenoso
Torobajo	6,8	0,57	0,99	17,04	—	17,70	21,42	60,88	Franco-arenoso
Botana	6,0	1,80	3,11	18,20	—	15,70	23,42	60,88	Franco-arenoso
Pasto-Ipiales Km 15	5,7	5,54	9,55	42,32	—	6,04	38,22	55,74	Franco-arenoso
Pasto-Buesaco Km 7	5,8	0,27	0,46	29,81	—	24,04	36,48	39,48	Franco
Pasto-Chachagui Km 9	6,3	3,16	5,44	38,94	—	16,04	40,48	43,48	Franco
Nariño	6,0	1,35	2,32	35,26	—	38,04	28,22	33,74	Franco-arcilloso
Pasto-Tangua Km 18	6,0	3,07	5,27	32,93	—	18,04	40,78	41,18	Franco
Puñales	5,8	3,04	5,24	28,78	—	8,26	40,86	50,88	Franco
Guachucal	5,9	1,91	3,29	26,00	—	40,04	32,48	27,48	Franco-arcilloso
Pasto-Chachagui Km 24	6,2	2,66	4,58	24,43	—	8,26	38,56	53,18	Franco-arenoso
Pasto-Chachagui Km 29	6,1	1,75	3,01	26,61	—	10,26	38,56	51,18	Franco-arenoso

M.O. = Materia orgánica
D.A. = Densidad aparente

C.I.C. = Capacidad de intercambio catiónico

TABLA III

FRACCIONES DE MAGNESIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS, PRIMERA CAPA

Muestra	Mg total ppm	Mg mineral ppm	Mg no extraíble ppm	Mg soluble en ácido ppm	Mg intercambiable ppm	Mg acomple- jado a la materia ppm
El Espino	6.230	2.987	1.957	1.230	15,0	0,13
Los Chilcos	8.500	5.200	1.935	1.337	20,0	0,17
Aeropuerto Ipiales	7.540	3.950	2.490	787	300,0	2,50
Las Cruces	9.925	6.750	1.240	1.750	175,0	1,45
Torobajo	6.250	3.650	2.060	195	340,0	2,83
Botana	7.750	4.150	2.185	1.062	350,0	2,91
Pasto-Ipiales Km 15	7.373	4.730	1.857	715	60,0	0,50
Pasto-Buesaco Km 7	9.000	5.975	2.907	862	26,3	0,22
Pasto-Chachagüí Km 9	7.375	3.650	2.750	830	137,5	1,14
Nariño	9.625	6.637	1.802	937	237,5	1,98
Pasto-Tangua Km 18	9.000	7.800	782	250	162,5	1,35
Pupiales	6.875	5.100	1.015	715	40,0	0,33
Guachual	5.250	2.800	2.095	175	165,0	1,37
Pasto-Chachagüí Km 24	6.875	3.300	2.492	1.012	60,0	0,50
Pasto-Chachagüí Km 29	3.625	2.600	165	800	52,5	0,44
Promedio	7.414	4.619	1.849	847	142,7	1,19
						8,3

TABLA IV

FRACCIONES DE MAGNESIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS, SEGUNDA CAPA

Muestra	Mg total ppm	Mg mineral ppm	Mg no extraíble ppm	Mg soluble en ácido ppm	Mg intercambiable ppm	Mg aco- m- jado a la materia ppm
El Espino	7.375	3.900	1.647	1.800	12,5	0,10
Los Chilcos	8.750	4.150	2.630	1.837	125,0	1,04
Aeropuerto Ipiales	9.800	6.525	1.692	1.450	125,0	1,04
Las Cruces	9.250	5.300	2.535	1.380	30,0	0,25
Torobajo	9.800	8.250	1.072	300	175,0	1,46
Botana	7.000	4.825	842	900	425,0	3,54
Pasto-Ipiales Km 15	8.750	4.550	2.897	1.280	15,0	0,12
Pasto-Buesaco Km 7	2.250	1.125	640	462	12,5	0,10
Pasto-Chachagui Km 9	7.540	4.150	1.970	1.230	187,5	1,56
Nariño	6.250	4.350	890	830	175,0	1,46
Pasto-Tangua Km 18	4.125	2.925	767	287	137,5	1,14
Pupiales	6.375	2.862	2.192	1.262	45,0	0,37
Guachucal	7.250	5.000	610	1.600	35,0	0,29
Pasto-Chachagui Km 24	7.750	4.150	2.115	1.465	12,5	0,10
Pasto-Chachagui Km 29	7.000	3.650	2.020	1.265	60,0	0,50
Promedio	7.284	4.381	1.635	1.157	104,8	0,87
						7,2

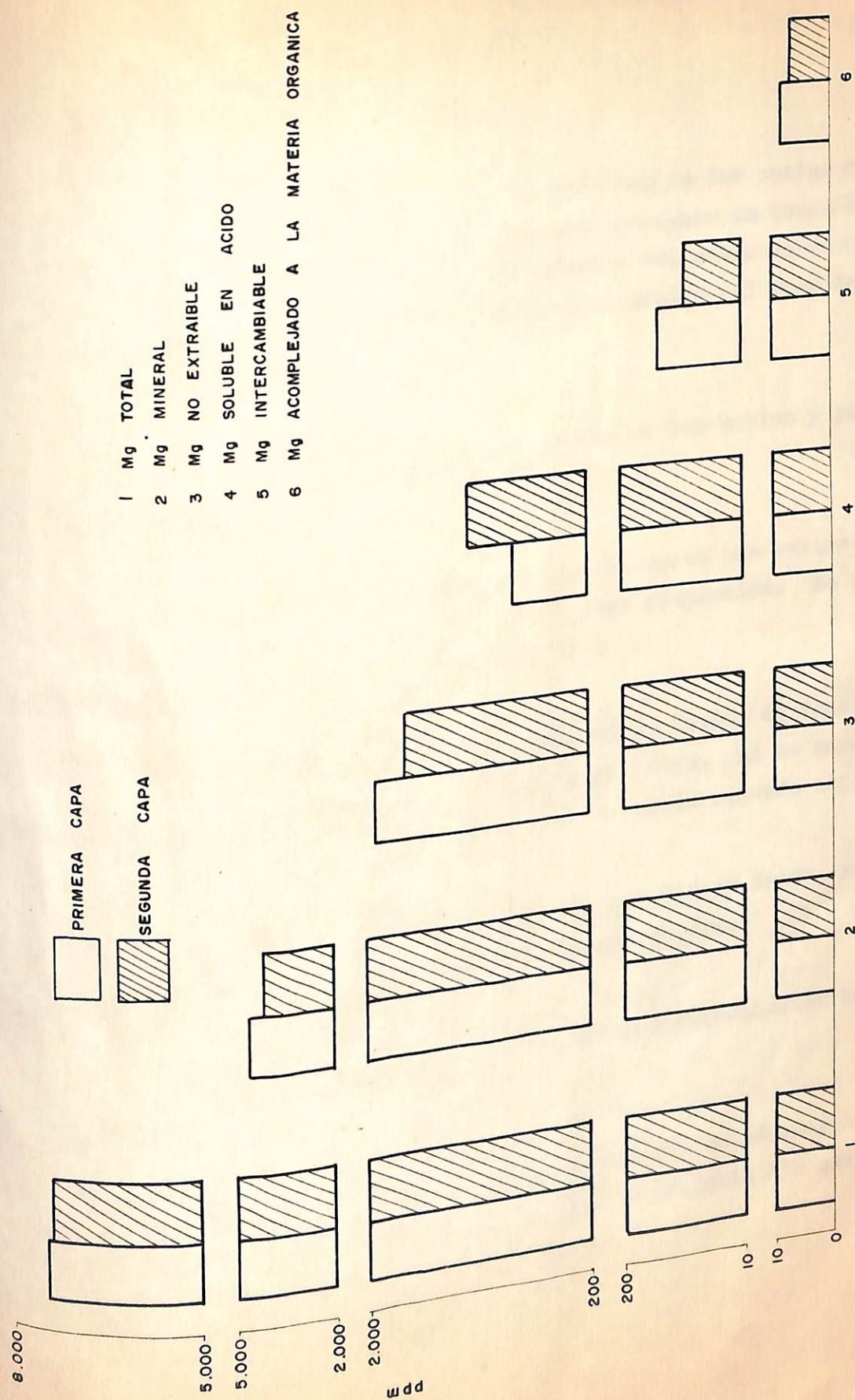


Fig. 2 CONTENIDO PROMEDIO DE LAS FRACCIONES DE MAGNESIO

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Las características físico-químicas de los suelos son las siguientes : la textura es media; la densidad aparente en todas las capas estuvo por debajo de la unidad; la reacción del suelo va de moderada a ligeramente ácida; el contenido de materia orgánica así como la capacidad de intercambio catiónico son altos
2. Los contenidos de magnesio total en los suelos y para las dos capas, se consideran altos
3. Dentro de las fracciones de magnesio en los suelos estudiados, el magnesio mineral representa la más alta proporción. Su concentración, en las dos capas, se califica como alta
4. Los valores del magnesio soluble en ácido, al igual que los de las fracciones anteriores se catalogan como altos. En la mayor parte de las muestras, la concentración fue superior en la segunda capa
5. Los altos valores del magnesio soluble en ácido, sugieren que el magnesio en estos suelos tiene una buena reserva
6. En general, el nivel del magnesio intercambiable en los suelos fue medio
7. No se encontró un efecto considerable de adsorción de magnesio por parte de la materia orgánica, ya que la fracción del elemento a complejada por este material fue muy baja

8. Se propone, en principio, la fracción de "magnesio no extraíble", para medir la diferencia entre la suma de las restantes fracciones del elemento, con respecto al magnesio total.

5.2 Recomendaciones

1. Estudiar el "magnesio no extraíble" o en su defecto considerar la posibilidad de un pretratamiento o de un tratamiento más fuerte al determinar el magnesio mineral.

VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó con suelos volcánicos del Departamento de Nariño, Sur-occidente de Colombia; 2.000 a 4.000 m.s.n.m., 500 a 1.000 mm de precipitación pluvial anual y 6 a 22°C de temperatura. El estudio se encaminó a conocer las fracciones del magnesio en los suelos seleccionados.

Las características físico-químicas de los suelos son: textura media; densidad aparente por debajo de la unidad; reacción del suelo moderada a ligeramente ácida, con extremos de pH que van de 5,7 a 6,3; materia orgánica alta en la mayor parte de las muestras y, con un valor extremo de 15,30%; capacidad de intercambio catiónico de media a alta, con un rango que va de 10,70 a 46,94 me/100 g.

El contenido de magnesio total es alto para las dos capas de suelos, en la primera oscila entre 3.625,0 y 9.925,0 ppm y en la segunda entre 2.250 y 9.800 ppm. El magnesio mineral representa la más alta proporción dentro de las fracciones, en el suelo superficial fluctúa entre 2.600 y 6.750,0 ppm y en el subsuperficial entre 1.125 y 6.525,0 ppm. El magnesio soluble en ácido es alto y su concentración es superior a la segunda capa, los rangos son 175,0 a 1.750 ppm y 287,5 y 1.837,5 ppm, para la primera y segunda capa, respectivamente. El nivel de magnesio intercambiable en los suelos es medio, va de 15,0 a 350,0 ppm en la primera capa y de 12,5 a 425,0 ppm en la segunda. La fracción de magnesio acomplejada por la materia orgánica es baja, para las dos profundidades oscila entre 2,5 y 15,0 ppm. Se propone, en principio, la fracción "magnesio no extraíble", para contabilizar la diferencia entre la suma de las restantes fracciones del elemento, con respecto al magnesio total.

SUMMARY

Present work was carried out with volcanic soils of Department of Nariño, South-west of Colombia; 2.000 to 4.000 m above sea level, 500 to 1.000 mm of annual rainfall and 6 to 22°C of temperature. The study was made for knowing Mg fractions in the selected soils.

Physical and chemical characteristics of these soils are: medium texture; bulk density less than 1; soil reaction moderate to highly acid, with pH values from 5,7 to 6,3; high organic matter content, with a maximum value of 15,30%; high cationic exchangeable capacity, with range from 10,70 to 46,94 me/100 g.

Total-Mg content is high for the two layers of soil, from 3.625 to 9.925 ppm in the first layer and from 2.250 and 9.800 ppm in the second. Mineral-Mg is the highest fraction, in the superficial layer oscillates between 2.600 and 6.750 ppm and between 1.125 and 6.525 in the sub-superficial layer. Acid soluble-Mg is high and its concentration is higher in the second layer with values of 175 to 1.750 ppm and 287,5 to 1.837,5 ppm, for first and second layer, respectively. Exchangeable-Mg level is intermediate, with values of 15,0 to 350,0 ppm for first layer and 12,5 to 425,0 ppm for the second. Mg fraction complexed by organic matter is low, for both layers oscillates between 2,5 and 15,0 ppm. "Non extractable Mg" is proposed for compensating the difference between Mg-total and the addition of the other fractions of the element.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ARIAS, A. y GUERRERO, R. R. Algunas propiedades físicas de dos sue los derivados de cenizas volcánicas de Pasto, Colombia, determi nadas por diferentes métodos. Turrialba 21 : 393-403. 1971
2. BAZAN, R. Curso de fertilidad de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972. s.p. (Notas de clase).
3. BEAR, F. E. Soils and fertilizers. 4rd. ed. New York, Wiley, 1959. pp. 282-294.
4. BERRY, L. G. y BASON, B. Mineralogía. Trad. del inglés por Federi co Portillo. Madrid, Aguilar, 1966. 690 p.
5. BESOAIN, E. Mineralogía de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 347 p.
6. BLASCO, M. Propiedades químicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Nariño, Colombia. In Panel sobre suelos deriva dos de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. pp. B.8.1.-B.8.10.
7. _____. Microbiología de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 247 p.
8. _____. El fósforo orgánico y su metabolismo en los suelos. Sue los Ecuatoriales (Colombia) 5:19-27. 1974.
9. CHAPMAN, H. D. et al. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, University of California, 1966. pp. 225-232.
10. CHAVES, M. et al. Estudio socioeconómico de Nariño. Bogotá, Arco, 1959. 213 p.

11. DANA, E. S. y FORD, W. E. Tratado de mineralogía. Trad. del inglés por Alberto Berumen. México, Continental, 1969. 912 p.
12. DEVLIN, R. M. Fisiología vegetal. Trad. del inglés por Xavier Llimona. Barcelona, Omega, 1970. 614 p.
13. ESCOVAR, G., JURADO, R. y GUERRERO, R. R. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Turrialba 22 : 338-346. 1972.
14. ESPINAL, T. L. y MONTENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1963. 210 p.
15. FASSBENDER, H. W. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 266 p.
16. FRYE, A. El análisis de suelos en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. In Reunión Nacional de Suelos. 3a. Ibagué, Colombia, Universidad del Tolima, Octubre 29-30, 1969. pp. 1-29.
17. GAMBOA, J. J. Algunas consideraciones sobre la fertilidad y variabilidad de los suelos del Departamento de Nariño (Colombia). Tesis de Promoción. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 57 p.
18. GARAVITO, F. Propiedades químicas de los suelos. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1974. 413 p.
19. GONZALES, A. Manual de laboratorio de suelos. Palmira, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1969. 150 p.
20. GUERRERO, R. R. Criterios para el diagnóstico químico de la fertilidad del suelo. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1976. 23 p.

21. GUERRERO, R. R. Los principios y la práctica de la recomendación de fertilizantes. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía, 1977. 50 p.
22. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. Trad. del inglés por José Beltrán Martínez. Barcelona, Omega, 1964. 662 p.
23. LOPEZ, R. J. El diagnóstico de los suelos y plantas. Madrid,undi-Prensa, 1967. 267 p.
24. LOPEZ, M. Respuestas al encalado de un suelo derivado de cenizas volcánicas. Cambios en el pH y la nitrificación. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 3: 156-169. 1971.
25. LORA, R. y RIVEROS, G. Problemas fisiológicos en suelos ácidos. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 3 : 24-42. 1971.
26. _____. El análisis de suelos y su interpretación. In Curso sobre suelos y fertilizantes. Tibaitatá, Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, 1977. pp. 189-211. Tomo II.
27. LUNA, C. y CARLHOUN, F. C. Suelos derivados de ceniza volcánica del Departamento de Nariño. Bogotá, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", 1973. 157 p.
28. Mac-LEAN, A. J. Potassium supplying power of some Canadian soils. Canadian Journal of Soil Science 41 : 196-206. 1961.
29. MANTILLA, G. S. y LEON, L. A. Estudios en suelos del Valle del Cauca con relación Ca:Mg invertida. I. Características generales de los suelos. Revista ICA (Colombia) 6 : 41-57. 1968.
30. MILLAR, C. E. Soil fertility. 4rd. ed. New York, Wiley, 1965. pp. 203-208.

31. MOKWUNYE, A. U. y MELSTED, S. W. Magnesium forms in selected temperature and tropical soils. Soil Science Society of America Proceedings 36 : 762-764. 1972. *Soil Sci. Soc. Am.* 1972.
32. _____ y MELSTED, S. W. Magnesium fixation and release in soils of temperature and tropical origins. Soil Science 116 : 359-362. 1973
33. ORTEGA, E. Química de suelos. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, 1968. 222 p.
34. RUSSELL, E. J. y RUSSELL, E. W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4a. ed. Trad. del inglés por Gaspar González. Madrid, Aguilar, 1969. 801 p.
35. SCHOLLENBERGER, C. J. y SIMON, M. Determination of cation exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Science 39: 14-17. 1945.
36. TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. del inglés por Jorge Balasch. Barcelona, Montaner y Simon, 1970. 760 p.
37. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. SOIL CONSERVATION SERVICE. Soil taxonomy. Washington, USDA, 1973. p. irr.
38. WALKLEY, A. y BLACK, I. A. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid filtration method. Soil Science 37 : 29-38. 1934.
39. WORTHEN, L. E. y ALDRICH, R. S. Suelos agrícolas; su conservación y fertilización. Trad. del inglés por José Luis de La Loma. México, Hispano-Americana, 1959. 416 p.

40. ZAMBRANO, D. H., ERASSO, L. y NICHOLLS, W. Atlas agrológico del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1969. 257 p.

AN		20354
T		
631.4	Ricaurte Moncayo, Alberto	
R488	Fracciones de magnesio en	
Ej.1.	suelos volcánicos de Nariño	
NOMBRE	Bernardo Paz	VENCE
No. del Carnet	8171150	
NOMBRE	Martha Revelo	
No. del Carnet	Alexander Mora	228
NOMBRE	Johana Pabon	235
No. del Carnet	Angelly Angelly Valencia	25031267
NOMBRE	Julio C. Arteaga	23108163
No. del Carnet		
NOMBRE	R. Florinda Benavides	23071221
No. del Carnet		

AN
T
631.4
R488
Ej.1.

20354 E