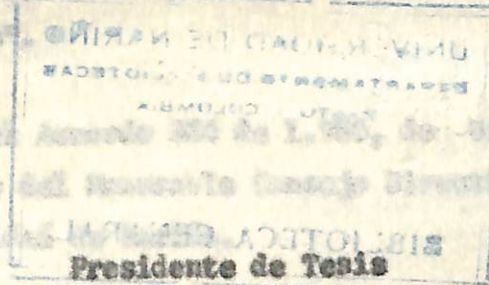


6314
EGG

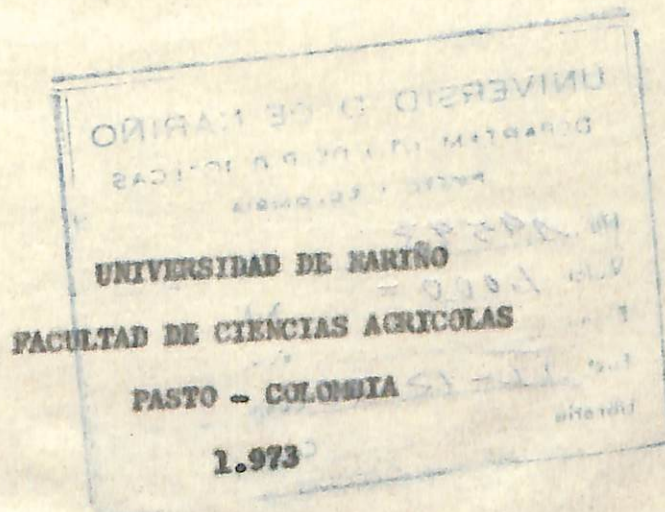
ESTUDIO DE LAS FORMAS DE FOSFORO Y CALCIO EN SUELOS DE
BARBACOAS - NARIÑO

Por //
HUGO A. ERASO GARCIA
FEDERMAN ORTIZ LEMOS

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



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



194
6319
EGE

**ESTUDIO DE LAS FORMAS DE FOSFORO Y CALCIO EN SUELOS DE
BARBACOAS - NARIÑO**

Por //
HUGO A. ERASO GARCIA
FEDERMAN ORTIZ LIMOS

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

Esta tesis y sus conclusiones se depositan en la biblioteca de la Universidad de Nariño para que sea de libre acceso a los interesados en el tema.
El presente documento se deposita en la biblioteca de la Universidad de Nariño.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA
SIB. JOTTCY
Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA
1.973

AN
T
631.4
E65

A LOS EFECTOS
A EL TÍTULO
"Las ideas y conclusiones aportadas en la Tesis
de Grado, son de responsabilidad exclusiva de
sus autores".

A LOS EFECTOS
Art. 1o. del Acuerdo 324 de 1.966, de Octubre
11, emanado del Honorable Consejo Directivo de
la Universidad de Narino.

A MIS PADRES
A MI ESPOSA
A MIS HIJOS
A MIS HERMANOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMICOS

DEDICO
HUGO ALBERTO ERASO GARCIA

AGRADECIMIENTOS A:

- A MIS PADRES JUAN EDUARDO ORTIZ y Rosa, M.D.
- A MIS HERMANOS JUAN CRISTÓBAL ORTIZ y Rosa, M.D.
- A MIS FAMILIARES NUESTRO PADRE DE LA ESPERANZA
- A MIS AMIGOS LA UNIVERSIDAD DE MEXICO

al personal del Laboratorio de Bacterias de
la Facultad de Ciencias Experimentales

D E D I C O

FEDERMAN ORTIZ LEMOS

Todas las personas que en uno u otro grado
colaboraron en el desarrollo del presente
trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. DESCRIPCION DE LITERATURA	2
2.1. Modelo	2
2.1.1. Generalidades	2
2.1.2. Origen del Modelo del suelo	3
AGRADECIMIENTOS A:	
2.1.3. Selección del Modelo con otros de-	
HERNAN BURBANO ORJUELA I.A., M.Sc.	4
2.1.4. JORGE ORTEGA ENRIQUEZ I.A.	4
2.1.5. EFREN CORAL QUINTERO I.A., M.Sc.	10
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	11
2.2. Origen	11
2.2.1. Generalidades	11
2.2.2. Al personal del Laboratorio de Suelos de	11
la Facultad de Ciencias Agrícolas.	
2.2.3. Selección del Modelo con otros de-	
Todas las personas que en una u otra forma	
colaboraron en el desarrollo del presente	
trabajo.	13
2.2.4. Origen del Modelo	13
2.2.5. El modelo y las plantas	13
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Area de estudio	16
3.1.1. Ubicación y extensión	16
3.1.2. Clima	18
3.1.3. Suelos	18
3.1.4. Estratificación	18
3.1.5. Del personal de la tierra	18
3.1.6. Geología	18

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
2.1 Fósforo	2
2.1.1 Generalidades	2
2.1.2 Origen del fósforo del suelo	2
2.1.3 Relación del fósforo con otros elementos	3
2.1.4 Fósforo del suelo	4
2.1.5 El fósforo y las plantas	10
2.2 Calcio	11
2.2.1 Generalidades	11
2.2.2 Origen del calcio del suelo	11
2.2.3 Relación del calcio con otros elementos	12
2.2.4 Calcio del suelo	13
2.2.5 El calcio y las plantas	15
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1 Area de estudio	16
3.1.1 Ubicación y extensión	16
3.1.2 Clima	16
3.1.3 Suelos	16
3.1.4 Ecología	18
3.1.5 Uso actual de la tierra	19
3.1.6 Geología	19

	Pág.
3.2 Muestreo	20
3.3 Análisis físico-químico general	22
3.3.1 Humedad	22
3.3.2 Color	22
3.3.3 Textura	22
3.3.4 pH	22
3.3.5 Carbono orgánico	22
3.3.6 Materia orgánica	23
3.3.7 Relación carbono-fósforo orgánico	23
3.3.8 Capacidad catiónica de cambio	23
3.3.9 Cationes cambiables	23
3.3.10 Nitrógeno intercambiable	23
3.3.11 Relación calcio-magnesio	23
3.4 Fraccionamiento de fósforo	23
3.4.1 Fósforo fácilmente reemplazable	24
3.4.2 Fósforo unido al calcio no apatítico	24
3.4.3 Fósforo unido al aluminio	24
3.4.4 Fósforo unido al hierro	24
3.4.5 Fósforo unido al calcio apatítico	24
3.4.6 Fósforo orgánico	25
3.4.7 Fósforo total	25
3.4.8 Fósforo inerte	25
3.4.9 Fósforo aprovechable	25
3.5 Fraccionamiento de calcio	26
3.5.1 Calcio total	26

	Pág.
3.5.2 Calcio activo	26
3.5.3 Calcio soluble en agua	26
3.5.4 Calcio intercambiable	26
3.5.5 Calcio inactivo	26
3.6 Análisis estadístico	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	28
4.1 Generalidades	28
4.2 Fósforo	29
4.3 Calcio	34
V. CONCLUSIONES	56
VI. RESUMEN	58
VII. SUMMARY	59
VIII. BIBLIOGRAFIA	60
Tabla VI. Fraccionamiento de fósforo en el segundo horizonte	27
Tabla VII. Concentraciones máximas, promedio y estándar de las fracciones de fósforo	29
Tabla VIII. Fósforo aprovechable (Nuy II)	34
Tabla IX. Fraccionamiento de calcio en el primer horizonte	26
Tabla X. Fraccionamiento de calcio en el segundo horizonte	26
Tabla XI. Concentraciones máximas, promedio y estándar de las fracciones de calcio	26

TABLAS

	Pág.
Tabla I. Algunas características físicas en el primer horizonte	37
Tabla II. Algunas características físicas en el segundo horizonte	38
Tabla III. Algunas características químicas en el primer horizonte	39
Tabla IV. Algunas características químicas en el segundo horizonte	40
Tabla V. Fraccionamiento de fósforo en el primer horizonte	41
Tabla VI. Fraccionamiento de fósforo en el segundo horizonte	42
Tabla VII. Contenidos: máximo, promedio y mínimo de las fracciones de fósforo	43
Tabla VIII. Fósforo aprovechable (Bray II)	44
Tabla IX. Fraccionamiento de calcio en el primer horizonte	45
Tabla X. Fraccionamiento de calcio en el segundo horizonte	46
Tabla XI. Contenidos: máximo, promedio y mínimo de las fracciones de calcio	47

CONTENIDO DE LAS ANÁLISIS QUÍMICOS Y CÁLCULO EN SUELOS DE
BARBACOAS - MARICÓ (*)

	Pág.
Figura 1. Localización del municipio de Barbacoas en el departamento de Maricó	17
Figura 2. Localización de los sitios de muestreo en el municipio de Barbacoas	21
Figura 3. Contenido promedio de las fracciones de fósforo	48
Figura 4. Relación entre el fósforo total y la materia orgánica en el primer horizonte	49
Figura 5. Relación entre el fósforo total y el fósforo orgánico en el primer horizonte	50
Figura 6. Relación entre el fósforo aprovechable y el fósforo unido al hierro en el primer horizonte	51
Figura 7. Relación entre el fósforo aprovechable y el fósforo unido al hierro en el segundo horizonte	52
Figura 8. Contenido promedio de las fracciones de calcio	53
Figura 9. Relación entre el calcio activo y el calcio total en el primer horizonte	54
Figura 10. Relación entre el calcio activo y el calcio total en el segundo horizonte	55

ESTUDIO DE LAS FORMAS DE FOSFORO Y CALCIO EN SUELOS DE BARBACOAS - NARIÑO (*)

2.1 Nitrogeno.

2.2.1 Generalidades.
Por

HUGO A. ERASO GARCIA

FEDERMAN ORTIZ LEMOS

El fósforo es un elemento esencial para las plantas, su presencia constante de los investigadores, no solo por su importancia como elemento mayor, sino también por los problemas que presenta en disponibilidad, especialmente en suelos tropicales y derivados de cenizas volcánicas (17).

I. INTRODUCCION

El conocimiento de las diferentes formas o fracciones de los elementos que son esenciales para la nutrición de las plantas, reviste una gran importancia, ya que permite una mejor orientación de las prácticas de fertilización.

De otra parte, tanto el fósforo como el calcio son dos nutrimentos que merecen especial atención en los suelos del trópico, en donde por las condiciones que se presentan, unas de clima y otras del propio suelo, son varios los problemas que pueden surgir: fijación para el fósforo, lavado para el calcio, y en especial bajos niveles de la fracción intercambiable en los dos elementos.

Por las razones anteriores se realizó el presente estudio, con el propósito de conocer como se encuentran las diversas formas del fósforo y del calcio, en suelos de Barbacoas, región de la Llamura del Pacífico, departamento de Nariño, cuyos suelos no han sido estudiados.

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

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Fósforo.

2.1.1 Generalidades.

El fósforo ha recibido atención constante de los investigadores, no solo por su importancia como elemento mayor, sino también por los problemas que presenta su asequibilidad, especialmente en suelos tropicales y derivados de cenizas volcánicas (17).

En contraste con ciertas formas inorgánicas de nitrógeno, el fósforo es relativamente estable en los suelos. Esta alta estabilidad es causa inmediata de la deficiencia de este elemento para las plantas, a pesar de la continua mineralización de los compuestos orgánicos del suelo (12, 37).

Guerrero (45) destaca que, desde la publicación de la metodología de Chang y Jackson (1957) para fraccionar el fósforo del suelo, ha surgido un gran volumen de información al respecto, especialmente para suelos de regiones templadas. El mismo autor reseña que para Colombia el primer fraccionamiento de fósforo fue realizado por Benavides (9), no obstante que Blasco y Bohórquez (14) hicieron la primera publicación sobre este tema, en 1968.

2.1.2 Origen del fósforo del suelo.

Si se tiene en cuenta la clasificación geoquímica de los elementos, el fósforo al igual que el calcio, es considerado como elemento litófilo y biófilo (10). En los suelos, el fósforo se encuentra en diferentes compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica, algunos de composición muy simple y otros muy complejos (15).

Las fuentes inorgánicas de fósforo, en general

están definidas, bien por compuestos en los cuales este elemento se une al calcio o en otros casos al hierro y aluminio (15, 22, 76).

Entre los principales compuestos inorgánicos que contienen fósforo se pueden mencionar: (10, 15).

Fluorapatita	$(Ca F)Ca_4(PO_4)_3$
Carbonatoapatita	$(CO_3Ca)Ca_4(PO_4)_3$
Hidroxiapatita	$(Ca(OH)_2)Ca_4(PO_4)_3$
Oxapatita	$(CaO)Ca_4(PO_4)_3$
Dufrenita	$Fe PO_4 \cdot Fe(OH)_3$
Vivianita	$Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$
Wavelita	$(AlOH)_3 \cdot (PO_4)_2 \cdot 5H_2O$
Estrengita	$Fe(OH)_2 H_2 PO_4$
Variscita	$Al(OH)_2 H_2 PO_4$
Taranakitita	

La naturaleza química de buena parte de los compuestos orgánicos fosforados presentes en el suelo no está bien precisada todavía (16). Los compuestos orgánicos que forman parte de la fracción húmica provienen de la vegetación, protoplasma microbial, o productos metabólicos de la microflora, considerándose dentro de estos como fracción orgánica del fósforo del suelo, fosfolípidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfoamúcaros, algunas coenzimas y las sales del ácido fítico (hexafosfatos de inositol) (1, 2, 3).

2.1.3 Relación del fósforo con otros elementos.

Blasco (18) señala, como los postulados de Black y Goring indican que cuando la relación C:P-orgánico es inferior a 200:1 ocurre mineralización, mientras que la inmovilización es dominante con relaciones más amplias. También da cuenta que trabajos e-

fectuados en suelos tropicales demuestran que influye más el tipo de compuesto fosforado que la relación C:P-orgánico.

Relaciones C:P-orgánico de 100-300:1 se han reportado para suelos minerales de anchos de los grandes grupos de suelos. En forma similar, la relación N:P-orgánico puede oscilar de 5 a 20 partes de N por cada parte de P; la relación comúnmente es más amplia en suelos vírgenes que en suelos comparables ya cultivados (2). Se considera por otra parte, que los suelos minerales contienen carbono, nitrógeno y fósforo en una relación 110:9:1 por peso. Tal relación es más amplia en suelos orgánicos (11).

Benavides (9), en los Llanos Orientales, encontró relaciones C:N:P para el suelo que están entre 81:11:1 y 164:13:1 y, para el subsuelo entre 72:14:1 y 117:14:1. Para Clima Medio de Mariño, Pantoja (65) halló una relación C:P igual a 599,1:1 bajo condiciones de cultivo. Matta y Palacios (57) en la región del Bajo Putumayo dan valores para la relación C:P, del orden de 1.047,4:1 y 1.107,0:1 para suelo y subsuelo, respectivamente. Bastidas *et al.* (6) en un trabajo realizado en el Valle de Sibundoy, para condiciones de cultivo dan relaciones C:P equivalentes a 119,1:1 (suelo) y 101,6:1 (subsuelo).

2.1.4 Fósforo del suelo.

Los fosfatos en los suelos pueden ser divididos en dos grandes categorías, inorgánicos y orgánicos. En las formas inorgánicas uno a tres de los hidrógenos del ácido fosfórico son reemplazados por cationes metálicos. En las formas orgánicas, uno a quizás más de los iones hidrógeno del ácido fosfórico son eliminados en un enlace ester, y los hidrógenos restantes son sustituidos en parte o completamente por cationes metálicos (12).

Desde el punto de vista de la bioquímica de suelos, el fósforo orgánico constituye la fracción más importante. La

existencia en el suelo de una gran reserva de fósforo orgánico que no puede ser utilizado por las plantas resalta el papel de los microorganismos en la conversión del fósforo orgánico a formas inorgánicas (mineralización). Sin embargo, la actividad microbial también puede ser adversa, cuando ocurre inmovilización, debido a que los microorganismos toman el fósforo por requerirlo, esencialmente, para formación de fosfatos de alta energía y respiración (2, 17).

Entre los problemas que presenta el fósforo en el suelo está el de la fijación, que consiste en el paso del fósforo soluble a formas inorgánicas insolubles, bien porque éste se precipite o porque es adsorbido fuertemente por el complejo coloidal del suelo (15).

Fassbender, citado por Angulo et al. (5), considera como carácter principal del fósforo su efecto limitante para la producción en la mayoría de suelos tropicales, derivados o no de cenizas volcánicas, debido a los problemas de fijación, bien sea por los sesquióxidos de hierro y aluminio, o por la alúfana.

Los métodos usados para obtener información sobre las formas de fósforo inorgánico en los suelos, se basan en el criterio de solubilidad (12).

La metodología de Chang y Jackson que posteriormente fué modificada, considera que el fósforo inorgánico en los suelos puede clasificarse en cuatro grupos: fosfato de calcio (apatítico y no apatítico), fosfato de aluminio, fosfato de hierro y fosfato soluble en reductante. Resulta muy útil para el estudio de la fertilidad de suelos, porque las propiedades químicas y especialmente la solubilidad de cada forma de fósforo del suelo es un factor que determina la aprovechabilidad total de este elemento para las plantas (9, 45).

Aunque los resultados conseguidos con el método

de Chang y Jackson varían según el lugar, se sabe que en los suelos calizos, o en los no muy meteorizados, la mayor parte de los fosfatos inorgánicos se presentan como fosfato de calcio; en suelos moderadamente meteorizados, la forma principal se encuentra en los óxidos de hierro y aluminio; y a medida que la meteorización avanza, aumenta el fosfato unido al hierro (69).

La cantidad de fósforo total en los suelos parece estar ligada al contenido de materia orgánica y a la evolución pedológica de los mismos. En general, los valores de fósforo total en el suelo varían entre las 200 y 2000 ppm, aproximándose los promedios a unas 500 ppm (17, 37).

A continuación se presentan datos sobre las diferentes fracciones de fósforo, tomado de varios trabajos realizados en suelos de Colombia:

Los mayores contenidos de fósforo total se registran en los suelos con influjo de cenizas volcánicas de Pasto, Ipiiales y Túquerres con valores promedios de 1.467,6 , 835,8 y 775,4 ppm, respectivamente (16, 43, 39). En los suelos del Valle de Sibundoy (6) también se han encontrado buenos niveles promedios de fósforo total, que alcanzan 1.291,0 ppm. Los suelos del Valle del Cauca, 585,0 ppm, Llanura del Pacífico, 577,6 ppm, Clima Medio de Nariño, 545,3 ppm y Valle del Cauca-Janundí, 532,3 ppm, muestran contenidos medios (14, 5, 65, 26). Finalmente, las cantidades más bajas se han reportado para los Llanos Orientales y Bajo Putumayo, con 436 y 367 ppm, respectivamente (9, 57). Para el subsuelo, el fósforo total tiene los máximos valores en el Valle de Sibundoy, 1.098,9 ppm y Túquerres, 846,8 ppm (6, 39). Cantidades medias se encuentran en el Altiplano de Ipiiales, 448,9 ppm, Clima Medio de Nariño, 401,3 ppm y Bajo Putumayo, 332,1 ppm (43, 65, 57). Los menores valores corresponden a Valle del Cauca-Janundí, 298,9 ppm, Llanura del Pacífico, 276,2 ppm y Llanos Orientales, 183,7 ppm (26, 5, 9).

En los suelos del Valle de Sibundoy, 379 ppm y Llanos Orientales, 272 ppm se han encontrado las cifras más altas para el fósforo orgánico (6, 9). Valores intermedios en el Altiplano de Pasto, 136,7 ppm, Valle del Cauca, 121 ppm, Llanura del Pacífico, 109,5 ppm y Altiplano de Ipiales, 99,7 ppm (16, 14, 5, 43). En tanto que los niveles más bajos 67,4 , 57,8 , 53,9 y 39,0 ppm, corresponden en su orden a suelos de Clima Medio de Nariño, Valle del Cauca-Jamundí, Túquerres y Bajo Putumayo (65, 26, 39, 57). Considerando los subsuelos, el mayor contenido de fósforo orgánico se encuentra en el Valle de Sibundoy con 353,6 ppm (6). Los valores son intermedios en los Llanos Orientales, 99,0 ppm y Altiplano de Ipiales, 83,3 ppm (9, 43). Cantidades bajas se hallan en la Llanura del Pacífico, 44,3 ppm, Clima Medio de Nariño, 38,3 ppm, Valle del Cauca-Jamundí, 35,2 ppm y Bajo Putumayo, 30,2 ppm (5, 65, 26, 57). El subsuelo más pobre corresponde a Túquerres con 26,2 ppm (39).

El fósforo fácilmente reemplazable alcanza los mayores valores en las zonas con influjo de cenizas volcánicas, Túquerres, 17,8 ppm, Ipiales, 12,3 ppm y Pasto, 10,5 ppm (39, 43, 16). Esta fracción tiene valores algo menores en el Valle del Cauca-Jamundí, 9,8 ppm, Llanura del Pacífico, 8,1 ppm, Clima Medio de Nariño, 7,2 ppm y Valle de Sibundoy, 7,0 ppm (26, 5, 65, 6). Las regiones con los contenidos más bajos son Valle del Cauca con 5 ppm y Bajo Putumayo con 1 ppm (14, 57). La forma de fósforo fácilmente reemplazable muestra valores más altos en los subsuelos del Valle de Sibundoy, 9,9 ppm, Valle del Cauca-Jamundí y Llanura del Pacífico con 8,8 ppm (6, 26, 5). Los contenidos medios se encuentran en el Altiplano de Ipiales, 5,8 ppm, Clima Medio de Nariño, 5,2 ppm y Túquerres, 4,9 ppm (43, 65, 39). El mínimo valor se consiguió en el Bajo Putumayo y fué de 0,7 ppm (57).

Con relación a los suelos considerados, los del Altiplano de Pasto tienen un contenido excepcionalmente alto de fósforo unido al calcio no apatítico, 106,7 ppm (16). Esta forma de fósforo registra valores intermedios en el Altiplano de Ipiales,

45,7 ppm, Clima Medio de Nariño, 34,7 ppm, Valle del Cauca-Jamundí, 34,4 ppm y Valle del Cauca, 32,0 ppm (43, 65, 26, 14). Las cantidades más bajas se encontraron en los suelos del Valle de Sibundoy, 27,0 ppm, Llanos Orientales, 19,0 ppm, Tíqueres, 17,6 ppm, Llanura del Pacífico, 12,9 ppm y Bajo Putumayo, 9,0 ppm (6, 9, 39, 5, 57). Las mayores cantidades de fósforo unido al calcio no apatítico, en los subsuelos, corresponden a Clima Medio de Nariño, 31,5 ppm y Valle de Sibundoy, 26,0 ppm (65, 6). Estas cantidades son medianas en Tíqueres, 18,7 ppm y Altiplano de Ipiales, 14,5 ppm (39, 43). Son bajos los valores en el Valle del Cauca-Jamundí, 8,9 ppm, Llanura del Pacífico, 5,3 ppm y Llanos Orientales, 4,2 ppm (26, 5, 9). El Bajo Putumayo exhibe el nivel inferior con 1,2 ppm (57).

La fracción de fósforo unido al calcio apatítico alcanza el máximo valor en suelos del Altiplano de Ipiales con 100,8 ppm (43). Le siguen los suelos del Valle de Sibundoy, 56,0 ppm, Tíqueres, 39,1 ppm, Bajo Putumayo, 32,0 ppm, Llanura del Pacífico, 27,4 ppm y Altiplano de Pasto, 27,1 ppm (6, 39, 57, 5, 16). Los valores más bajos corresponden a Valle del Cauca-Jamundí, 26,3 ppm, Clima Medio de Nariño, 23,1 ppm y Valle del Cauca, 14,0 ppm (26, 65, 14). El valor más alto de fósforo unido al calcio apatítico para el subsuelo se encuentra en el Valle del Cauca-Jamundí, 91,1 ppm (26). Contenidos intermedios son los del Altiplano de Ipiales, 63,6 ppm, Tíqueres, 43,1 ppm, Valle de Sibundoy, 41,9 ppm y Clima Medio de Nariño, 35,5 ppm (43, 39, 6, 65). Las menores cantidades corresponden a la Llanura del Pacífico, 16,4 ppm y Bajo Putumayo, 0,7 ppm (5, 57).

El fósforo unido al aluminio registra las mayores cantidades en el Valle de Sibundoy, 246,0 ppm y el Altiplano de Pasto, 214,1 ppm (6, 16). Contenidos intermedios se encuentran en el Altiplano de Ipiales, 189,9 ppm, Tíqueres, 188,0 ppm y Llanura del Pacífico, 106,5 ppm (43, 39, 5). Valores menores en el Bajo Putumayo, 76,0 ppm, Clima Medio de Nariño, 66,5 ppm y Valle del Cauca-Jamundí, 61,1 ppm (57, 65, 26). Los suelos más pobres en esta frac-

ción corresponden a los Llanos Orientales y Valle del Cauca con 30,0 y 26,0 ppm, en su orden (9, 14). El fósforo unido al aluminio en los subsuelos alcanza las mayores cantidades en el Valle de Sibundoy, 182,0 ppm, Altiplano de Ipiales, 153,0 ppm y Túquerres, 115,4 ppm (6, 43, 39). Valores intermedios se registran en la Llamura del Pacífico, 84,1 ppm y Bajo Putumayo, 56,5 ppm (5, 57). Los contenidos son bajos en el Valle del Cauca-Jamundí, 25,9 ppm y Clima Medio de Nariño, 25,5 ppm, siendo extremadamente bajos en los Llanos Orientales con 9,0 ppm (26, 65, 9).

Los fosfatos de hierro se encuentran en mayor proporción en los suelos de los Altiplanos de Pasto, 207,4 ppm e Ipiales, 179,0 ppm, Valle de Sibundoy, 152,0 ppm y Valle del Cauca-Jamundí, 118,7 ppm (16, 43, 6, 26). Los valores son medios en los Llanos Orientales, 66,0 ppm, Túquerres, 64,9 ppm, Llamura del Pacífico, 49,7 ppm, Clima Medio de Nariño, 46,5 ppm y Valle del Cauca, 46,0 ppm (9, 39, 5, 65, 14). En el Bajo Putumayo se consiguió la menor cifra, 30,0 ppm (57). En el subsuelo del Valle de Sibundoy se encuentra el máximo contenido de fósforo unido al hierro, con 115,6 ppm (6). Los valores medios son para el Altiplano de Ipiales, 89,9 ppm, Valle del Cauca-Jamundí, 53,9 ppm y Clima Medio de Nariño, 52,7 ppm (43, 26, 65). Las cantidades son bajas en los Llanos Orientales, 38,7 ppm, Bajo Putumayo, 32,9 ppm, Túquerres, 32,7 ppm y Llamura del Pacífico, 3,6 ppm (9, 57, 39, 5).

El fósforo inerte tiene los niveles más altos en el Altiplano de Pasto, 765,0 ppm, Valle de Sibundoy, 418,0 ppm, Túquerres, 395,9 ppm y Valle del Cauca, 336,0 ppm (16, 6, 39, 14). Contenidos intermedios en Clima Medio de Nariño, 287,8 ppm, Llamura del Pacífico, 261,2 ppm, Valle del Cauca-Jamundí, 226,1 ppm y Altiplano de Ipiales, 208,5 ppm (65, 5, 26, 43). Los suelos del Bajo Putumayo y Llanos Orientales con 176,0 y 38,0 ppm, respectivamente, exhiben las cantidades más bajas (57, 9). El fósforo inerte tiene los más altos valores en los subsuelos del Valle de Sibundoy, 370,1 ppm, Túquerres, 242,9 ppm, Bajo Putumayo, 209,8 ppm y Clima Medio

de Nariffo, 212,6 ppm (6, 39, 57, 65). Cantidades medias se encuentran en el Valle del Cauca-Jamundí, 144,9 ppm y Llamura del Pacifico, 113,8 ppm (26, 5). Los menores contenidos corresponden al Altiplano de Ipiales, 88,9 ppm y Llanos Orientales, 15,9 ppm (43, 9).

2.1.5 El fósforo y las plantas.

Las plantas absorben fósforo ampliamente en forma de iones ortofosfato, $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} que se hallan en solución en el suelo. Cantidades muy pequeñas de fosfato orgánico soluble pueden también ser absorbidas (76).

Este elemento difiere del nitrógeno y del azufre ya que no se reduce dentro de la planta; los carbohidratos fosforilados, los nucleótidos y ácidos nucleicos, y los fosfolípidos presentan su fósforo al mismo alto nivel de oxidación en el que ha sido absorbido (55).

En la planta el fósforo actúa como transmisor de energía; participa en fosforilación, fotosíntesis y respiración; síntesis y descomposición de carbohidratos, proteínas y grasas. Este elemento es un componente de todas las enzimas involucradas en el transporte de energía (54).

La deficiencia de fósforo en la planta se presenta en las hojas más viejas debido a la alta movilidad de este elemento. Se evidencia por falta de macollamiento, estado latente de las yemas laterales, caída prematura de las hojas, tamaño pequeño y número escaso de primordios florales, retardo o supresión de la floración, pocos frutos y semillas pequeñas. El color de las hojas puede ser verde oscuro o azulado; a veces se presenta pigmentación de tallos, hojas y peciolos y colores púrpura y rojizos; en algunos casos se presenta necrosis (32, 46, 54).

2.2 Calcio.

2.2.1 Generalidades.

La cantidad de calcio contenida en las rocas a partir de las cuales se han formado los suelos, tienen gran importancia desde el punto de vista agrícola. Así, algunos suelos de regiones cubiertas por los últimos glaciares contienen todavía suficiente caliza como para que no haya necesidad de encalarlos, en cambio, casi todos los suelos de la misma edad procedentes de areniscas ácidas, pizarras o granito, son fuertemente ácidos. La mayor parte del calcio de los suelos se encuentra en la caliza insoluble, en la arcilla y el humus. Con relación al pH, un suelo que contenga mucha arcilla y humus tendrá más calcio que un suelo que sea pobre en arcilla y humus, así la reacción sea igual (79).

En general, los suelos de textura gruesa en regiones húmedas, formados por rocas pobres en minerales eflicicos, son bajos en contenido de este elemento. Los suelos de textura fina y formados por rocas ricas en minerales eflicicos son mucho más ricos tanto en calcio total como en calcio cambiante. Sin embargo, en regiones húmedas incluso los suelos formados sobre piedra caliza son frecuentemente ácidos en las capas superficiales a causa de la eliminación del ión calcio por una filtración excesiva (76).

2.2.2 Origen del calcio del suelo.

El calcio se combina fácilmente con todos los ácidos conocidos formando un amplio número de compuestos, razón por la cual no se encuentra en estado elemental (75). Desde un punto de vista geoquímico, el calcio por su presencia en las distintas capas que forma la tierra, se clasifica como elemento litófilo y biofilo (10).

Si se consideran los diferentes tipos de rocas, se tiene que: en las ígneas, a medida que disminuye el Si aumenta el Ca;

dentro de las sedimentarias aquellas que se originan a partir de residuos orgánicos o biológicos, generalmente son ricas en calcio; para el caso de las metamórficas su contenido en calcio dependerá de la roca original (37).

Según la clasificación propuesta por Dana y descrita por Gonzales (41), el calcio se encuentra en minerales que tienen importancia en suelos, tales como:

Calcita	CaCO_3
Dolomita	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Apatita	$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$
Anhidrita	CaSO_4
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Tremolita	$\text{CaMg}_3(\text{SiO}_3)_4$
Horblenda	$\text{Ca}(\text{MgFe})_3(\text{SiO}_3)_4$
Diópsida	$\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$
Augita	$\text{Ca}(\text{MgFe})(\text{SiO}_3)_2$
Epidota	$\text{Ca}_2(\text{AlFe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$
Anortita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$

El calcio se encuentra como catión laminar y adsorbido en arcillas del tipo 2:1 tales como: illita, vermiculita y montmorillonita (37).

2.2.3 Relación del calcio con otros elementos.

Love, citado por Collings (25), concluye que en suelos de cultivo, la mejor proporción Ca:Mg para el desarrollo de plantas comunes es aproximadamente de dos partes de calcio por una de magnesio. Malavolta y colaboradores (55) anotan que en promedio en el suelo, la cantidad de calcio intercambiable es cinco veces mayor que la del magnesio y diez veces mayor que la cantidad de potasio intercambiable. León (51) encontró en un trabajo realizado en suelos del Cauca que las relaciones Ca:Mg:K eran 2:1:0,27. Legarda y Mora (50) reportan

una relación Ca:Mg igual a 4:1, tomando en consideración suelos comprendidos entre el Volcán Galeras y la Llanura del Pacífico. Blasco, citado por Gadbán (40), considera que una relación Ca:Mg invertida en suelos de tendencia salina es detrimental para las cosechas. En cambio, Angulo et al. (5) y Matta y Palacios (57), quienes trabajaron con suelos del trópico húmedo (Nariño - Putumayo), creen que la inversión en la relación de estos dos elementos, parece no estar afectando las plantas.

Bornemisza (19) señala que los efectos más benéficos del encalamiento son los de contribuir a relaciones Ca:Mg y Ca:K más balanceadas. Finalmente, Márquez y Torres citados por Gadbán (40), indican con relación al fósforo, que el calcio en concentraciones normales, aumenta su asequibilidad.

2.2.4 Calcio del suelo.

El calcio puede existir en muchas formas en los suelos. Puede estar presente en forma intercambiable en el complejo coloidal del suelo. En forma soluble en la solución del suelo se puede encontrar como nitrato, bicarbonato, cloruro o sulfato (56).

La acción del calcio en el suelo se traduce de manera especial en una menor solubilidad del hierro, aluminio y manganeso y, en un mayor grado de asimilación de fosfatos y molibdatos (22).

El calcio es un elemento esencial en la nutrición de los microorganismos del suelo, ya que lo necesitan para cumplir sus funciones metabólicas (77). Así, se ha demostrado que el calcio es requerido durante la asimilación del N_2 por algas azul-verdes y algunas especies de azotobacter (2).

Escobar y Martínez (35) encontraron en suelos tropicales del Putumayo, que la adición de carbonato de calcio y elevación de temperatura aumentaron significativamente el poder amonificante. En

cambio, la aplicación de carbonato de calcio no produjo variación significativa en la nitrificación.

La naturaleza de los cationes fijados influye en las propiedades físicas del suelo. Por esta razón, para controlar la acción de los iones Mg , es conveniente la sustitución por iones de Ca , dado el carácter floculante de este último elemento (31).

Los suelos varían ampliamente en el contenido de calcio. En aquellos libres de carbonato de calcio se han reportado análisis de valores que oscilan desde 0,08% a un poco más de 2%. En suelos calcáreos van de menos de 1% a 25%. Los suelos arenosos de regiones húmedas son frecuentemente bajos en calcio total (56).

Los valores de calcio total en suelos volcánicos de Pasto e Ipiales, se consideran como altos, ya que en promedio representan 9.119,88 y 14.156,79 ppm, respectivamente (40, 66). Para suelos del Altiplano de Túquerres la situación cambia, por que el valor promedio equivale a 8.535,57 ppm y por esto se cataloga como mediano (60).

El contenido promedio de calcio activo en suelos del Altiplano de Pasto es alto, 5.903,99 ppm (40), igual sucede en suelos de Ipiales, 6.268,71 ppm (66). Nuevamente los suelos de Túquerres registran la menor cantidad, equivalente a 2.651,08 ppm (60).

La fracción intercambiable de calcio, para los suelos de Pasto, Ipiales y Túquerres va de baja a media, ya que corresponden a valores de 812,77 , 1.938,60 y 831,53 ppm, respectivamente (40, 66, 60).

Marín (56) informa que en general, el calcio intercambiable tiene niveles muy bajos en suelos de la costa del Pacífico, Llanos Orientales y región del Amazonas. Niveles más altos de esta fracción intercambiable reporta para varios lugares del Valle del Cauca y en muchos suelos rojos de Antioquia.

2.2.5 El calcio y las plantas.

Solo pequeñas cantidades de calcio son necesitadas como nutriente. Ayuda a proteger contra la toxicidad de metales pesados y del ión hidrógeno (52). El calcio es absorbido por las plantas como ión Ca^{++} lo cual se verifica ampliamente de la solución del suelo y posiblemente, en una menor proporción, por el proceso de cambio por contacto (76).

Se encuentra en las paredes celulares en forma de pectato de calcio, conformando la lámina media; es importante en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas, se sabe también que pequeñas cantidades de calcio se necesitan para que se realice la mitosis normal (32, 46, 61).

Cuando se presenta deficiencia de calcio, las regiones meristemáticas del tallo, hojas y raíces resultan fuertemente afectados, estas últimas se acortan, engrosan y adquieren una coloración parda. En general se manifiesta clorosis en los bordes de las hojas jóvenes y la formación de un gancho en la punta de las hojas (7, 32, 53).

2.2.3 Sales.

En razón de que no existen trabajos sobre los suelos de Sabanales, a continuación se consignan información general sobre los suelos de la llanura del Pacífico.

Según Leguía y Lora (30), estos suelos son muy fértiles que otros pertenecientes a una zona tropical húmeda. Señala también que el contenido de nitrógeno orgánico de los suelos del Pacífico es bajo, y que las arcillas predominantes son volcánicas. Señala los colores observados frecuentemente de amarillos de hierro y aluminio, así como la existencia de una fuerte absorción de calcio.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Area de estudio.

3.1.1 Ubicación y extensión.

El área estudiada se encuentra localizada en el Departamento de Nariño, sur-oeste de Colombia (Figura 1), perteneciendo su mayor parte a la Llanura del Pacífico, a excepción de una pequeña zona al nor-oeste que se encuentra en la Vertiente Occidental de la cordillera del mismo nombre (59).

Las coordenadas geográficas del centro de la zona de estudio son: $1^{\circ} - 41' - 23''$ de Latitud Norte y $76^{\circ} - 08' - 21''$ de Longitud Oeste de Greenwich (34).

3.1.2 Clima.

La altura sobre el nivel del mar de la zona estudiada oscila entre los 120 y 250 metros, con un promedio de precipitación anual de 6.959,6 mm, y una temperatura media anual de 30°C (34, 74).

3.1.3 Suelos.

En razón de que no existen trabajos sobre los suelos de Barbacoas, a continuación se consigna información general sobre los suelos de la Llanura del Pacífico.

Según Legarda y Mora (50), estos suelos son menos ácidos que otros pertenecientes a una zona tropical húmeda. Señalan también que el contenido de materia orgánica de los suelos del Pacífico es bajo, y que las arcillas predominantes son caoliniticas, si bien los colores observados indicarían abundancia de sesquióxidos de hierro y aluminio, así como la existencia de una fuerte reducción, en muchos sitios.

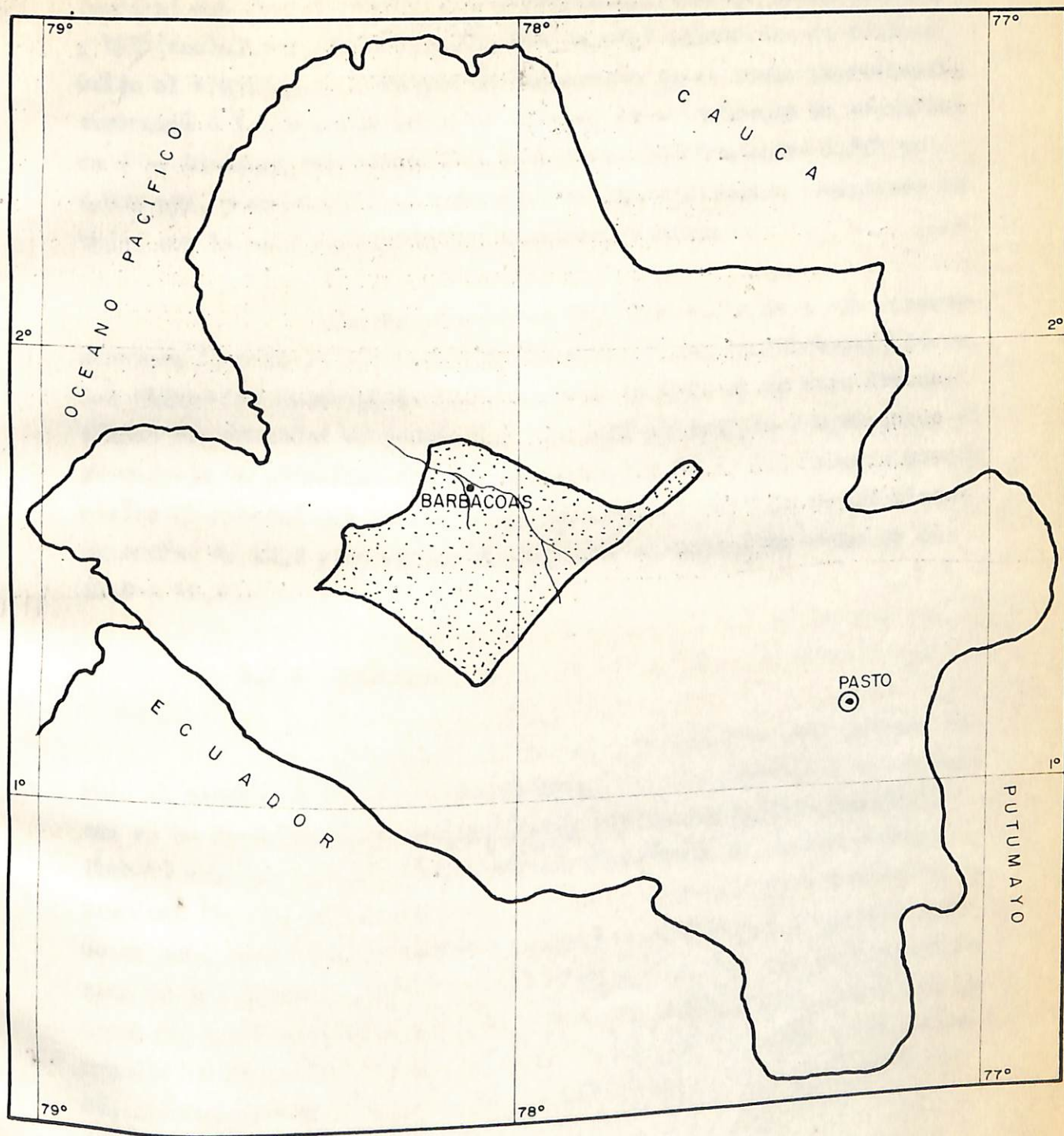


Fig. 1 Localización del municipio de Barbacoas en el Departamento de Nariño.

Angulo et al. (5) consignan que las cantidades totales de las fracciones de nitrógeno tienden a disminuir con la profundidad del perfil. El fósforo orgánico conforma el 14,8% (subsuelo) y 19% (suelo) del fósforo total. Las mayores cantidades de fósforo unido al hierro y al aluminio se encuentran en el suelo superficial, superando a la fracción unida al calcio; en el subsuelo la situación es a la inversa. Las cantidades de K-total oscilan entre 2.791 y 3.294 ppm, y en general el contenido de las diferentes fracciones es bajo, con la sola excepción del K-intercambiable.

Angulo y Martínez (4), con relación a las características físicas de los suelos de la Llanura del Pacífico obtuvieron los siguientes resultados: la textura en general es de tipo franco; tienen una densidad de partículas que está entre 1,76 y 2,69 g/cc; el porcentaje de porosidad fluctúa entre 34,3 y 58,5; los valores porcentuales de humedad que corresponden al punto de marchitamiento tienen un mínimo de 12,3 y un máximo de 48,9; la capacidad de campo va de 21,9 a 60,2%.

3.1.4 Ecología.

De acuerdo a Espinal y Montenegro (36) quienes siguen el sistema propuesto por Holdridge, la zona estudiada se encuentra en su mayor parte en el denominado bosque muy húmedo tropical (bmh-T) con una zona de transición perteneciente al bosque pluvial tropical (bp-T). Se caracteriza por lluvias abundantes a través de todo el año. Esta precipitación se acentúa a medida que se acerca a la zona de transición. Así, el puerto de Tunaco, acusa una precipitación anual de 2.683 mm; Bucheli, a 18 kilómetros de la costa, 3.194 mm, Espriella, a 40 kilómetros de la costa, 3.266 mm, y Mongón en el Telembí, al nor-este de Barbacoas, a 50 kilómetros de la costa, 8.359 mm (59).

3.1.5 Uso actual de la tierra. De los afluvios del río

Al momento del muestreo, se observó el tipo de cultivos y especies forestales establecidos en la zona de estudio, que se detallan a continuación:

La región registra una baja producción agrícola, siendo sus productos principales: arroz (Oryza sativa L.), plátano (Musa sapientum L.), cacao (Theobroma cacao L.), coco (Cocos nucifera L.), maíz (Zea mays L.), caña (Saccharum officinarum L.).

Posee una buena reserva forestal encontrándose entre las especies más importantes: cedro (Cedrela sp.), cuángare (Iryanthera joruensis Warb.), tangare (Carapa guianensis Aubl.), sando (Brosimum utile (HBK) Oken.), chachajo (Aniba perutilis Hemsl.), peino de mono (Apeiba aspera Aubl.), manteco (Gustavia occidentalis Cuatr.), guayacán (Miconia punctata Sleumer.).

La explotación del oro, que hasta hace poco fué monopolio de una compañía extranjera, es aún la base principal de su economía.

3.1.6 Geología.

Las formaciones aluviales del río Telembí y sus afluentes se originaron durante el Cuaternario, en su mayor parte durante el Neocuaternalio o alluvium. En el Cuaternario tuvieron lugar tres movimientos tectónicos que se manifiestan algo confusos en cuanto a su cronología. Algunos otros aluviones ya compactados y que forman parte de terrazas antiguas pertenecen probablemente a un período más antiguo comprendido en el diluvium, como el caso típico de los aluviones auríferos que se encuentran en el sitio "La Florida" (68).

Crosse (44) en sus estudios sobre la geología de la parte sur-occidental del Departamento de Narino, sostiene que las

rocas que sirven de basamento a la mayoría de los aluviones del río Telenbí y sus afluentes, consisten en tobas andesíticas, principalmente aglomeráticas con guijos andesíticos de diámetros variables, clasificadas por él, de tipo neo-volcánico.

Rincón (67) refiriéndose a los aspectos geológicos de la región en estudio, ofrece esta información:

La roca sobre la cual se asientan los aluviones es una toba conglomerática, aparentemente descompuesta, que pertenece al neo-volcanismo del sur de Colombia. Esta roca se la encuentra a profundidades variables entre 0,50 y 10 metros de la capa aluvial.

Respecto a la capa aluvial que se encuentra por encima de la peña, ésta se halla dividida en tres secciones: humus, arcilla y cinta aurífera.

Capa húmica. Con un espesor promedio de 0,50 metros sobre la cual reposa la exuberante vegetación tropical.

Arcilla. Asumiendo un corte transversal de arriba a abajo observamos que el elemento o material predominante es la arcilla de color amarillento, que por su grado de coherencia, su meteorización y algunos otros fenómenos físicos, se la ha clasificado como arcilla grasa.

Cinta aurífera. Aquella que retiene el mayor porcentaje de oro dentro de sus piedras, cascajos y arenas, a veces llega a tener 1,50 metros de espesor.

3.2 Muestreo.

Las muestras para la realización del presente trabajo se tomaron en 19 sitios diferentes, incluidos 2 horizontes de la capa arable, bajo condiciones de cultivo localizados a lado y lado de los ríos Telenbí y Guagui. En la Figura 2 se observan los sitios de mue-

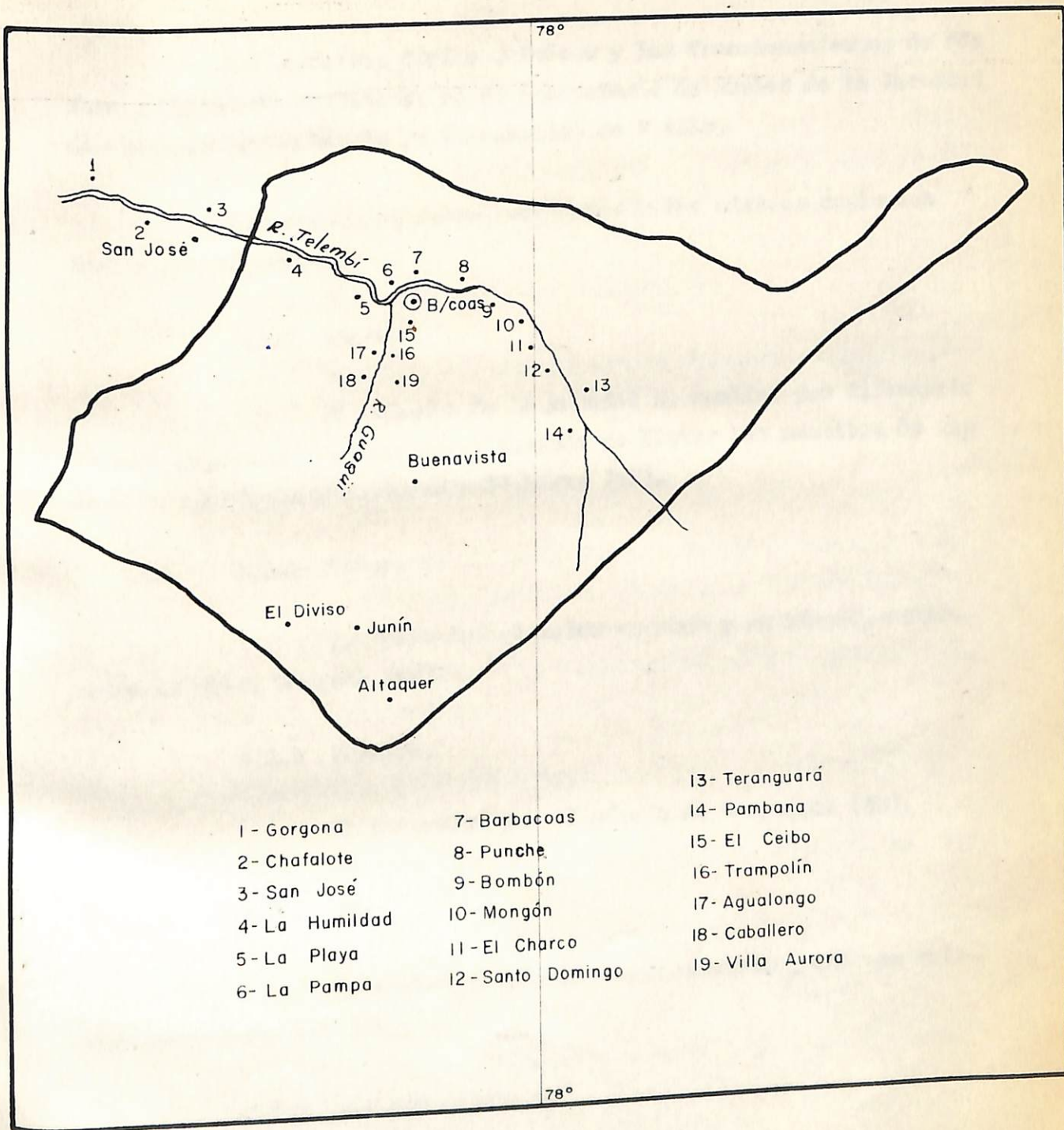


Fig. 2 Localización de los sitios de muestreo en el municipio de Barbacoas.

tree y su ubicación en la zona de estudio.

3.3 Análisis físico-químico general. el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,234 (78).

Los análisis físico-químicos y los fraccionamientos de fósforo y calcio se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Maricao.

Las determinaciones realizadas y los métodos empleados fueron los siguientes:

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 (42).

3.3.2 Color.

Se determinó el color en seco y en húmedo, utilizando la Tabla Munsell (62).

3.3.3 Textura.

Se determinó por el método de Bouyoucos (20).

3.3.4 pH.

Se empleó el método potenciométrico, con una relación suelo:agua 1:1 (48).

3.3.5 Carbono orgánico.

Se determinó por el método de Walkley-Black (76).

3.3.6. Materia orgánica. Las modificaciones de la muestra se hicieron por Ben Currey y Cornfield (73).

Se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724 (78).

3.3.7 Relación carbono-fósforo orgánico. Se hicieron con 10 ml. de extracto de muestra normal, se centrifugó para tomar una alícuota de 2 ml. Se calculó dividiendo el porcentaje de carbono orgánico por el porcentaje de fósforo orgánico.

3.3.8 Capacidad catiónica de cambio.

Se determinó por el método del acetato de amonio normal y neutro de Schollenberger y Simon (72).

3.3.9 Cationes cambiables.

Se siguió el procedimiento descrito por Schollenberger y Simon (72) utilizando un fotómetro de llama Coleman Modelo 21. Para el calcio y magnesio la concentración de las muestras se determinó por titulación con Verseno, siguiendo la técnica indicada por Saiz del Rio y Bornemisza (70).

3.3.10 Nitrógeno intercambiable.

Se determinó siguiendo el método propuesto por Blagoc y Cornfield (13).

3.3.11 Relación Ca:Mg.

Se obtuvo dividiendo los resultados del calcio en ppm, con los resultados del magnesio en ppm.

3.4 Fraccionamiento de fósforo.

Para las primeras cinco fracciones se siguió el método

descrito por Chang y Jackson (27) con las modificaciones de Ghani empleadas por Sen Gupta y Cornfield (73).

3.4.1 Fósforo fácilmente reemplazable.

Un gramo de suelo se agitó durante 30 minutos con 50 ml. de cloruro de amonio normal, se centrifugó para tomar una alícuota de 2 ml. Se hizo la lectura colorimétrica empleando la técnica del cloruro estannoso-cloromolibdica.

3.4.2 Fósforo unido al calcio no apatítico.

El suelo residual se agitó con 50 ml. de ácido acético 0,5N, durante una hora, se centrifugó y se hizo la lectura colorimétrica.

3.4.3 Fósforo unido al aluminio.

El suelo residual se lavó con agua destilada, se agitó durante una hora con fluoruro de amonio 0,5N y neutro, se centrifugó, se adicionaron 2 ml. de ácido bórico 0,8N para evitar las interferencias del fluor en el complejo fosfomolibdico azul.

3.4.4 Fósforo unido al hierro.

El suelo residual se lavó con solución saturada de cloruro de sodio previo agregado de 50 ml. de hidróxido de sodio 0,1N, se agitó durante 17 horas, se centrifugó. El líquido sobrenadante se trasvasó y se añadieron gotas de ácido sulfúrico concentrado para remover la materia orgánica presente en el extracto alcalino.

3.4.5 Fósforo unido al calcio apatítico.

Al suelo de la extracción anterior se le adicionó

50 ml. de ácido sulfúrico 0,5N, se agitó durante una hora y se centrifugó.

3.4.5 Calcio total.

3.4.6 Fósforo orgánico.

Se siguió el procedimiento descrito por Jackson (46) llevado a fin. Se siguió el método de ignición de Saunders y Williams (71). Se tomó un gramo de suelo y se agitó con 50 ml. de ácido acético normal durante 5 minutos, se centrifugó y el líquido sobrenadante se descartó. El suelo residual se trató con 50 ml. de ácido sulfúrico 0,2N, se agitó durante 30 minutos, se filtró a través de papel filtro SS cinta azul, se lavó con agua destilada con el objeto de remover todo el fósforo orgánico y los carbonatos libres presentes en el suelo.

3.4.2 Calcio activo.

Se transfirió el suelo con el papel filtro a crisoles de arcilla y se sometió a ignición por 2 horas a 550°C. Se llevó luego a agitación con 10 ml. de ácido sulfúrico 0,2N, durante 30 minutos, se filtró el extracto y se tomó una alícuota de 2 ml. para efectuar la lectura correspondiente.

3.4.7 Fósforo total.

Se utilizó el método de fusión con carbonato de sodio anhidro descrito por Jackson (47).

3.4.8 Fósforo inerte.

Se obtuvo por diferencia entre el fósforo total y la suma de las fracciones inorgánicas más el fósforo orgánico.

Se determinó utilizando el método Bray II, descrito por Sais del Río y Bornemisza (70).

3.4.9 Fósforo aprovechable.

Se obtuvo por diferencia entre el calcio total y...

3.5 Fraccionamiento de calcio.

3.5.1 Calcio total.

Se siguió el procedimiento descrito por Jackson (48) llevando a fusión con carbonato de sodio anhidro y ácido clorhídrico.

La concentración de las distintas muestras se determinó utilizando el fotómetro de llama Coleman Modelo 21, mediante blancos y patrones adecuados.

3.5.2 Calcio activo.

Se empleó la técnica de Drouineau, modificada por Cehu y Franck y descrita por Cadbán (40), utilizando una solución de oxalato de amonio 0,2N.

3.5.3 Calcio soluble en agua.

Se utilizó la técnica de McLean descrita por Cadbán (40), empleando una relación suelo:agua 1:10 y se determinó la concentración en el fotómetro de llama tal como se hizo en el calcio total, con patrones adecuados.

3.5.4 Calcio intercambiable.

Se siguió el procedimiento descrito por Schollenberger y Simon (72). La concentración de las muestras se determinó por titulación con Verseno, siguiendo la técnica señalada por Saiz del Rio y Bornemisza (70).

3.5.5 Calcio inactivo.

Se obtuvo por diferencia entre el calcio total y

el calcio activo.

III. FOSFORAZO Y BISMUTO

3.6 Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizaron criterios de regresión y correlación (24).

El análisis de distribución del tamaño de las partículas demostró que la clase textual predominantemente en el primer horizonte de todos los suelos estudiados es la fracción arcillosa, evidenciándose así una mayor proporción de la fracción arcillosa con respecto a las arcillas más finas. Estos resultados concuerdan parcialmente con los obtenidos por Aguilar y Martínez (4) y Aguilar et al. (5), quienes trabajaron con otros suelos de la Zona del Pacífico. En relación al segundo horizonte la situación es similar, con excepción de cinco lugares: Barro Colorado, Sancho, El Ceibo, Tlapachula y Aguacay, en donde la textura es franco arcillosa arcillosa, predominantemente por efecto de la presencia de las arcillas.

En general, la reacción de los suelos según el criterio de Manderson (27) puede calificarse como muy ácida, ya que los valores promedio para el primero y segundo horizontes corresponden a 5.0 y 5.4, respectivamente. Las cifras más bajas para el primer horizonte, obtenidas en las relaciones con la mayor cantidad de materia orgánica, son a causa de las sulfonatos (ácidos) y carbonatos presentes (6, 27, 28). Los bajos valores de pH también pueden estar relacionados con el efecto tampón de estos ácidos orgánicos los cuales, para la precipitación simultánea de aluminio, hierro y manganeso (24, 26).

El contenido de materia orgánica para el primer horizonte de todos los suelos estudiados oscila entre 1.2% y 2.8%, con un promedio de 1.8%. Este contenido de materia orgánica es relativamente bajo en comparación con los suelos de la zona del Pacífico (24, 26).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Generalidades.

En las Tablas I a IV se encuentran los valores de las principales características físicas y químicas de los suelos estudiados.

El análisis de distribución del tamaño de las partículas demostró que la clase textural predominante en el primer horizonte de todos los suelos estudiados es la franco arenosa, evidenciándose así una mayor proporción de la fracción arena con respecto a los separados más finos. Estos resultados concuerdan parcialmente con los obtenidos por Angulo y Martínez (4) y Angulo *et al.* (5), quienes trabajaron con otros suelos de la Llanura del Pacífico. En relación al segundo horizonte la situación es similar, con excepción de cinco lugares: Barbacoas, Funche, El Ceibo, Trampolín y Agualongo, en donde la textura es franco arcillo arenosa, probablemente por efecto de iluviación de las arcillas.

En general, la reacción de los suelos según el criterio de Passbender (37) puede calificarse como muy ácida, ya que los valores promedios para el primero y segundo horizontes corresponden a 5,3 y 5,5, respectivamente. Las cifras más bajas para la primera capa, quizás estén relacionadas con la mayor cantidad de materia orgánica, que a través de sus radicales fenólicos y carboxílicos generan ácidos (2, 17, 37). Los bajos valores de pH también pueden estar relacionados con el fuerte lavado de sales a que están sometidos los suelos, pues la precipitación pluvial es abundante, 6.959,6 mm como promedio anual (34, 74).

El contenido de materia orgánica para el primer horizonte tiene un valor promedio igual a 4,98%, en tanto que para el segundo solo alcanza 1,82%, siguiendo así la teoría general, en el sentido de que los compuestos orgánicos decrecen en los estratos más pro-

fundos (17, 37). Los valores encontrados en el suelo superficial son más altos de lo esperado, tomando en cuenta el factor temperatura (30°C en promedio) que favorecería la descarboxilación microbiana (23), sin embargo, parece ser que esta acción se ve atenuada por la alta pluviometría, que trae como consecuencia condiciones de anaerobismo.

Las cantidades de nitrógeno intercambiable en los suelos de Barbacoas son en general muy bajas. Los valores extremos en la primera capa van de 9,8 ppm a 66,6 ppm, con un promedio de 24,4 ppm. Para la segunda son inferiores, y los extremos corresponden a 7,1 ppm y 35,5 ppm, con una media de 15,7 ppm. Es probable que en estos suelos se presenten pérdidas por volatilización y lixiviación, en mayor grado que en los suelos de la Llanura del Pacífico, estudia dos por Angulo et al. (5), toda vez que ellos reportan mayores cantidades para esta fracción de nitrógeno.

La capacidad de intercambio catiónico determinada con acetato de amonio normal y neutro dió valores promedios de 22,9 meq/100 y 12,5 meq/100, para los dos horizontes estudiados. Puede señalarse que aproximadamente coinciden con los resultados encontrados por Angulo et al. (5) en suelos de la Llanura del Pacífico. No obstante debe tenerse en cuenta que las determinaciones con esta metodología dan valores altos de CIC (28). Hay que señalar como en los sitios El Ceibo, Trampolin, Agualongo, Caballero y Villa Aurora, las bases de cambio experimentan una considerable disminución. Probablemente, este hecho está asociado con el mayor desarrollo de los suelos de este sector.

4.2 Fósforo.

La concentración de las diferentes fracciones de fósforo así como su expresión porcentual, tanto para el primero como para el segundo horizontes se encuentran en las Tablas V y VI y Figura 3. Los contenidos máximo, promedio y mínimo, así como los valores de la

forma aprovechable se registran en las Tablas VII y VIII.

Las cantidades de fósforo total encontradas, 470,88 ppm y 451,67 ppm en promedio para las dos primeras capas, ponen de manifiesto que los suelos de Barbacoas en general, son pobres en este elemento. Dichos valores en el horizonte superficial son solo comparables con los encontrados en los Llanos Orientales (9) y superados por otros trabajos hechos en Colombia (5, 6, 16, 14, 26, 39, 43, 65), únicamente sobrepasan las cantidades medias que se dan para los suelos del Bajo Putumayo (57). El contenido de fósforo total en la segunda capa puede calificarse como medio, ateniéndose a trabajos realizados en distintos suelos del país.

La situación existente implicaría que, si se considera el fósforo total como una medida de la reserva para la nutrición de las plantas, en el futuro estos suelos requerirán abundante fertilización fosfatada. De otra parte, los datos encontrados estarían en contradicción con el planteamiento propuesto por Bastidas *et al.* (6), quienes consideran que el contenido total de fósforo es mayor en suelos de reacción ácida, ya que al discutir este aspecto se vio que el pH de los suelos estudiados es bajo. Cabe señalar también, que para el primer horizonte (Figura 4) se encontró correlación significativa al nivel del 5% entre el fósforo total y el porcentaje de materia orgánica. Esto probablemente indica que a medida que se acumulan residuos orgánicos, se tendría un incremento de la reserva de fósforo. No obstante, al considerar el porcentaje de asociación 24,62, hay que pensar que este aumento puede estar gobernado por otros factores.

El fósforo orgánico dió valores medios para el primer horizonte correspondientes a 81,6 ppm (17,33%) e iguales a 15,7 ppm (3,48%) para el segundo. Las concentraciones del suelo superficial dentro del conjunto de datos reportados en Colombia, se podrían considerar como intermedias, no así las de la segunda capa, que hasta ahora son las más bajas registradas en el país. La disminución con profundidad puede explicarse por el decrecimiento paralelo que expe-

rinenta la materia orgánica (11). Estos resultados difieren de lo expresado por Acquaye y Enwezor, citados por Matta y Palacios (57) y De Benavides (30), que señalan un predominio de la fracción orgánica del fósforo en suelos tropicales.

Si estos suelos tienen en promedio buen contenido de materia orgánica, podría explicarse el bajo aporte del fósforo orgánico en razón de la pobreza de la primera, en compuestos fosforados tales como fitatos, fosfolípidos, ácidos nucleicos, nucleótidos, fosfoazúcares y ciertas coenzimas (2).

Al igual que lo encontrado por Blasco (18) tomando en consideración 12 regiones de Colombia, en el presente trabajo se encontró una correlación altamente significativa ($r=0,807^{**}$) entre el fósforo total y el fósforo orgánico, para las condiciones del primer horizonte (Figura 5). Esta situación concuerda con la relación ya señalada entre el porcentaje de materia orgánica y el fósforo total en el suelo superficial.

La relación C:P-orgánico (Tablas III y IV) registró valores muy amplios que en promedio corresponden a 433:1 para el primer horizonte y 868,2:1 para el segundo. Estas relaciones tan altas conllevan seguramente a una proliferación de la población microbiana del suelo, generando de esta forma un predominio de la inmovilización con respecto a la mineralización. Si a esta condición se suma la escasez de compuestos fosforados en la materia orgánica puede considerarse que el aporte a la nutrición de las plantas por esta vía, va a ser muy limitado.

Dentro del fósforo inorgánico se encontró para las dos capas estudiadas, que la fracción unida al hierro constituye la contribución más importante. Las concentraciones y porcentajes promedios son 127,86 ppm (27,15%) y 143,19 ppm (31,70%) para el primero y segundo horizontes, respectivamente. Para el suelo superficial las cantidades son comparables a las conseguidas por Chamorro *et al.* (26)

en el Valle del Cauca-Jamundí. El contenido en el segundo horizonte supera el de varias regiones de Colombia (5, 6, 9, 26, 39, 43, 57, 65).

Lo anterior puede estar relacionado por una parte con el pH de los suelos pues, como lo señala Fassbender (38), los fosfatos de hierro y aluminio se destacan en suelos de reacción ácida. De otra parte, también se conoce que la presencia de los diferentes tipos de fosfatos depende del proceso de meteorización de los suelos. En aquellos con una meteorización avanzada, predominará la fracción unida al hierro, que podría ser el caso presente, ya que los factores climáticos tales como temperatura y lluvia, estarían obrando en este sentido.

Hay que mencionar que en los dos horizontes considerados, se obtuvo una correlación altamente significativa entre el fósforo aprovechable y el fósforo unido al hierro (Figuras 6 y 7). Esto podría significar que los fosfatos de hierro quizás sean muy importantes en la nutrición de las plantas. Se concordaría así con los resultados de Ortega y Guerrero (64) quienes encontraron en un latosol de Nariño que el mayor aporte al fósforo aprovechable lo dieron los fosfatos de hierro ($r=0,87^{++}$) y, que estos mismos fosfatos fueron los segundos en importancia para suministrar fósforo a la planta ($r=0,59^{+}$). Jurek y Ellis (49) también reportan una situación similar respecto a la nutrición de la planta.

Aunque en menor grado, los fosfatos unidos al aluminio también contribuyen considerablemente a conformar el P-inorgánico. En el primer horizonte alcanzan en promedio 65,93 ppm (14,0%) y en el segundo 35,14 ppm (7,8%). Las consideraciones hechas para el P-Fe, también son válidas en este caso.

Como consecuencia de lo anterior, el fósforo unido al calcio presenta niveles mucho más bajos. Los contenidos medios en la primera capa son: P-Ca apatítico 26,29 ppm (5,6%) y P-Ca no apatíti-

co 17,78 ppm (3,8%). Para la segunda capa los valores son: P-Ca apatítico 21,23 ppm (4,7%) y P-Ca no apatítico 18,88 ppm (4,2%).

Las bajas cantidades de los fosfatos cálcicos son el resultado, por una parte, de la reacción de tipo ácido que como se sabe no favorece la formación de esta clase de compuestos. Además, las condiciones climáticas, precipitación pluvial especialmente, también ayudan a esta situación. Un hecho desfavorable es el que la forma apatítica supere a la no apatítica en los dos horizontes, ya que la primera de estas no tiene importancia en la nutrición vegetal. Como ya se ha señalado en otros trabajos (63), la modificación a la técnica inicial de Chang y Jackson es muy conveniente, porque cualifica la contribución de los fosfatos de calcio.

El fósforo inerte conforma la tercera parte del fósforo total en el primer horizonte pues alcanza un 31,7%. En el caso del segundo su participación equivale a la mitad ya que porcentualmente representa 47,8. Estos resultados confirmarían la teoría de Chang y Jackson, citados por Guerrero (45), quienes conceptúan que la fracción inerte es más importante en suelos "viejos" que en "jóvenes". Como se comprenderá, esto se encuentra estrechamente relacionado con el progreso de la meteorización, que parece ser avanzada en los suelos estudiados.

Los contenidos de fósforo fácilmente reemplazable son bajos, tan solo alcanzan 2,10 ppm en el primer horizonte y 1,56 ppm en el segundo en promedio. De otra parte, los niveles conseguidos para el fósforo aprovechable por el método Bray II (Tabla VIII), también son bajos; el promedio en el suelo superficial es de 6,88 ppm y en el segundo horizonte de 1,43 ppm. Estos resultados evidencian que el fósforo disponible para las plantas es escaso. Los factores que han llevado a esta situación posiblemente pueden ser: las bajas cantidades de fósforo total y orgánico, la amplia relación C:P-orgánico predominante, así como una probable fijación de los fosfatos por precipitación hacia las formas de hierro y aluminio.

4.3 Calcio.

La información sobre las diferentes fracciones de calcio se encuentran consignadas en las Tablas IX a XI, así como en la Figura 8.

Las cantidades de calcio total oscilaron entre 6.544,80 ppm y 29.877,12 ppm, con un valor medio de 14.029,58 ppm, en el suelo superficial. Para el segundo horizonte los valores extremos fueron 5.497,44 ppm y 12.020,40 ppm, siendo el promedio de 8.299,53 ppm. Estas cifras concuerdan con las que en general se reportan para suelos libres de carbonato de calcio (56). Si se comparan con otros fraccionamientos hechos en Colombia, los resultados son similares a los obtenidos por Parra (66) en el Altiplano de Ipiales y pueden calificarse de altos. Superan a los conseguidos en las áreas volcánicas de Pasto y Tíquerrres (40, 60).

Los valores considerablemente altos de calcio total encontrados en estos suelos, pueden probablemente explicarse por el origen geológico de los mismos, ya que según Grosse (44) y Rincón (67), las rocas que sirven de basamento a la mayoría de los aluviones del río Telembí, son tobas andesíticas con guijos andesíticos de diámetro variable. Las tobas calcáreas, por ser rocas sedimentarias, están constituidas por material que fue acarreado por agua, viento, etc., y que luego fue depositado en sitios diferentes al de origen (21). Por otra parte, según la definición de Meléndez y Fuster (58) estas rocas se originan por depósito de CO_3Ca . Además, la presencia de materiales andesíticos quiere decir que existirán minerales tales como plagioclasas, que se presentan en varias combinaciones de albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) y anortita ($\text{CaAlSi}_2\text{O}_8$); piroxenos y anfíboles que son esencialmente silicatos de calcio y magnesio (29, 58).

Con respecto a las fracciones de calcio activo e inactivo, se encontró una situación diferente a la registrada para las zonas volcánicas de Ipiales y Tíquerrres (66, 60), ya que en los suelos

de Barbacoas predomina la forma activa sobre la inactiva en los dos horizontes estudiados. En la primera capa el promedio para el calcio activo fue de 8.417,89 ppm (60,00%) y en la segunda alcanzó 4.752,03 ppm (57,25%). Puede decirse entonces, que esta es la fracción cuantitativamente más importante en los suelos estudiados. Los valores promedio para el calcio inactivo fueron de 5.611,69 ppm (40,0%) en el primer horizonte y, 3.547,5 ppm (42,7%) en el segundo.

Aunque la textura de estos suelos indica que los separados finos, limos y arcillas, totalizan un menor porcentaje que las arenas, el calcio activo es mayor. Esto estaría en contradicción con los planteamientos de Duchaufour (33) quien considera que esta forma se encuentra en las partículas finas del suelo. De otra parte, hay que mencionar la correlación altamente significativa que se encontró entre el calcio total y el calcio activo para los dos horizontes (Figuras 9 y 10). De esta forma, el calcio total podría tomarse como un indicativo de la forma activa, pues los porcentajes de asociación hallados fueron 88,67 y 70,56 para la primera y segunda capa, respectivamente.

También debe tenerse en cuenta que, los buenos niveles de calcio activo hay que tomarlos en consideración para el caso de que haya necesidad de encalar estos suelos, por que ya se ha indicado que en otras zonas como el Altiplano de Pasto, la falta de una respuesta consistente al encalamiento probablemente radique en las altas cantidades de esta fracción de calcio (40).

El aporte de las formas de calcio intercambiable y soluble, a partir de los cuales la planta puede nutrirse directamente, va de mediano a bajo. Los valores promedios de calcio intercambiable en el primer horizonte son iguales a 1.687,06 ppm (12,02%) y en el segundo a 1.267,67 ppm (15,27%). El calcio soluble corresponde a 2,45 ppm (0,01%) en el suelo superficial y, a 2,15 ppm (0,02%) en la segunda capa.

Esta información pone de presente que al igual que lo reportado para las regiones de Pasto, Ipiales y Túquerres (40, 66, 60), el calcio de cambio alcanza niveles medios, en tanto que la forma soluble, definitivamente es baja. Sin embargo, debe considerarse también que las plantas podrían aprovechar el calcio activo, en razón de que este puede disolverse por acción de la abundante precipitación pluvial que se presenta en la zona de estudio.

La relación Ca:Mg en promedio es muy amplia para el primer horizonte, corresponde a 5,1:1, y los valores extremos van de 1,1:1 a 19,8:1. El predominio tan marcado del calcio sobre el magnesio quizás podría ocasionar problemas a los cultivos por el desbalance existente, a más de que también puede presentarse en estos casos, efecto antagónico con el potasio. Solo en dos sitios, Trampolín y Agualongo la relación se encontró invertida. Sobre el particular no existe un criterio definido, en relación al efecto negativo que pudiera presentarse sobre los cultivos (40, 5, 57).

En el segundo horizonte los valores de la relación Ca:Mg no son tan altos como en el caso anterior. El promedio correspondió a 3,6:1, con extremos que oscilaron entre 1:1 y 6,8:1. La inversión de esta relación se siguió presentando en las muestras de Trampolín, y a esta se sumaron las de El Charco, Teranguará, El Ceibo, Caballero y Villa Aurora. Se coincidiría en forma parcial, con los resultados encontrados por Angulo et al. (5) en suelos pertenecientes también a la Llanura del Pacífico.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PRIMER HORIZONTE

Nombre de la muestra	Prof. en cms.	Humedad %	COLOR		ARENAS %	ARCILLAS %	LIMOS %	TEXTURA
			En seco	En húmedo				
1 GARCONA	0-10	8,74	10YR5/4	10YR3/4	70,08	13,35	16,57	F-A
2 CHAVALOTE	0-8	4,71	10YR5/4	10YR3/4	68,93	10,04	21,03	F-A
3 SAN JOSE	0-6	6,82	10YR5/4	10YR3/4	69,46	10,15	20,39	F-A
4 LA HUMILDAD	0-10	6,67	10YR5/4	10YR3/4	69,55	10,12	20,33	F-A
5 LA PLAYA	0-5	5,92	10YR6/4	10YR4/4	69,28	8,61	22,11	F-A
6 LA PAMPA	0-15	5,17	10YR5/4	10YR3/4	69,06	8,67	22,27	F-A
7 BARRACOAS	0-8	5,61	10YR5/4	10YR3/4	69,19	4,28	26,53	F-A
8 PUNCHE	0-10	5,36	10YR6/4	10YR4/4	69,13	6,16	24,69	F-A
9 BOMBON	0-7	7,37	10YR5/4	10YR3/4	69,70	9,79	20,51	F-A
10 MONCON	0-10	10,17	10YR4/4	10YR2/2	72,96	5,41	21,63	F-A
11 EL CHARCO	0-6	8,14	10YR4/4	10YR2/2	72,02	5,86	22,12	F-A
12 STO DOMINGO	0-5	7,13	10YR5/4	10YR3/4	69,63	10,10	20,27	F-A
13 TERANCUARA	0-8	5,14	10YR5/4	10YR3/4	69,06	11,90	19,04	F-A
14 PAIDANA	0-8	3,74	10YR5/6	10YR4/4	68,64	6,28	25,08	F-A
15 EL CEIBO	0-7	9,40	10YR5/6	10YR4/4	70,29	8,05	21,66	F-A
16 TRAMPALIN	0-6	9,34	10YR5/6	10YR4/4	70,24	4,13	25,63	F-A
17 AGUALONGO	0-7	9,55	10YR5/4	10YR3/4	70,30	5,95	23,75	F-A
18 CABALLERO	0-8	9,08	10YR5/6	10YR4/4	71,33	7,81	20,86	F-A
19 VILLA AURORA	0-12	10,67	10YR5/4	10YR3/4	70,60	7,69	21,71	F-A

F= Franco, A= Arenoso, Ar= Arcilloso, L= Limoso.

TABLA II

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS
SEGUNDO HORIZONTE

Nombre de la muestra	Prof. en cms.	Humedad %	COLOR		ARENAS %	ARCILLAS %	LIMOS %	TEXTURA
			En seco	En húmedo				
1 CARCONA	10-X	6,88	10YR5/6	10YR4/4	70,74	13,58	15,68	F-A
2 CHAFALOTE	8-X	6,97	10YR6/4	10YR4/4	70,76	15,44	13,80	F-A
3 SAN JOSE	6-X	6,73	10YR6/4	10YR4/4	70,70	18,98	10,32	F-A
4 LA HUMILDAD	10-X	6,71	10YR5/4	10YR3/4	70,69	11,28	18,03	F-A
5 LA PLAYA	5-X	5,41	10YR5/8	10YR4/4	70,33	17,11	12,56	F-A
6 LA PAMPA	15-X	11,30	10YR5/4	10YR3/4	71,90	11,24	16,86	F-A
7 BARBACOAS	8-X	11,26	10YR6/4	10YR4/4	73,02	20,22	6,76	F-AR-A
8 PUNCHE	10-X	5,16	10YR6/4	10YR4/4	71,43	21,41	7,16	F-AR-A
9 BOBON	7-X	6,95	10YR5/4	10YR3/4	71,91	9,83	18,26	F-A
10 MONCON	10-X	9,26	10YR5/6	10YR5/4	72,50	13,28	14,22	F-A
11 EL CHARCO	6-X	8,07	10YR4/4	10YR3/4	74,33	14,11	11,56	F-A
12 STO DOMINGO	5-X	8,41	10YR5/4	10YR3/4	72,28	9,70	18,02	F-A
13 TERANGUARA	8-X	5,72	10YR7/4	10YR5/4	69,23	11,84	18,93	F-A
14 PAMBANA	8-X	5,85	10YR5/6	10YR3/4	69,26	6,16	24,58	F-A
15 EL CEIBO	7-X	8,32	10YR6/6	10YR4/4	69,96	20,79	9,25	F-AR-A
16 TRAMPOLIN	6-X	9,26	10YR5/8	10YR4/4	70,22	26,10	3,68	F-AR-A
17 ACUALUNGO	7-X	10,52	10YR6/4	10YR4/3	70,56	23,99	5,45	F-AR-A
18 CABALLERO	8-X	7,68	10YR5/6	10YR3/4	69,79	17,19	13,02	F-A
19 VILLA AURORA	12-X	7,74	10YR6/4	10YR4/3	69,80	11,62	18,58	F-A

F= Franco, A= Arenoso, Ar= Arcilloso, L= Lánoso.

TABLA III

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS

FRIMER HORIZONTE

Nombre de la muestra	pH	SC	% H.O.	N-Int.	C:P-org.	C.C.C.C. mg/100 gr.	BASES CAMBIABLES (en ppm.)			Ca:Mg	
							K	Ca	Mg		
1 GORGONA	5,70	3,43	5,91	28,01	255,97	33,80	57,08	3.625,39	588,28	45,67	6,2:1
2 CHAPALOTE	5,75	2,05	3,53	15,24	233,22	21,45	133,50	2.253,35	663,86	23,03	3,4:1
3 SAN JOSE	5,55	3,09	5,32	22,73	264,10	23,70	95,06	2.635,24	577,89	34,71	4,6:1
4 LA HUMILDAD	5,85	3,65	6,29	29,92	370,55	23,80	125,57	3.646,40	221,22	39,54	16,5:1
5 LA FLAYA	5,55	2,49	4,29	23,72	232,71	24,35	82,08	3.057,91	451,21	30,18	6,8:1
6 LA PAMPA	5,85	2,48	4,27	28,26	288,70	21,95	99,91	2.208,57	629,86	26,29	3,5:1
7 BARBACOS	5,15	1,37	2,36	17,74	219,90	19,75	153,13	2.272,72	462,57	16,89	4,9:1
8 PUNCHE	5,80	1,93	3,32	17,70	269,55	18,00	44,78	1.935,83	545,86	27,39	3,5:1
9 BORDON	5,75	3,39	5,84	27,65	316,82	26,15	45,63	3.071,85	717,23	34,89	4,3:1
10 MONGON	4,70	5,66	9,75	66,63	579,32	28,00	87,28	1.242,71	62,79	19,83	19,8:1
11 EL CHARCO	4,71	3,59	6,18	33,91	317,69	33,10	140,58	936,49	361,18	14,59	2,6:1
12 STO DOMINGO	6,05	2,78	4,79	27,59	222,40	27,10	345,49	3.092,84	753,12	24,63	4,1:1
13 TERANCUARA	4,80	2,12	3,65	27,08	237,40	18,90	89,36	662,38	508,87	8,93	1,3:1
14 PABANA	5,60	0,58	0,99	17,42	222,22	13,50	46,68	435,70	344,21	8,81	1,3:1
15 EL CEIBO	5,15	2,18	3,75	20,82	1.374,52	14,00	155,89	286,62	239,58	19,14	1,2:1
16 TRAMPOLIN	5,09	3,47	5,98	19,59	755,66	22,00	49,20	56,85	188,06	15,30	3,3:1(?)
17 AGUALONGO	4,75	3,00	5,17	9,81	616,93	19,00	46,55	115,02	201,57	13,69	1,8:1(?)
18 CABALLERO	4,90	3,29	5,67	14,66	1.122,48	20,80	119,98	199,61	187,61	13,08	1,1:1
19 VILLA AURORA	4,85	4,42	7,72	16,11	515,39	26,40	130,03	318,72	178,17	11,62	1,8:1
MAXIMO	6,05	5,66	9,75	66,63	1.374,52	33,80	345,49	3.646,40	753,12	45,67	19,8:1
PROMEDIO	5,33	2,88	4,98	24,45	443,02	22,92	107,77	1.687,05	414,90	22,53	5,1:1
MINIMO	4,70	0,58	0,99	9,81	219,90	13,50	44,78	56,85	62,79	8,61	1,1:1

(?) Relación invertida.

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS
SEGUNDO HORIZONTE

Nombre de la muestra	pH	SC	M.O.	N-Int.	C:P-org.	C.C.C. meq/100 gr. K	BASIS CAMBIABLES (en ppm.)			Ca:Mg	
							Ca	Mg	No		
1 CURCUMA	6,16	0,29	0,49	9,57	329,17	20,10	18,70	2.496,71	368,73	36,33	6,77:1
2 CHAPALOTE	6,15	0,94	1,62	16,77	980,45	16,20	37,43	2.526,63	640,75	39,57	3,94:1
3 SAN JOSE	5,77	1,08	1,86	25,10	454,92	11,90	45,36	2.660,77	774,65	52,29	3,43:1
4 LA HUMILDAD	5,65	0,78	1,34	21,60	522,43	14,90	74,69	2.352,95	467,38	41,61	5,03:1
5 LA PLAYA	5,61	0,78	1,34	18,86	234,93	10,25	39,52	1.660,20	266,68	21,60	6,22:1
6 LA PAMPA	6,15	0,64	1,10	17,45	221,22	8,66	50,08	2.073,51	627,73	38,95	3,30:1
7 BARBACOAS	5,25	0,31	0,53	17,44	620,00	10,10	22,25	1.898,09	974,63	24,47	1,94:1
8 PUNCHE	5,68	0,14	0,24	11,77	1.068,70	9,55	10,51	1.296,62	508,97	31,02	2,54:1
9 BOMBON	5,60	2,12	3,65	10,78	2.190,08	16,20	34,75	2.368,05	480,20	27,80	4,96:1
10 MONCON	5,80	0,81	1,39	35,48	1.649,69	13,35	32,77	314,66	175,90	4,91	1,78:1
11 EL CHARCO	5,18	1,10	1,69	12,10	1.486,48	17,45	29,71	141,57	198,84	7,56	1,40:1(°)
12 STO DOMINGO	5,90	2,16	3,72	21,95	299,00	14,75	59,62	3.187,25	699,24	36,31	4,55:1
13 TERANGUANA	4,90	0,78	1,34	20,12	1.553,78	11,40	52,86	193,46	426,05	4,75	2,20:1(°)
14 PAMBANA	5,61	0,61	1,05	7,11	357,56	5,45	58,21	444,57	438,21	10,58	1,01:1
15 EL CEIBO	4,85	1,32	2,27	10,91	946,91	12,90	13,54	56,32	61,74	4,87	1,09:1(°)
16 TRAMPOLIN	5,20	0,81	1,39	12,23	847,28	13,50	24,58	56,81	339,79	4,37	5,98:1(°)
17 AGUALONCO	4,90	1,30	2,24	13,61	611,18	11,25	34,81	57,47	50,83	7,18	1,13:1
18 CABALLERO	4,95	2,14	3,68	8,44	1.432,39	8,05	16,15	55,99	297,19	6,46	5,30:1(°)
19 VILLA AURORA	4,78	2,14	3,68	7,24	779,03	12,30	16,15	226,25	235,95	14,00	1,04:1(°)
MAXIMO	6,16	2,16	3,72	35,48	2.190,08	20,10	74,69	3.187,25	974,63	52,29	6,77:1
PROMEDIO	5,47	1,06	1,82	15,71	868,16	12,53	35,34	1.267,67	422,82	21,82	3,58:1
MINIMO	4,78	0,14	0,24	7,11	221,22	5,45	10,51	55,99	50,83	4,37	1,01:1

(°) Relación invertida.

FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO

PRIMER HORIZONTE

(Resultados en ppm.)

Nombre de la muestra	Fácilmente R/ble %	No Apatítico	Apatítico %	Unido al Aluminio %	Unido al Hierro %	Orgánico %	Inerte %	Total
1 CUCUONA	2,03(0,28)	26,49(3,64)	8,15(1,12)	74,75(10,26)	175,34(24,07)	134,56(18,47)	307,23(42,17)	728,55
2 CHAFALOTE	1,96(0,39)	30,75(6,06)	66,09(13,01)	67,66(13,32)	193,71(38,14)	87,95(17,32)	59,72(11,76)	507,84
3 SAN JOSE	2,00(0,33)	48,73(8,04)	46,06(7,60)	63,89(10,54)	146,87(24,23)	117,76(19,43)	180,89(29,84)	606,20
4 LA HUMILDAD	2,00(0,40)	17,36(3,51)	53,43(10,81)	97,71(19,77)	217,09(43,92)	98,58(19,94)	8,10(1,64)	494,27
5 LA FLAYA	1,98(0,33)	12,57(2,09)	34,42(5,73)	107,04(17,81)	17,87(2,97)	107,77(17,93)	319,44(53,14)	601,09
6 LA PAMPA	6,57(1,12)	27,60(4,69)	64,41(10,94)	62,90(10,68)	324,71(55,13)	85,97(14,60)	16,79(2,85)	588,95
7 BARBACOAS	1,98(0,56)	17,16(4,85)	23,10(6,53)	63,16(17,85)	126,07(35,63)	62,30(17,61)	60,02(16,96)	353,79
8 PUNCHE	1,97(0,60)	11,19(3,43)	16,46(5,04)	55,78(17,08)	140,94(43,14)	71,65(21,93)	28,68(8,78)	326,67
9 BOMBON	2,01(0,36)	19,45(3,48)	18,78(3,36)	59,05(10,55)	207,35(37,05)	107,37(19,18)	145,65(26,02)	559,66
10 MONGON	0,68(0,09)	22,72(2,95)	19,27(2,50)	54,53(7,07)	179,71(23,30)	97,77(12,68)	396,51(51,42)	771,19
11 EL CHARCO	0,67(0,09)	8,78(1,18)	18,92(2,54)	107,80(14,47)	162,88(21,87)	113,00(15,17)	332,76(44,68)	744,81
12 S. DOMINGO	2,00(0,37)	16,06(2,96)	40,17(7,41)	110,47(20,37)	63,69(15,43)	125,07(23,06)	164,88(30,40)	542,34
13 TERANCHARA	1,97(0,65)	14,45(4,80)	16,42(5,46)	45,53(15,13)	124,19(41,26)	89,36(29,69)	9,04(3,00)	300,96
14 PAMBANA	1,94(0,56)	8,42(2,53)	11,67(3,50)	47,78(14,34)	21,39(6,42)	26,19(7,86)	215,29(64,60)	333,26
15 EL CEIRO	2,05(1,01)	15,04(7,43)	26,03(13,85)	50,39(24,90)	34,87(17,23)	15,86(7,83)	55,14(27,24)	202,39
16 TRAMPOLIN	2,05(0,59)	8,87(2,57)	12,98(3,75)	31,57(9,13)	17,08(4,94)	45,92(13,28)	226,72(65,56)	345,78
17 AGUALONGO	2,05(0,85)	6,15(2,55)	8,90(3,69)	52,72(21,87)	52,03(21,59)	48,47(20,11)	69,84(28,97)	241,01
18 CABALLERO	2,04(0,62)	14,31(4,37)	3,40(1,04)	29,99(9,16)	29,99(9,16)	29,31(8,95)	217,58(66,48)	327,24
19 V. AURORA	2,07(0,56)	11,75(3,17)	8,99(2,42)	69,99(18,88)	173,61(46,83)	55,76(23,13)	18,01(4,85)	370,74
PROMEDIO	2,10	17,78	26,29	65,93	127,86	81,61	149,06	470,88
% del P-Total	(0,44)	(3,77)	(5,58)	(14,00)	(27,15)	(17,33)	(31,65)	100%

FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO

SEGUNDO HORIZONTE

(Resultados en ppm.)

Nombre de la muestra	Fácilmente R/ble %	Apatítico %	Apatítico %	Unido al Aluminio %	Unido al Hierro %	Orgánico %	Inerte %	Total
1 GORONA	0,66(0,11)	11,35(1,87)	18,70(3,06)	44,82(7,39)	19,37(3,19)	8,81(1,45)	502,83(82,90)	606,54
2 CHAPALOTE	0,66(0,10)	4,67(0,72)	36,77(5,69)	33,82(5,24)	229,98(35,61)	9,69(1,53)	330,04(51,10)	645,83
3 SAN JOSE	0,66(0,08)	7,33(0,90)	22,68(2,78)	47,69(5,84)	278,16(34,07)	23,74(2,91)	436,22(53,43)	816,48
4 LA HUMILDAD	0,66(0,14)	16,66(3,42)	16,67(3,42)	71,89(14,77)	197,41(40,55)	14,93(3,07)	168,64(34,64)	486,86
5 LA PLAYA	0,65(0,11)	11,19(1,92)	12,51(2,14)	25,36(4,34)	223,99(38,37)	33,20(5,69)	276,80(47,42)	583,70
6 LA PAMPA	2,08(0,40)	37,56(7,26)	32,69(6,32)	74,98(14,49)	267,12(51,61)	28,93(5,59)	74,18(14,33)	517,54
7 BARRACONS	0,69(0,31)	14,59(6,56)	22,15(9,95)	16,06(7,22)	139,20(62,56)	5,00(2,25)	24,83(11,16)	222,52
8 FUNCHE	0,65(0,23)	9,20(3,24)	20,37(7,17)	10,84(3,82)	160,36(56,48)	1,31(0,46)	81,20(28,60)	283,93
9 BOMBON	0,66(0,09)	26,06(3,69)	27,40(3,88)	42,64(6,04)	229,94(32,58)	9,68(1,37)	369,49(52,34)	705,87
10 MONCON	2,04(0,33)	12,96(2,12)	32,09(5,24)	22,53(3,68)	168,67(27,57)	4,91(0,80)	368,65(60,25)	611,85
11 EL CHARCO	2,02(0,43)	29,04(6,18)	5,40(1,15)	27,49(5,85)	88,48(18,82)	7,40(1,57)	310,27(66,00)	470,10
12 S. DOMINGO	0,67(0,08)	26,41(3,30)	15,58(1,95)	31,30(3,91)	221,56(27,71)	41,84(5,23)	462,16(57,80)	799,52
13 TERANQUANA	0,66(0,24)	17,17(6,22)	23,12(8,37)	20,35(7,37)	175,09(63,39)	5,02(1,82)	34,78(12,59)	276,19
14 PAMANA	1,98(0,45)	19,18(4,31)	15,21(3,42)	23,28(5,24)	117,09(26,34)	17,06(3,83)	250,77(56,40)	444,57
15 EL CEIBO	6,77(2,91)	29,10(12,50)	26,40(11,34)	20,85(8,95)	53,67(23,05)	13,94(5,96)	82,15(35,27)	232,88
16 TRAMPOLIN	2,04(1,20)	37,36(22,06)	44,63(26,35)	31,54(18,62)	34,86(20,58)	9,56(5,64)	9,36(5,52)	169,35
17 AGUALONCO	2,07(1,01)	22,78(11,07)	8,97(4,36)	33,43(16,24)	34,40(16,71)	23,27(10,33)	82,92(40,28)	205,84
18 CABALLERO	2,01(0,91)	14,80(6,70)	13,46(6,10)	39,23(17,77)	22,76(10,31)	14,94(6,76)	113,54(51,43)	220,74
19 V. AURORA	2,02(0,72)	11,44(4,06)	6,75(3,11)	49,62(17,63)	58,58(20,81)	27,47(9,75)	123,59(43,90)	281,47
PROMEDIO	1,56	16,88	21,23	35,14	143,19	15,73	215,91	451,67
% del P-Total	(0,34)	(4,18)	(4,70)	(7,78)	(31,70)	(3,46)	(47,80)	100%

CONTENIDOS: MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO

(Resultados en ppm.)

	Fácilmente Reemplazable	No Apatítico	Apatítico	Unido al Aluminio	Unido al Hierro	Orgánico	Inerte	Total
PRIMER HORIZONTE								
MAXIMO	6,57	48,73	66,09	110,47	324,71	134,56	396,51	771,19
PROMEDIO	2,10	17,78	26,29	65,93	127,86	81,61	149,06	470,88
MINIMO	0,67	6,15	3,40	29,99	17,08	15,86	8,10	202,39
SEGUNDO HORIZONTE								
MAXIMO	6,77	37,56	44,63	74,98	278,16	41,84	502,83	799,52
PROMEDIO	1,56	18,88	21,23	35,14	143,19	15,73	215,91	451,67
MINIMO	0,65	4,67	5,40	10,84	19,37	1,31	9,36	169,35

TABLA VIII
 FOSFORO APROVECHABLE (BRAY II)
 (Resultados en ppm.)

Nombre de la muestra	Primer horizonte	Segundo horizonte
1 GORGONA	5,61	0,56
2 CHAFALOYE	8,06	2,52
3 SAN JOSE	7,08	1,86
4 LA HUMILDAD	5,14	3,08
5 LA PLAYA	8,71	1,47
6 LA PAMPA	28,89	4,96
7 BARBACOAS	12,38	0,87
8 PUNCHE	6,08	0,27
9 BOMBON	5,91	0,65
10 MONGON	7,03	0,28
11 EL CHARCO	4,92	0,28
12 STO DOMINGO	6,46	6,45
13 TERANGUARA	3,77	1,48
14 PAMBANA	1,27	1,20
15 EL CEIBO	6,31	0,28
16 TRAMPOLIN	1,62	0,28
17 AGUALONGO	1,05	0,28
18 CABALLERO	0,76	0,28
19 VILLA AURORA	9,68	0,28
MAXIMO		28,89
PROMEDIO		6,88
MINIMO		0,76

FRACCIONAMIENTO DE CALCIO

PRIMER HORIZONTE

(Resultados en ppm.)

Nombre de la muestra	Soluble %	Intercambiable %	Inactivo %	Activo %	Total
1 GORGONA	2,17(0,02)	3.625,39(26,05)	7.708,75(55,36)	6.209,97(44,62)	13.918,72
2 CHAPALOTE	2,09(0,01)	2.253,35(11,21)	8.959,29(44,56)	11.145,03(55,44)	20.104,32
3 SAN JOSE	2,13(0,01)	2.635,24(17,25)	7.044,10(46,11)	8.231,16(53,89)	15.275,26
4 LA HUMILDAD	2,13(0,02)	3.646,40(32,78)	5.111,34(45,99)	6.003,14(54,01)	11.114,48
5 LA PLAYA	2,11(0,02)	3.057,91(24,47)	7.066,31(56,54)	5.432,25(43,46)	12.498,56
6 LA PAMPA	2,10(0,01)	2.208,57(14,58)	7.646,58(50,49)	7.497,90(49,51)	15.144,48
7 BARBACOAS	2,11(0,01)	2.272,72(10,15)	9.514,13(42,49)	12.875,19(57,51)	22.389,32
8 PUNCHE	2,10(0,01)	1.935,83(9,37)	7.492,33(36,27)	13.162,15(63,73)	20.654,48
9 BORGON	2,14(0,01)	3.071,85(18,11)	7.943,02(46,82)	9.021,44(53,18)	16.964,46
10 MONCON	2,20(0,02)	1.242,71(13,76)	2.917,69(32,20)	6.116,25(67,70)	9.033,94
11 EL CHANCO	2,16(0,03)	936,49(11,70)	3.377,18(42,20)	4.625,18(57,80)	8.002,36
12 STO DOMINGO	2,14(0,01)	3.092,84(20,33)	5.996,14(39,42)	9.216,32(60,58)	15.212,46
13 TERANGUANA	2,10(0,03)	662,38(9,84)	2.348,55(34,90)	4.380,41(65,10)	6.728,96
14 PAMEAYA	2,07(0,01)	435,70(1,46)	10.034,62(33,59)	19.842,50(66,41)	29.877,12
15 EL CEIBO	2,18(0,01)	286,62(1,62)	3.487,20(19,68)	14.235,60(80,32)	17.722,80
16 TRAMPOLIN	8,20(0,09)	56,85(0,61)	2.871,80(30,90)	6.422,10(69,10)	9.293,90
17 AGUALONGO	2,19(0,03)	115,02(1,54)	2.211,15(29,68)	5.238,25(70,32)	7.449,40
16 CABALLERO	2,18(0,03)	199,61(3,05)	3.402,62(36,71)	4.142,18(63,29)	6.544,80
19 VILLA AURORA	2,21(0,03)	318,72(3,69)	2.489,36(28,84)	6.142,90(71,16)	8.632,26
PROMEDIO	2,45	1.687,06	5.611,69	8.417,89	14.029,58
% del Ca Total	(0,01)	(12,02)	(40,00)	(60,00)	100%

FRACCIONAMIENTO DE CALCIO

SEGUNDO HORIZONTE

(Resultados en ppm.)

Nombre de la muestra	Soluble %	Intercambiable %	Inactivo %	Activo %	Total
1 GORGONA	2,13(0,02)	2.496,71(27,16)	3.959,50(43,08)	5.232,18(56,92)	9.191,68
2 CHAFALOTE	2,13(0,02)	2.526,63(26,84)	4.741,67(50,37)	4.671,69(49,63)	9.413,36
3 SAN JOSE	2,13(0,03)	2.660,77(32,28)	3.787,05(46,08)	4.431,16(53,92)	8.218,21
4 LA HUMILDAD	2,13(0,02)	2.352,95(25,06)	5.246,20(55,87)	4.144,28(44,13)	9.390,48
5 LA PLAYA	2,10(0,03)	1.660,20(25,40)	2.312,10(35,38)	4.223,32(64,62)	6.535,42
6 LA PAMPA	2,22(0,02)	2.073,51(17,25)	3.885,26(32,32)	8.135,14(67,68)	12.020,40
7 BARRACONS	2,22(0,03)	1.898,09(26,25)	2.709,25(37,46)	4.522,65(62,54)	7.231,90
8 FUNCHE	2,10(0,02)	1.296,62(15,41)	3.054,99(36,31)	5.357,81(63,69)	8.412,80
9 BORDON	2,13(0,02)	2.386,05(24,52)	5.061,12(52,00)	4.671,33(48,00)	9.732,45
10 MONGON	2,18(0,04)	314,66(5,33)	3.069,79(52,03)	2.830,25(47,97)	5.900,04
11 EL CHARCO	2,16(0,04)	141,57(2,43)	3.398,49(58,24)	2.437,29(41,76)	5.835,78
12 STO DOMINGO	2,16(0,02)	3.187,25(33,79)	4.944,25(52,42)	4.487,42(47,58)	9.431,67
13 TIRANGUANA	2,11(0,04)	193,46(3,52)	1.655,71(30,12)	3.641,73(69,88)	5.497,44
14 PANGANA	2,11(0,02)	444,57(3,82)	4.011,68(34,45)	7.631,82(65,55)	11.643,50
15 EL CEIBO	2,16(0,03)	56,32(0,73)	3.545,32(46,10)	4.145,40(53,90)	7.690,72
16 TRAMPOLIN	2,18(0,03)	56,81(0,73)	3.082,14(39,73)	4.675,32(60,27)	7.757,46
17 ACUALONGO	2,21(0,03)	57,47(0,73)	3.484,66(44,41)	4.362,26(55,59)	7.846,92
18 CABALLERO	2,15(0,03)	55,99(0,68)	2.826,50(34,54)	5.357,18(65,46)	8.183,68
19 VILLA AURORA	2,15(0,03)	226,25(2,92)	2.626,85(33,86)	5.130,43(66,14)	7.977,28
PROMEDIO	2,15	1.267,67	3.547,50	4.752,03	8.299,53
% del Ca Total	(0,02)	(15,27)	(42,74)	(57,25)	100%

TABLA XI

CONTENIDOS: MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE CALCIO
(Resultados en ppm.)

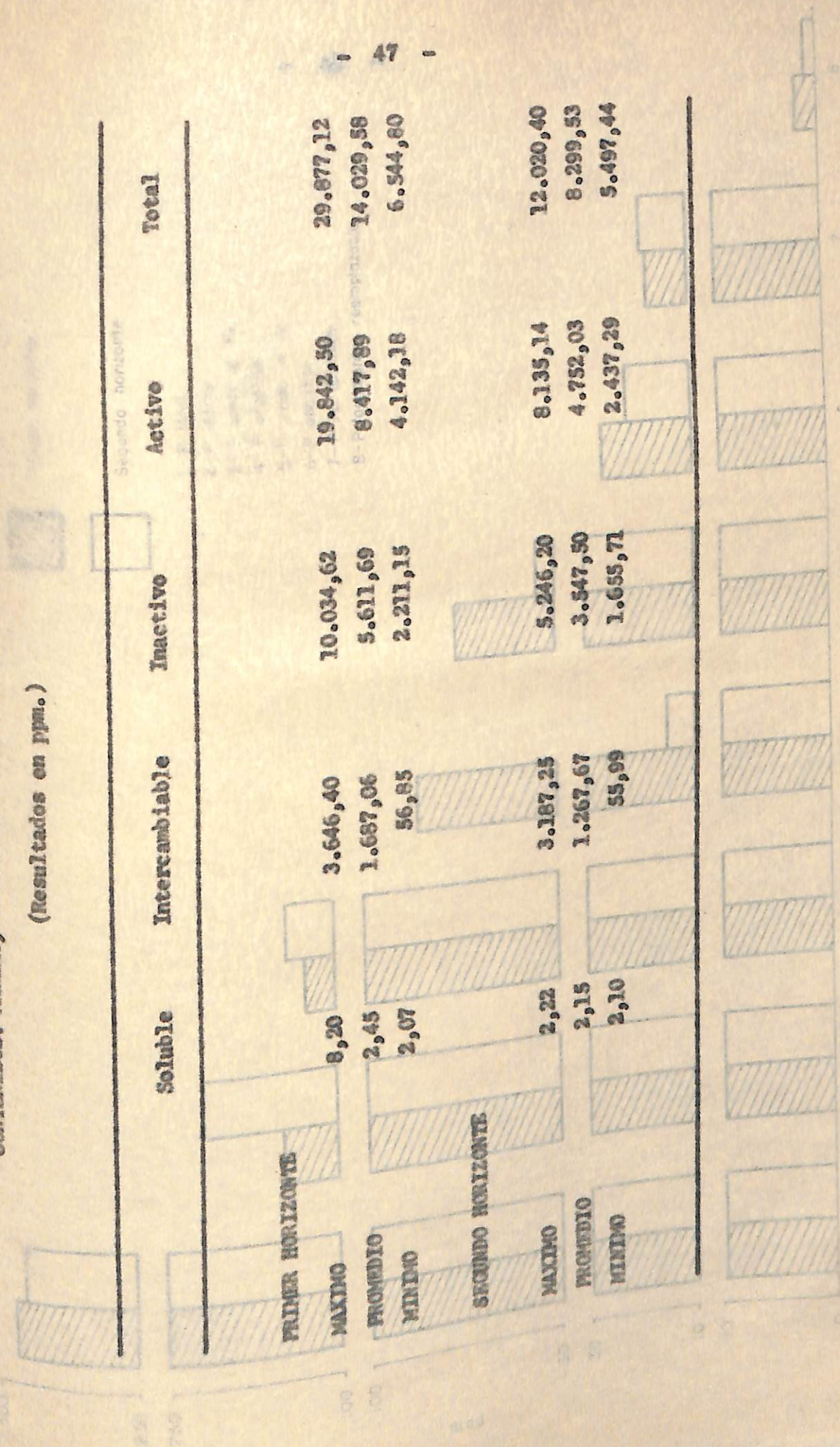


Fig. 1. Contenido promedio de las fracciones de Fósforo

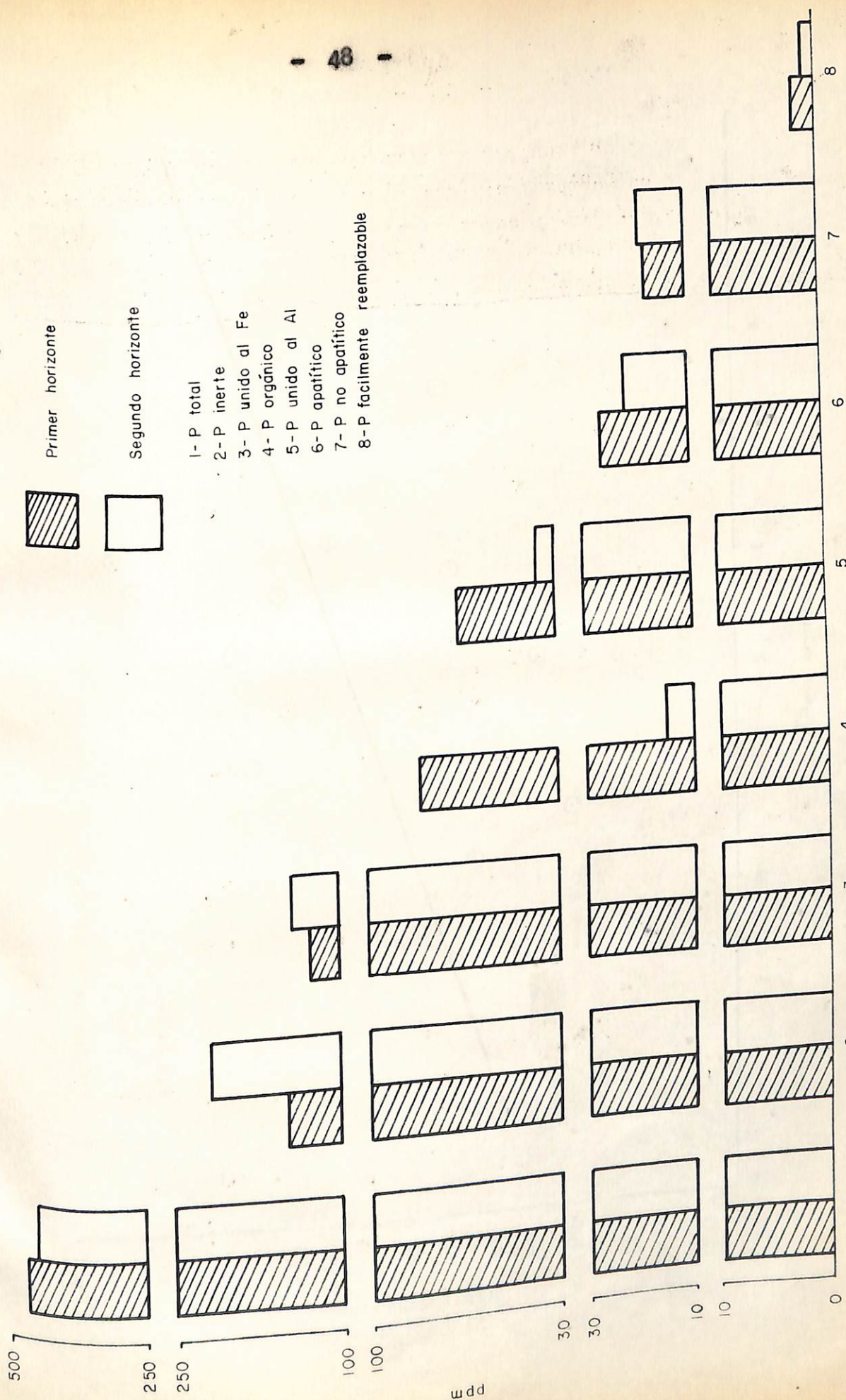


Fig. 3 Contenido promedio de las fracciones de Fósforo.

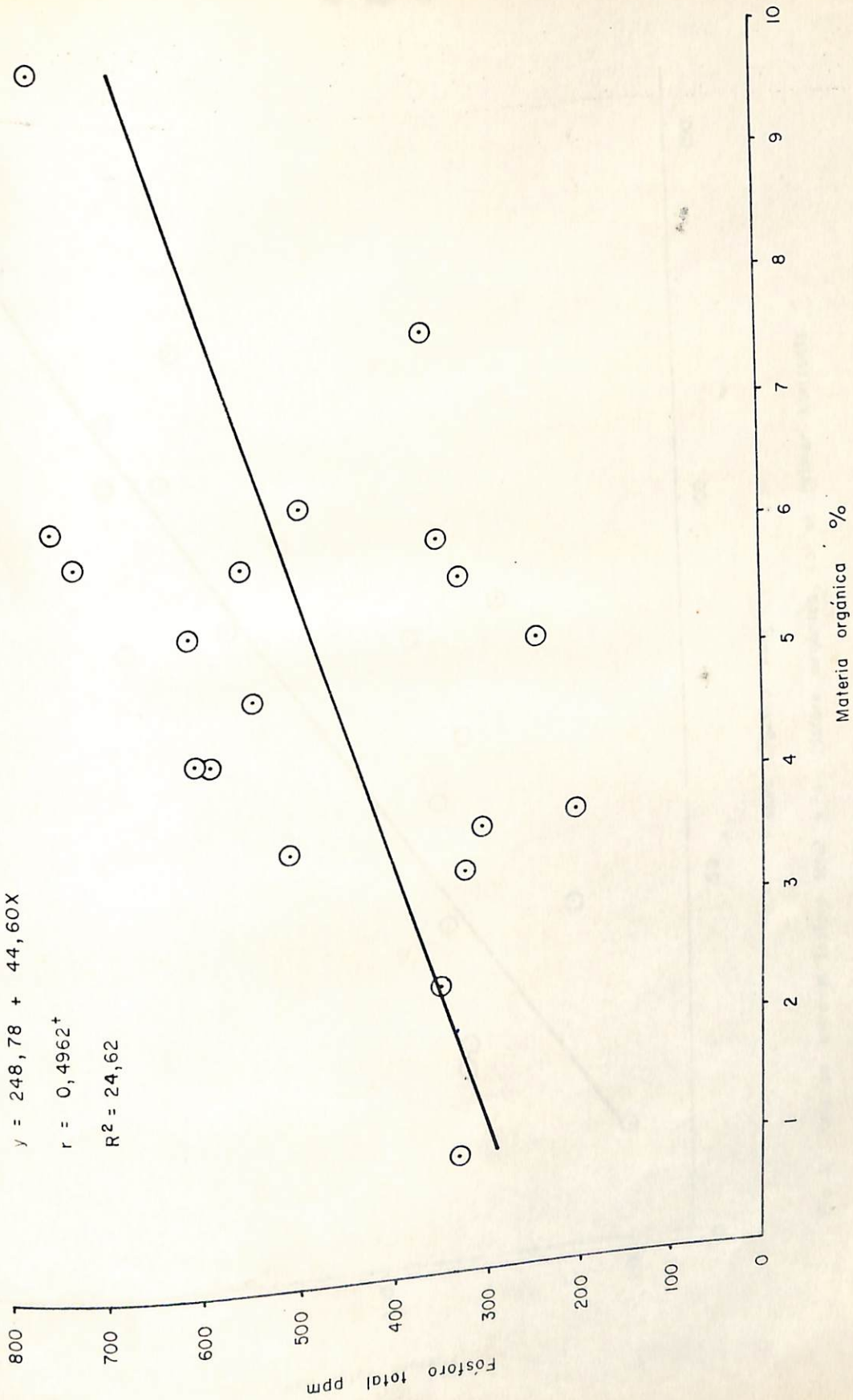


Fig. 4 Relación entre el fósforo total y la materia orgánica, en el primer horizonte.

$$y = 0,62 + 0,049X$$

$$r = 0,6736^{**}$$

$$R^2 = 45,37$$

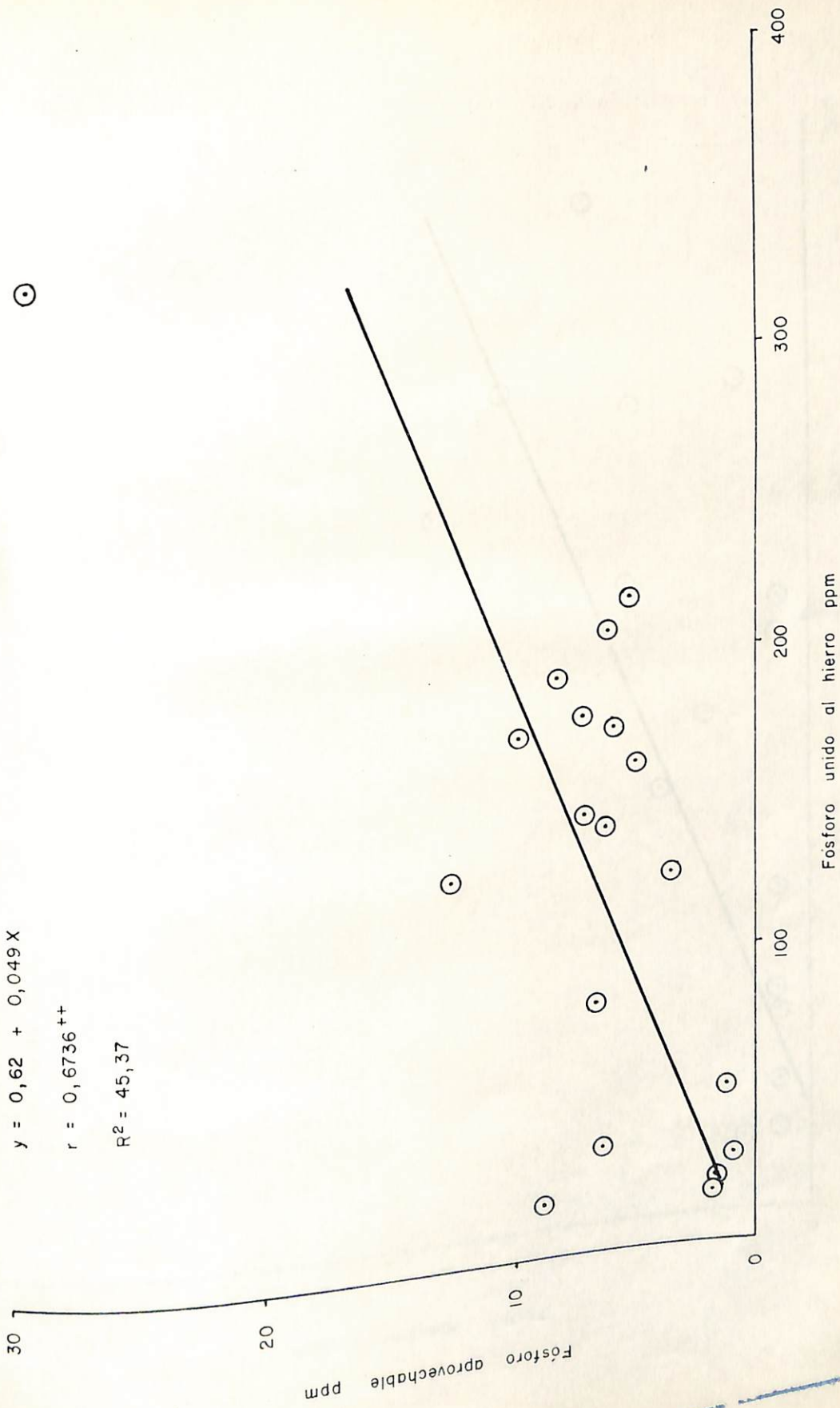


Fig. 6 Relación entre el fósforo aprovechable y el fósforo unido al hierro, en el primer horizonte.

UNIV
DEPARTAME.
PASTO - COLUMBIA

$$y = -0,34 + 0,0124X$$
$$r = 0,6316^{**}$$
$$R^2 = 39,89$$

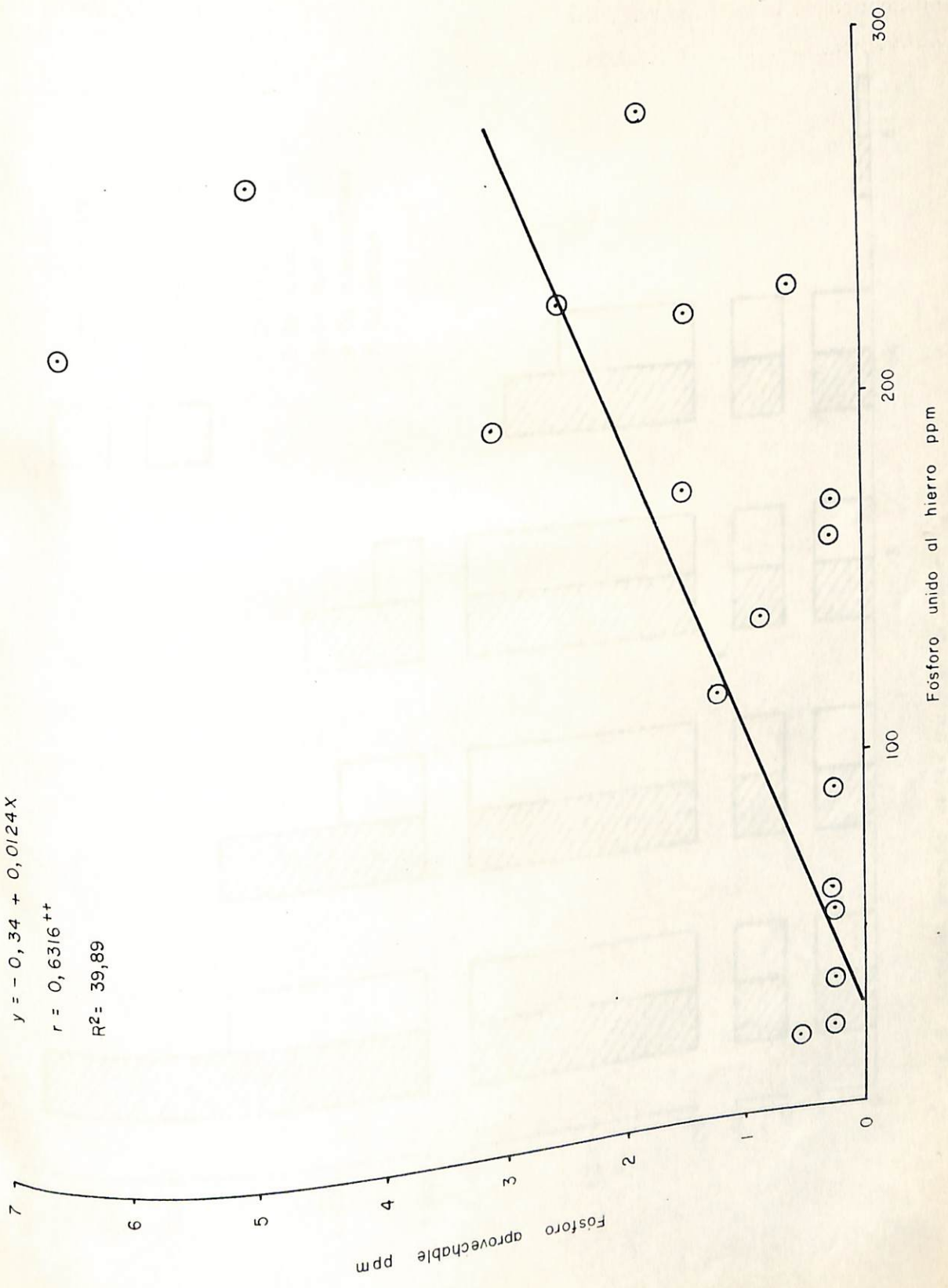


Fig. 7 Relación entre el fósforo aprovechable y el fósforo unido al hierro, en el segundo horizonte.

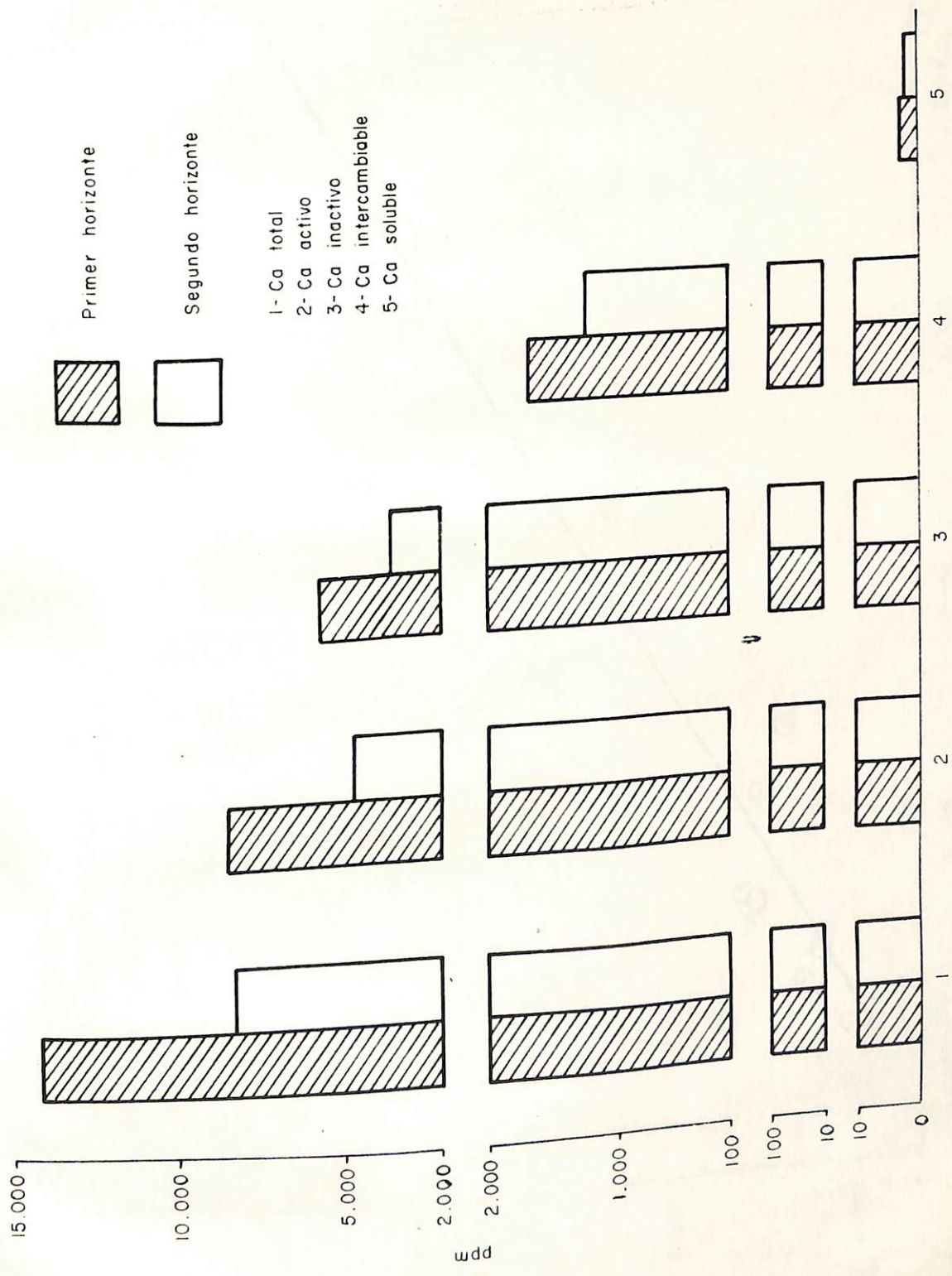


Fig. 8 Contenido promedio de las fracciones de Calcio.

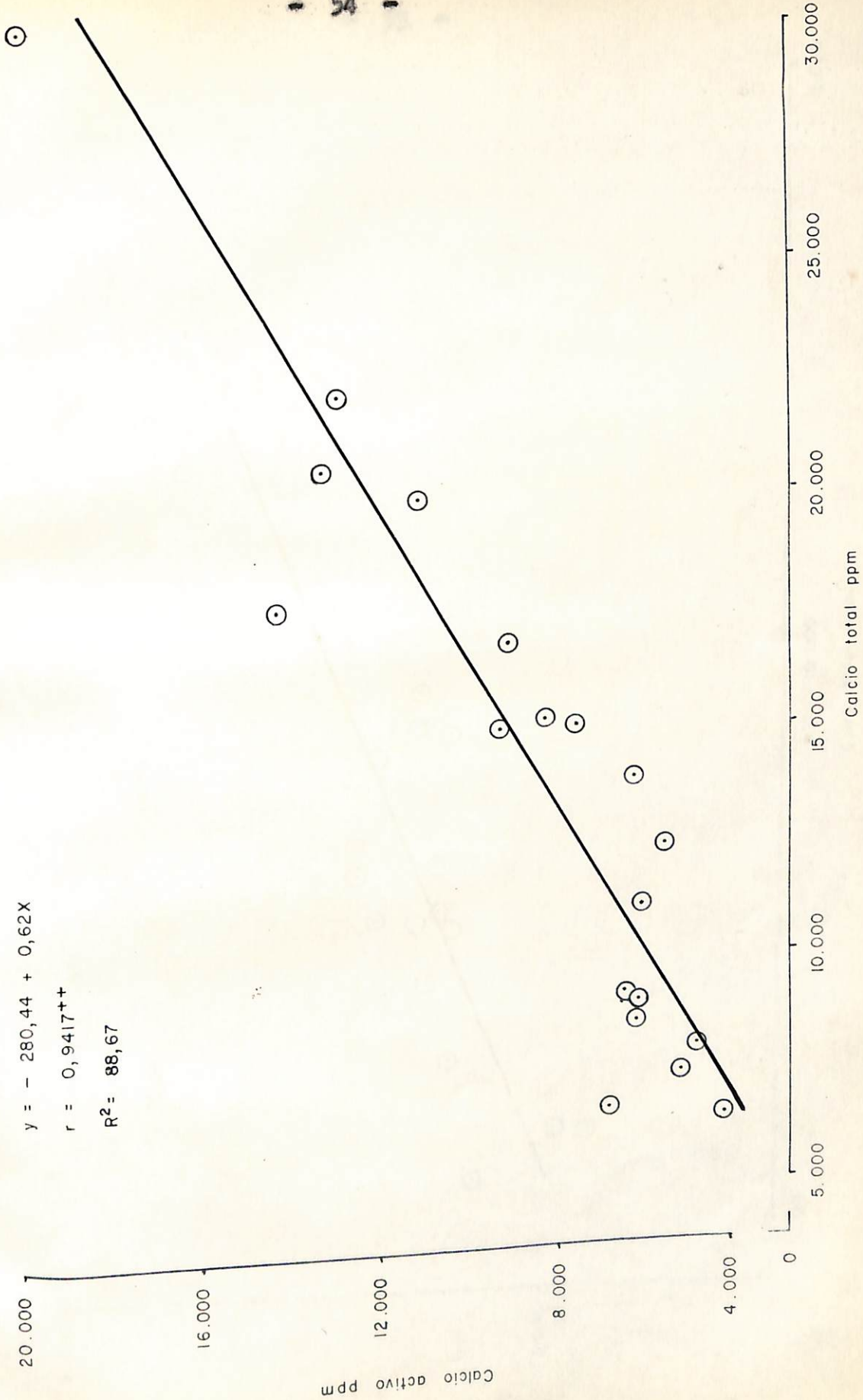


Fig 9 Relación entre el calcio activo y el calcio total, en el primer horizonte.

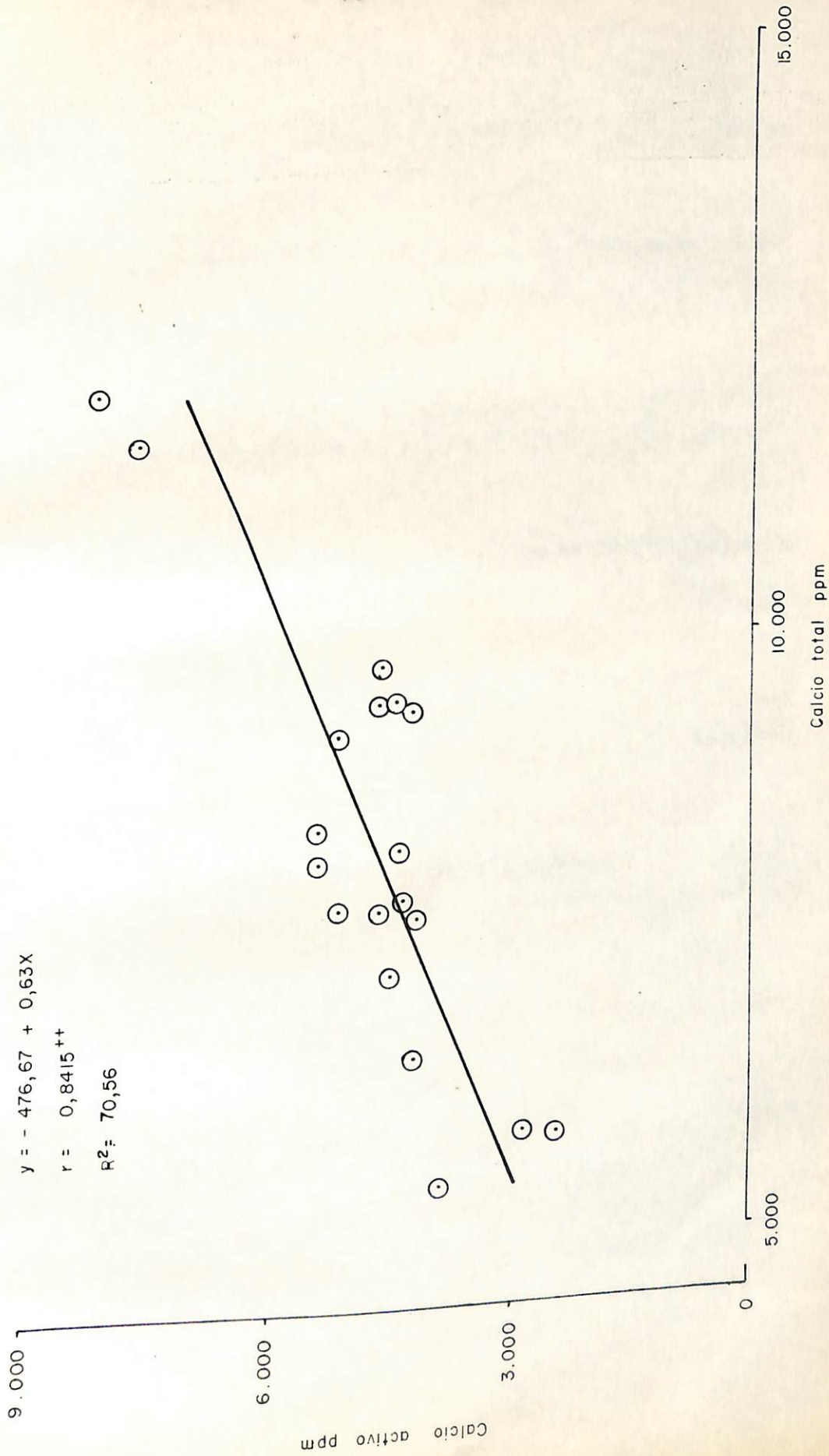


Fig. 10 Relación entre el calcio activo y el calcio total, en el segundo horizonte.

V. CONCLUSIONES

1. El nivel de fósforo total resultó ser bajo en los suelos estudiados.
2. Los valores del fósforo orgánico alcanzaron niveles medios en el primer horizonte. En el segundo resultaron bajos, probablemente los menores registrados en Colombia.
3. Para las dos capas estudiadas, la fracción unida al hierro constituye la contribución más importante dentro del fósforo inorgánico.
4. Existe correlación altamente significativa entre el fósforo unido al hierro y el fósforo aprovechable en los horizontes considerados.
5. Aunque en menor proporción, los fosfatos unidos al aluminio también contribuyen considerablemente a formar el fósforo inorgánico.
6. El fósforo unido al calcio tiene niveles más bajos que la suma de P-Fe y P-Al, registrándose en general, mayores cantidades de P-Ca apatítico con respecto al P-Ca no apatítico.
7. El fósforo inerte representa un tercio del P-total en el primer horizonte y la mitad en el segundo.
8. Los niveles del fósforo fácilmente reemplazable y del intercambiable determinado por el método Bray II, son bajos.
9. El calcio total registra altos niveles en los suelos de Barbacoas.

10. Existe un predominio del calcio activo sobre el inactivo en los dos horizontes estudiados, si bien las dos fracciones alcanzan buenos niveles.

11. El aporte de las formas de calcio intercambiable y soluble, va de mediano a bajo.

Las coordenadas geográficas del centro de la zona de estudio son: $1^{\circ} 41' 23''$ de latitud Norte y $78^{\circ} 48' 21''$ de longitud Oeste de Greenwich. La altura sobre el nivel del mar oscila entre 130 y 235 m, con un promedio de precipitación anual de 6.959,4 mm, y una temperatura media anual de 26°C .

El fósforo total representado en promedio 470,36 ppm y 452,57 ppm para las dos primeras capas. El aporte del fósforo orgánico es equivalente a 17,43% y 8,96%. El P- Ca tiene valores medios de 121,26 ppm y 115,19 ppm en las dos capas consideradas, y constituye la contribución más importante dentro del fósforo inorgánico. El P- Al tiene promedios de 55,93 ppm y 55,14 ppm. El P- Ca apático predomina sobre el P- Ca no apático, y en este orden tienen valores medios para las dos primeras horizontes, correspondientes a 26,39 ppm y 21,37 ppm y, 17,78 ppm y 16,85 ppm. El P- Al merece un tercio del total en el primer horizonte y la mitad en el segundo. Los contenidos de fósforo fácilmente intercambiable son bajos, 2,19 ppm y 1,56 ppm. El fósforo intercambiable (Gray II) es bajo, con una media de 2,40 ppm y 1,43 ppm.

El calcio total es alto, sus valores oscilan en el primer horizonte con 6.544,89 ppm y 16.971,12 ppm, para el segundo horizonte con 5.497,41 ppm y 12.420,40 ppm. El calcio activo tiene un aporte promedio de 60,00% en la primera capa y de 57,33% en la segunda. El calcio inactivo en la misma secuencia, representa 40,04% y 42,67%. El aporte de las formas de calcio intercambiable y soluble, va de mediano a bajo, los valores porcentuales promedio de Ca- int oscilan con 12,63 y 11,37, y los de Ca-soluble corresponden a 5,04 y 5,04%.

VI. RESUMEN

Se adelantó el presente estudio en Barbacoas, región de la Llamara del Pacífico, departamento de Nariño. El propósito fue el de conocer las formas de fósforo y calcio en estos suelos, tomando en consideración 19 sitios en sus dos primeros horizontes.

Las coordenadas geográficas del centro de la zona de estudio son: $1^{\circ} 41' 23''$ de latitud Norte y $78^{\circ} 08' 21''$ de longitud Oeste de Greenwich. La altura sobre el nivel del mar oscila entre 120 y 250 m, con un promedio de precipitación anual de 6.959,6 mm, y una temperatura media anual de 30°C .

El fósforo total representó en promedio 470,88 ppm y 451,67 ppm para las dos primeras capas. El aporte del fósforo orgánico es equivalente a 17,33% y 3,48%. El P-Fe tiene valores medios de 127,86 ppm y 143,19 ppm en las dos capas consideradas, y constituye la contribución más importante dentro del fósforo inorgánico. El P-Al tiene promedios de 65,93 ppm y 35,14 ppm. El P-Ca apatítico predomina sobre el P-Ca no apatítico, y en este orden dieron valores medios para los dos primeros horizontes, correspondientes a 26,29 ppm y 21,23 ppm y, 17,78 ppm y 18,88 ppm. El P-inerte representa un tercio del P-total en el primer horizonte y la mitad en el segundo. Los contenidos de fósforo fácilmente reemplazable son bajos, 2,10 ppm y 1,56 ppm. El fósforo intercambiable (Bray II) es bajo, con medias de 6,88 ppm y 1,43 ppm.

El calcio total es alto, sus valores extremos en el primer horizonte son 6.544,80 ppm y 29.977,12 ppm, para el segundo corresponden a 5.497,44 ppm y 12.020,40 ppm. El calcio activo tiene un aporte promedio de 60,00% en la primera capa y, de 57,25% en la segunda. El calcio inactivo en la misma secuencia, representa 40,0% y 42,7%. El aporte de las formas de calcio intercambiable y soluble, va de mediano a bajo, los valores porcentuales promedios de Ca-intercambiable son 12,02 y 15,27, y los de Ca-soluble corresponden a 0,01% y 0,02%.

VII. SUMMARY

In Barbacoas, Pacific Plain, departament of Narino, a study was carried out for knowing P and Ca forms in these soils. Two horizons were considered in 19 sites.

Geographic coordenates of the center of studied zone are: $1^{\circ} 40' 23''$ North latitude and $78^{\circ} 08' 21''$ West longitude from Greenwich. Altitude above sea level oscillates between 120 and 250 m., an average precipitation of 6.959,6 mm and 30°C of annual average temperature.

Total-P represented 470,88 ppm and 451,67 ppm for the two horizons respectively. Organic-P being equal to 17,33% and 3,48%. P-Fe shows average values of 127,86 ppm and 143,19 ppm and it is the most important fraction of inorganic P. P-Al has averages values of 65,93 ppm and 35,14 ppm. Apatitic Ca-P predominate over non apatitic Ca-P, their values for the two horizons were 26,29 ppm and 21,23 ppm and, 17,78 ppm and 18,88 ppm respectively. Inert-P is $1/3$ of Total-P in the first horizon and $1/2$ in the second. Easily replaceable-P contents are low, 2,10 ppm and 1,56 ppm. Exchangeable P (Bray II) is low with averages of 6,88 and 1,43 ppm.

Total Ca is high, its extreme values are 6.544,80 ppm and 29.977,12 ppm for the first horizon and 5.497,44 ppm and 12.020,40 ppm for the second. Active-Ca shows an average contribution of 60,00% and 57,25% for the two horizons. Inactive Ca represents 40,0% and 42,7%. Exchangeable and soluble Ca contributions are considered from moderate to low; average values are 12,02% and 15,27% for exchangeable-Ca and 0,01% and 0,02% for the soluble-Ca.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ALCOFORADO, B. C. Mineralizacáo de fósforo en solos do Pacífico de Costa Rica. Tesis de Magister Scientiae. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1972. 76p.
2. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Wiley, New York. 1964. 472p.
3. ANDERSON, G. Nucleic acids, derivatives, and organic phosphates. In McLaren, A. D. y Peterson, G. H., eds. Soil Biochemistry. New York, Decker. 1967. pp. 67-90.
4. ANGULO, C. y MARTINEZ, C. Propiedades físicas de algunos suelos en el piso tropical del departamento de Nariffo, Manura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariffo, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1970. 116p.
5. ANGULO, R. N. et al. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Nariffo, Manura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariffo, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1970. 116p.
6. BASTIDAS, O. et al. Formas de fósforo en suelos volcánicos del Valle del Sibundoy, Putumayo, Colombia. Turrialba 20(4): 434-438. 1970.
7. BEAR, F. F. Suelos y fertilizantes. 3a. ed. Ediciones Omega. Barcelona. 1963. 458p.
8. _____. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ediciones Omega. Barcelona. 1969. 368p.
9. BENAVIDES, R. S. Distribution of native phosphorus and phosphorus sorption capacity of some tropical soils of Colom-

- bia, S. A. Master of Science Thesis. Oklahoma State University. 1963. 103p.
10. BESOAIN, E. Mineralogía de suelos. Turrialba, Costa Rica. FAO-IICA. 1970. 347p.
11. BLACK, C. A. and GORING, C. A. Organic phosphorus in soils. In Pierre, W. H. and Norman, A. G., ed Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. New York, Academic Press 4: 123-152. 1953.
12. BLACK, C. A. Soil-Plant relationships. 2th. ed. New York, John Wiley. 1968. 792p.
13. BLASCO, M. y CORNFIELD, A. H. Comparación de diferentes extractantes para determinar el amonio intercambiable en los suelos del Valle del Cauca. Acta Agronómica. 17: 27-51. 1967.
14. BLASCO, M. y BOHORQUEZ, N. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica 12(2-3): 173-178. 1968.
15. BLASCO, M. Curso de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. Palmira. 1968. pp. 165-191. (mimeógrafo).
16. _____ . Propiedades químicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas de Mariño, Colombia. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Costa Rica. IICA-FAO. pp. b.8.1-b.8.10. 1969.
17. _____ . Microbiología de suelos. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1970. 247p.
18. _____ . El fósforo orgánico y su metabolismo en los suelos. In XIII Coloquio de suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1973. (en prensa).

19. BORNEMISZA, E. Conceptos modernos de acidez del suelo. Turrialba 15(1): 20-23. 1965.
20. BOUYOUCOS, G. A. A comparison between the pipette method and hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Soil Science 38: 335-343. 1934.
21. BRUHNS, W. y RAMDOHR, P. Petrografia. Trad. por María Teresa Torral. México, Uteha. 1964. 125p.
22. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. por R. Salord Barceló. Barcelona, Uteha. 1966. 590p.
23. BURBANO, H. Metabolismo del azufre en suelos agrícolas de Nicaragua. Tesis de Magister Scientiae. IICA, Turrialba, Costa Rica. 1973. 93p.
24. CALZADA, J. Métodos estadísticos para la investigación. 2a. ed. Lima, Sesator. 1964. 494p.
25. COLLINGS, G. H. Fertilizantes comerciales, sus fuentes y uso. Trad. Eleuterio Sánchez Buedo. Barcelona, Salvat. 1958. 710p.
26. CHAMORRO, G. L., et al. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en algunos suelos del municipio de Jamundí, Valle del Cauca. Tesis Ing. Agr. Universidad de Narifio, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1971. 140p.
27. CHANG, S. C. y JACKSON, N. L. Fractionation of soil phosphorus. Soil Science 64: 133-137. 1957.
28. CHAVES, E. y PAZOS, F. Comparación de la capacidad de intercambio catiónico determinada por cuatro métodos en suelos del Al

27. tiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1973. 104p.
29. DAPPLES, E. C. Geología básica en ciencia e ingeniería. Traducido por José María Fuster y Pablo Martínez. Barcelona, Omega. 1963. 640p.
30. DE BENAVIDES, G. Determinación de fósforo orgánico en suelos de rivados de cenizas volcánicas. Suelos Ecuatoriales. 5(1): 31-42. 1973.
31. DEMOLON, A. Principios de Agronomía. Dinámica del suelo. Tomo 1. Barcelona, Omega. 1965. 527p.
32. DEVLIN, R. M. Fisiología vegetal. Trad. por Xavier Llimona. Barcelona, Omega. 1970. 614p.
33. DUCHAUFOR, P. Précis de podologie. Masson, Paris. 1965. 481p.
34. DULCE, G. y NARVAEZ, G. Nariño su historia y su geografía. Área de estudios sociales para profesores y estudiantes. Imprenta departamental. Pasto. 1967. 275p.
35. ESCOBAR, E. y MARTINEZ, N. Efecto de las adiciones de calcio y celulosa en la amonificación y nitrificación de los suelos de la Intendencia del Putumayo, Colombia. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1970. 188p.
36. ESPINAL, T. L. y MONTIENEGRO, E. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Departamento Agrológico. Bogotá. 1963. 201p.

37. **PASSBENDER, H. W.** Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, 1969. 266p. *Rev. In. del Colegio de Suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1973. (en prensa).*
38. _____, Aspectos físico-químicos de las interacciones del fósforo con otros elementos. In Resúmenes de trabajos. III Coloquio de suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo. 1973. pp.5-9. (mimeografiado).
39. **FEUILLET, B. C. y FEUILLET, S. A.** Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Tüquerres, bajo condiciones de pradera. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1971. 109p.
40. **GABBAN, J.** Algunos aspectos del calcio en el Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1971. 61p.
41. **GONZALES, M. A.** Curso de geología agrícola. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. Palmira. 1961. 111p. (en mimeógrafo).
42. _____, Manual de Laboratorio de Suelos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. Palmira. 1966. 117p. (en mimeógrafo).
- GONZALES, M. G.** Fraccionamiento de fósforo en suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1971. 65p.
44. **GROSSE, E.** Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia, 1917 a 1933. Imprenta Nacional. Bogotá. 1935. 448p.

45. GUERRERO, R. Formas de fósforo y sus relaciones con la fertilidad de los suelos. In III Coloquio de suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1973. (en prensa).
46. JACOB, A. y UEXKULL, H. V. Fertilización. 2a. ed. Trad. por L. López Martínez. Wageningen, Veenman & Zonen. 1964. 626p.
47. JACKSON, M. L. and SHERMAN, C. D. Chemical weathering of minerals in soils. Advances in agronomy. 5: 296-297. 1953.
48. JACKSON, M. L. Análisis químico de suelos. Trad. J. B. Martínez. Barcelona, Omega. 1964. 662p.
49. JUO, A. y ELLIS, B. Chemical and physical properties of Iron and Aluminium phosphates and their relation to phosphorus availability. Soil Science Society of America Proceedings. 32(2): 216-221. 1968.
50. LEGARDA, L. y MORA, E. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Nariño relacionadas con las formaciones ecológicas. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1969. 164p.
51. LEON, L. A. Relaciones: Ca, Mg y K en suelos de "La Florida" Popayán. Agricultura Tropical. Colombia. 24: 335-345. 1968.
52. LORA, R. Fertilizantes orgánicos e inorgánicos y enmiendas. Instituto Colombiano Agropecuario. Interpretación de Análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. S. I., Programa de suelos. Colombia. 1971. s. P.
53. LORA, R. y RIVEROS, G. Problemas fisiológicos de plantas en suelos ácidos. Suelos Ecuatoriales 3(1): 24-42. 1971.

54. LOTERO, J. Absorción de fósforo y sus funciones en la planta. Resúmenes de trabajos. III. In V Coloquio de Suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 1973. pp. 11-12. (mimeografiado).
55. MALAVOLTA, E. et al. La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Escuela Superior de Agricultura, Universidad de Sao Paulo. Brasil. Editores Instituto Internacional de la Potasa. Berna 14 (Suiza). 1964. 163p.
56. MARIN, G. La capacidad de intercambio catiónico y las bases intercambiables del suelo. Instituto Colombiano Agropecuario. Interpretación de Análisis de suelos y recomendaciones de fertilizantes. S. I., Programa de suelos. Colombia. 1971. s.p.
57. MATTA, I. A. y PALACIOS, P. J. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1970. 148p.
58. MELENDEZ, B. y FUSTER, J. N. Geología. 2a. ed. Madrid, Paraninfo. 1969. 702p.
59. MINISTERIO DEL TRABAJO. Nariño, sus modalidades geográficas económicas y sociales como factores de planeamiento para la adopción de un régimen de seguridad social rural. Bogotá. 1970. 121p.
60. MORALES, J. Fraccionamiento del calcio en suelos del Altiplano de Túquerres. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1972. 49p.
61. MORALES, M. G. y GOMEZ, L. J. Factores que deben tenerse en cuenta al hacer recomendaciones de fertilizantes y cal. Agri cultura Tropical. Colombia. 22(8): 426-432. 1966.

62. MUNSSELL. Soil Color Chart. Baltimore, Munsell Color. 1954.
(sin numeración).
63. ORTEGA, J. Estudio comparativo de tres fuentes de fósforo a diferentes niveles de aplicación en relación a su "Absorción y Fijación" en un suelo rojo de Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1970. 122p.
64. ORTEGA, J. y GUERRERO, R. Comportamiento de las formas de fósforo y sus relaciones con la adsorción de P por la avena, bajo tres fuentes de fertilización fosfatada en un latosol de Nariño, Colombia. Turrialba 22(4): 420-430. 1972.
65. PANTOJA, C. Fraccionamiento de fósforo en algunos suelos de clima medio en el departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola. Pasto. 1969. 111p.
66. PARRA, A. Fraccionamiento del calcio en suelos del Altiplano de Ipiiales. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto. 1971. 39p.
67. RINCON, L. Exploración aurífera del río Telembí. Sección de "Playa Grande", municipio de Barbacoas, Nariño. Ministerio de Minas y Petróleos. División de Minas. Zona Minera de Pasto. Informe No. 6. 1962. 10p. (mecanografiado).
68. RINCON, L. et al. Exploración aurífera en los ríos Telpí y Guigui, municipio de Barbacoas, departamento de Nariño. 1962. 14p. (mimeografiado).
69. RUSSELL, E. J. y RUSSELL, E. W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 4a. ed. Trad. por Gaspar Gonzales. Madrid, Aguilar. 1968. 801p.

70. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos; métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1961. 107p.
71. SAUNDERS, S. H. and WILLIAMS, E. C. Determination of total organic phosphorus in soils. Journal of Soil Science and Food Agriculture. 6: 254-260. 1955.
72. SCHOLLEMBERGER, C. J. and SIMON, M. Determination of cation exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Sci. 59: 14-17. 1945.
73. SEN GUPTA, M. B. and CORNFIELD, A. H. Phosphorus in calcareous soils. Journal of Soil Science and Food Agriculture. 13: 652-655. 1962.
74. SUAREZ, H. Plan de ordenación forestal Zona 4. Rio Patía-Patía viejo. Chapas de Nariño. Departamento forestal. Tumaco. 1970. 121p. (mimeógrafo).
75. TEUSCHER, H. y ADLER, R. El suelo y su fertilidad. México, Continental. 1965. 510p.
76. TISDALE, S. L. y NELSON, W. L. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch. Barcelona, Montaner y Simon. 1970. 760p.
77. WAKSMAN, S. A. Soil Microbiology. 2a. ed. New York, Wiley. 1957. 356p.
78. WALKLEY, A. and BLACK, I. A. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed sodification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38. 1934.

79. WORTHEN, E. L. et al. Suelos Agrícolas. Unión Tipográfica Edito
rial Hispano Americana. México D. F. 1959. 416p.

ANT

631.4

19593

E 65

Eraso García, Hugo.

Eg. 1

Estudio de las formas de fosforo y clacio en suelos de Barbaccas (N).

NOMBRE

Fidel Rosero

No. del Carnet

NOMBRE

Fidel Rosero

No. del Carnet

NOMBRE

Sagundo L. Rosero D

No. del Carnet

8131074

NOMBRE

natua Bantiao

AN

T

19593

631.4

E65

Eg. 1