

i

ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN
LOS SUELOS DEL VALLE DE SIBUNDOY
INTENDENCIA NACIONAL DEL PUTUMAYO

Por

Oscar G. Bastidas O.

Alberto J. Caycedo V.

Franco S. Romo L.

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

Presidente de tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRÍCOLA

Pasto - Colombia

1.970

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

Art. 10. del Acuerdo No. 324 del 11 de Octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Documentos, Feb. 14/70. \$ 12000

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

A MIS PARIENTES

A MIS AMIGOS

D E D I C O

Oscar G. Bastidas Ortiz

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A MIS FAMILIARES
A MIS AMIGOS
A la MiJa

D E D I C O

Alberto J. Caycedo V.

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A LILLIAN .

A MIS AMIGOS

A LA JUVENTUD PROGRESISTA DEL PUTUMAYO

D E D I C O

Franco S. Romo Lucero

AGRADECIMIENTOS A:

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

FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA.

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

VICTOR MONTENEGRO GALVEZ I.A.

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

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades de la zona estudiada	3
2.1.1 Ubicación y extensión	3
2.1.2 Ecología y climatología	3
2.1.3 Uso actual de la tierra	4
2.1.4 Geología	6
2.1.5 Suelos	7
2.2 Generalidades del nitrógeno	8
2.2.1 Formas y características químicas del nitrógeno en los suelos	9
2.2.2 Investigaciones sobre nitrógeno en suelos colombianos	12
2.3 Generalidades sobre el fósforo	13
2.3.1 Formas del fósforo en los suelos	14
2.3.2 Fijación del fósforo	17
2.3.3 Estudios en Colombia	18
2.4 Generalidades del potasio	19
2.4.1 Relación del potasio con otros elementos	22
2.4.2 Antagonismo del potasio con otros elementos	24
2.4.3 Fijación del potasio	25
2.4.4 Formas del potasio	27

	Pág.
2.4.5 Investigaciones en Colombia ..	29
III. MATERIALES Y METODOS	31
3.1 Materiales	31
3.1.1 Muestreo	31
3.2 Métodos	32
3.2.1 Análisis físico-químico de ca- racterización general	32
3.2.1.1 Humedad	32
3.2.1.2 Color del suelo	32
3.2.1.3 Textura	32
3.2.1.4 Reacción del suelo ..	32
3.2.1.5 Carbono orgánico	33
3.2.1.6 Materia orgánica	33
3.2.1.7 Relación carbono ni- trógeno	33
3.2.1.8 Capacidad catiónica de cambio	33
3.2.1.9 Cationes intercambia- bles	33
3.2.1.10 Aluminio de cambio	33
3.2.1.11 Hierro de cambio ...	33
3.2.2 Fraccionamiento del nitrógeno.	33
3.2.2.1 Nitrógeno total	33
3.2.2.2 Nitrógeno inorgánico.	34
3.2.2.3 Nitrógeno orgánico ..	34

	Pág.
3.2.2.4 Nitrógeno intercambia	
ble	34
3.2.2.5 Nitrógeno nativo fijo	35
3.2.2.6 Nitrógeno amoniacal .	35
3.2.3 Fraccionamiento del fósforo ..	35
3.2.3.1 Fósforo fácilmente	
reemplazable	36
3.2.3.2 Fósforo unido al cal-	
cio no apatítico	36
3.2.3.3 Fósforo unido al alu-	
minio	36
3.2.3.4 Fósforo unido al hie-	
rro	36
3.2.3.5 Fósforo unido al calcio	
apatítico	37
3.2.3.6 La determinación del	
fósforo orgánico	37
3.2.3.7 Fósforo total	37
3.2.3.8 Fósforo inerte	38
3.2.3.9 Fósforo aprovechable.	38
3.2.4 Fraccionamiento del potasio ..	38
3.2.4.1 Potasio total	38
3.2.4.1 Potasio soluble en a-	
gua	39
3.2.4.6 Potasio intercambiable	39

	Pág.
3.2.4.4 Potasio intercambiable (ácido nítrico 0,1 N).	39
3.2.4.5 Potasio no intercambia ble	39
A.- Total	39
B.- Fracción más solu ble del potasio no intercambiable ..	40
3.2.4.6 Lixiviación del pota - sio	40
3.2.4.7 Fracción del potasio estructural	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	41
4.1 Generalidades de los suelos estudiados	41
4.2 Nitrógeno	42
4.2.1 Nitrógeno total	42
4.2.2 Nitrógeno orgánico	56
4.2.3 $N-NH_4$ inorgánico total	58
4.2.4 $N-NH_4$ nativo fijo	60
4.2.5 $N-NH_4$ intercambiable	61
4.2.6 $N-NH_3$	63
4.3 Fósforo	64
4.3.1 Fósforo total	64
4.3.2 Fósforo inerte	79
4.3.3 Fósforo orgánico	79

	Pág.
4.3.4 Fósforo inorgánico	81
4.3.4.1 Fósforo unido al calcio apatítico y no apatítico	81
4.3.4.2 Fósforo unido al hierro y al aluminio ...	83
4.3.4.3 Fósforo fácilmente reemplazable	85
4.3.5 Relaciones C/P orgánico y N/P orgánico	87
4.4. Potasio	88
4.4.1 Potasio total	88
4.4.2 Potasio estructural	113
4.4.3 Potasio no intercambiable	114
4.4.4 Potasio intercambiable	116
4.4.5 Potasio soluble en agua	118
4.4.6 Lixiviación del potasio	118
4.4.7 Sodio y su relación con el potasio	119
4.4.8 Relación calcio/magnesio	120
4.5 Estudios estadísticos	121
V. CONCLUSIONES	166
VI. RESUMEN	171
SUMMARY	173

	Pág.
VII BIBLIOGRAFIA	175
APENDICE I.	203
APENDICE II.	219

ILUSTRACIONES

Pág.

Figura No. 1 Valle de Sibundoy. Intendencia N
cional del Putumayo. Localización
de la zona estudiada (mapa) .

Figura No. 2 Valle de Sibundoy. Intendencia N
cional del Putumayo. Localización
de las muestras de suelos en las
zonas de pradera, cultivo y panta-
no (mapa).

Figura No. 3 Valle de Sibundoy. Intendencia N
cional del Putumayo. Localización
de las muestras en las unidades de
suelos determinadas por Manjarrés
y Marín (mapa).

Figura No. 4 Contenido promedio de las fraccio
nes de nitrógeno correspondientes
a los suelos bajo condiciones de
pradera (primera capa) 73

Figura No. 5 Contenido promedio de las fraccio
nes de nitrógeno correspondientes
a los suelos bajo condiciones de
pradera (segunda capa) 74

Figura No. 6	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (primera capa)	75
Figura No. 7	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	76
Figura No. 8	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa)	77
Figura No. 9	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (primera capa)	107
Figura No 10	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)	108
Figura No 11	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (primera capa)	109

Figura No. 12	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	110
Figura No. 13	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa).....	111
Figura No. 14	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (primera capa)	146
Figura No. 15	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)	147
Figura No. 16	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)	148
Figura No. 17	Contenido promedio de las fraccio <u>nes</u> de potasio correspondientes a	

	Pág.
Los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	149
Figura No. 18 Contenido promedio de las fracciones de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa)	150
Figura No. 19 Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno intercambiable, fósforo aprovechable y potasio intercambiable correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera y cultivo	151
Figura No. 20 Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno total, fósforo total y potasio total correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera y cultivo	152
Figura No. 21 Relación entre nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable en los suelos bajo condiciones de pradera (primera y segunda capas)	157
Figura No. 22 Relación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable en	

Pág.

los suelos bajo condiciones de
cultivo (primera y segunda capas) 158

Figura No. 23 Relación entre el nitrógeno total
y el nitrógeno intercambiable en
suelos bajo condiciones de panta-
no (primera capa) 159

Figura No. 24 Relación entre el fósforo total y
el fósforo orgánico bajo condicio-
nes de pradera (primera y segunda
capas) 160

Figura No. 25 Relación entre el fósforo total y
fósforo orgánico bajo condiciones
de cultivo (primera y segunda ca-
pas) 161

Figura No. 26 Relación entre el fósforo total y
fósforo orgánico en los suelos ba-
jo condiciones de pantano (primera
capa) 162

Figura No. 27 Relación entre el potasio total y
potasio interoambiabile en los sue-
los bajo condiciones de pradera
(primera y segunda capas) 163

Pág.

Figura No. 28 Relación entre el potasio total
y potasio intercambiable en los
suelos bajo condiciones de cul-
tivo (primera y segunda capas). 164

Figura No. 29 Relación entre el potasio total
y potasio intercambiable en los
suelos bajo condiciones de pan-
tano (primera capa) 165

TABLAS

Pág.

Tabla No.	I. Datos climatológicos correspondientes al Valle de Sibundoy (Samel, 145)	5
Tabla No.	II. Algunas características físicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (primera capa)	43
Tabla No.	III. Algunas características físicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)	44
Tabla No.	IV. Algunas características físicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (primera capa)	45
Tabla No.	V. Algunas características físicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	46
Tabla No.	VI. Algunas características físicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera y segunda capas)	47

Tabla No. VII.	Algunas características químicas correspondientes a los suelos <u>ba</u> <u>jo</u> condiciones de pradera (<u>prime</u> <u>ra</u> capa)	48
Tabla No. VIII.	Algunas características químicas correspondientes a los suelos <u>ba</u> <u>jo</u> condiciones de pradera (<u>segun</u> <u>da</u> capa)	49
Tabla No. IX.	Algunas características químicas correspondientes a los suelos <u>ba</u> <u>jo</u> condiciones de cultivo (<u>prime</u> <u>ra</u> capa)	50
Tabla No. X.	Algunas características químicas correspondientes a los suelos <u>ba</u> <u>jo</u> condiciones de cultivo (<u>segun</u> <u>da</u> capa)	51
Tabla No. XI.	Algunas características químicas correspondientes a los suelos <u>ba</u> <u>jo</u> condiciones de pantano (<u>prime</u> <u>ra</u> y segunda capas)	52
Tabla No. XII.	Contenidos máximo, promedio y <u>mí</u> <u>nimo</u> de algunas características químicas correspondientes a los	

suelos bajo condiciones de pr <u>a</u> dera	53
--	----

Tabla No. XIII. Contenidos má <u>x</u> imo, promedio y mínimo de algunas característi <u>t</u> cas químicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo	54
---	----

Tabla No. XIV. Contenidos má <u>x</u> imo, promedio y mínimo de algunas característi <u>t</u> cas químicas correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano	55
--	----

Tabla No. XV. Fracciones de nitrógeno corres <u>p</u> pondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (prime- ra capa)	65
---	----

Tabla No. XVI. Fracciones de nitrógeno corres <u>p</u> pondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segun- da capa)	66
--	----

Tabla No. XVII. Fracciones de nitrógeno corres <u>p</u> pondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (prime- ra capa)	67
---	----

Tabla No.	XVIII.	Fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	68
Tabla No.	XIX.	Fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa)	69
Tabla No.	XX.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de nitrógeno en los suelos bajo condiciones de pradera	70
Tabla No.	XXI.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de nitrógeno en los suelos bajo condiciones de cultivo	71
Tabla No.	XXII.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de nitrógeno en los suelos bajo condiciones de pantano.....	72
Tabla No.	XXIII.	Fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (primera capa)	89

Tabla No.	XXIV.	Fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)	90
Tabla No.	XXV.	Fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (primera capa)	91
Tabla No.	XXVI.	Fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	92
Tabla No.	XXVII.	Fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera y segunda capas)	93
Tabla No.	XXVIII.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de fósforo en los suelos bajo condiciones de pradera	94
Tabla No.	XXIX.	Contenidos máximo promedio y mínimo de las fracciones de fósforo en los suelos bajo condiciones de cultivo	95

Tabla No. XXX.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de fósforo en los suelos bajo condiciones de pantano	96
Tabla No. XXXI.	Comparación de los fosfatos cálcicos y los fosfatos de hierro y aluminio expresados en porcentajes del fósforo total y del fósforo inorgánico	97
Tabla No. XXXII.	Fósforo aprovechable (Bray I), correspondiente a los suelos bajo condiciones de pradera...	98
Tabla No XXXIII.	Fósforo aprovechable (Bray I), correspondiente a los suelos bajo condiciones de cultivo ..	99
Tabla No. XXXIV.	Fósforo aprovechable (Bray I), correspondiente a los suelos bajo condiciones de pantano ...	100
Tabla No. XXXV.	Relación N/P orgánico correspondiente a los suelos bajo condiciones de pradera	101

Tabla No.	XXXVI.	Relación N/P orgánico corres pondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo	102
Tabla No.	XXXVII.	Relación N/P orgánico corres pondiente a los suelos bajo condiciones de pantano	103
Tabla No.	XXXVIII.	Relación C/P orgánico corres pondiente a los suelos bajo condiciones de pradera	104
Tabla No.	XXXIX.	Relación C/P orgánico corres pondiente a los suelos bajo condiciones de cultivo	105.
Tabla No.	XL.	Relación C/P orgánico corres pondiente a los suelos bajo condiciones de pantano	106
Tabla No.	XLI.	Fracciones de potasio corres pondiente a los suelos bajo condiciones de pradera (pri- mera capa)	122
Tabla No.	XLII.	Fracciones de potasio corres pondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segun da capa)	123

Tabla No.	XLIII.	Fracciones de potasio <u>corres</u> pondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (pri- mera capa)	124
Tabla No.	XLIV.	Fracciones de potasio <u>corres</u> pondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segun da capa)	125
Tabla No.	XLV.	Fracciones de potasio <u>corres</u> pondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (pri- mera y segunda capas)	126
Tabla No.	XLVI.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de potasio en los suelos bajo condiciones de pradera	127
Tabla No.	XLVII.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de potasio en los <u>suelos</u> bajo condiciones de cultivo	128
Tabla No.	XLVIII.	Contenidos máximo, promedio y mínimo de las fracciones de potasio en los suelos bajo condiciones de pantano.....	129

Tabla No.	XLIX.	Lixiviación del potasio <u>me</u> diante la adición de 100 cc día de HCl 0,01 N, correspon <u>de</u> diente a los suelos bajo con <u>di</u> ciones de pradera (primera capa)	130
-----------	-------	---	-----

Tabla No.	L.	Lixiviación del potasio me- diante la adición de 100 cc. día de HCl 0,01 N, correspon <u>de</u> diente a los suelos bajo con <u>di</u> ciones de pradera (segunda capa)	131
-----------	----	--	-----

Tabla No.	LI.	Lixiviación del potasio me- diante la adición de 100 cc. de HCl 0,01 N, correspondien <u>te</u> a los suelos bajo condicio <u>ne</u> s de cultivo (primera capa)	132
-----------	-----	--	-----

Tabla No.	LII.	Lixiviación del potasio median <u>te</u> la adición de 100 cc. día de HCl 0,01 N, correspondien <u>tes</u> a los suelos bajo condi- ciones de cultivo (segunda ca <u>pa</u> pa)	133
-----------	------	--	-----

Tabla No.	LIII.	Lixiviación del potasio median te la adición de 100 cc. día de HCl 0,01 N. correspondiente a los suelos bajo condiciones de pantano (primera y segunda capas)	134
Tabla No.	LIV.	Contenidos de sodio total e in tercambiable correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera	135
Tabla No.	LV.	Contenidos de sodio total e in tercambiable correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo	136
Tabla No.	LVI.	Contenidos de sodio total e in tercambiable correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano	137
Tabla No.	LVII.	Relación K/Na en sus fracciones total e intercambiable corres- pondientes a los suelos bajo condiciones de pradera	138

Tabla No.	LVIII.	Relación K/Na en sus fraccio <u>n</u> es total e intercambiable correspondientes a los sue <u>l</u> os bajo condiciones de cul <u>t</u> ivo	139
Tabla No.	LIX.	Relación K/Na en sus fraccio <u>n</u> es total e intercambiable correspondientes a los sue <u>l</u> os bajo condiciones de pantano.	140
Tabla No.	LX.	Contenidos de calcio y magne <u>s</u> io y relación Ca/Mg corres <u>p</u> ondientes a los sue <u>l</u> os bajo condiciones de pradera (prime <u>r</u> a capa)	141
Tabla No.	LXI.	Contenidos de calcio y magne <u>s</u> io y relación Ca/Mg corres <u>p</u> ondiente a los sue <u>l</u> os bajo condiciones de pradera (segun <u>d</u> a capa)	142
Tabla No.	LXII.	Contenidos de calcio y magne <u>s</u> io y relación Ca/Mg corres <u>p</u> ondiente a los sue <u>l</u> os bajo condiciones de cultivo (pri <u>m</u> era capa)	145

Tabla No.	LXIII.	Contenidos de calcio y magnesio y relación Ca/Mg correspondiente a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)	144
Tabla No.	LXIV.	Contenidos de calcio y magnesio y relación Ca/Mg correspondiente a los suelos bajo condiciones de pantano (primera y segunda capas)	145
Tabla No.	LXV.	Relaciones estadísticas entre el nitrógeno total y nitrógeno intercambiable, bajo las condiciones de pradera, cultivo y pantano	154
Tabla No	LXVI.	Relaciones estadísticas entre el fósforo total y fósforo orgánico, bajo las condiciones de pradera, cultivo y pantano ...	155
Tabla No.	LXVII.	Relaciones estadísticas entre el potasio total y potasio intercambiable, bajo las condiciones de pradera, cultivo y pantano	156

ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN
LOS SUELOS DEL VALLE DE SIBUNDOY
INTENDENCIA NACIONAL DEL PUTUMAYO (")

Por

Oscar G. Bastidas O.

Alberto J. Caycedo V.

Franco S. Romo L.

I INTRODUCCION

✓ El Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo, aunque conocido desde bastante tiempo atrás, no ha sido estudiado en el sentido de conocer la potencialidad de sus suelos, si bien es cierto que existen algunos trabajos generales adelantados por el Instituto Agustín Codazzi y por INCORA que sirven de base para las obras de drenaje que actualmente se adelantan. ✓

✓ El Valle de Sibundoy debido a su situación y características climatológicas puede llegar a ser una de las áreas agropecuarias más importantes de la zona sur-

(") Tesis de Grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco Lamenza I.A., Ph. D.

occidental colombiana.✓

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se desarrolló la presente investigación con el objeto de conocer el estado de los tres elementos mayores: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y así tener la base para una mejor explotación agropecuaria.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Generalidades de la zona estudiada

2.1.1 Ubicación y extensión.- El Valle de Sibundoy está situado en el extremo nor-occidental de la Intendencia Nacional del Putumayo. Comprende los Corregimientos de Santiago, Colón, Sibundoy y San Francisco. Tiene una forma elipsoidal con su eje mayor de unos 12 kms., orientado hacia el nor-este y su eje menor de unos 8 kms., orientado en dirección nor-oeste. Las coordenadas geográficas aproximadas del centro del Valle de Sibundoy son: $1^{\circ} 10' N$ y $77^{\circ} 02' W$ de Greenwich. Figura No. 1. (Samel, 145).

2.1.2 Ecología y climatología.- El Valle de Sibundoy se encuentra a una altura de 2.100 m.s.n.m., en marcado por las estribaciones de la Cordillera Centro-oriental perteneciente a la región natural Sur Andina, y encerrado por los cerros de Juanoy y Cascabel al norte; la Cordillera del Portachuelo y el cerro de Balsayaco al sur; el cerro de Juanoy al oriente y los cerros de Bordoncillo y Patascoy hacia el occidente (Irusta y Fortoul, 85; Samel, 145).

El clima de esta zona, de acuerdo a Koeppen (citado por Irusta y Fortoul, 85; Samel, 145), está cla

sificado como isoterma de montaña tropical húmeda, tipo Cfi, caracterizado por una temperatura moderada y lluvias abundantes durante todo el año. Espinal y Montenegro (63), indican que pertenece a un clima de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), determinado por una temperatura entre 12 y 18°C y 2.000 a 4.000 mm. de precipitación.

Según el cuadro meteorológico (Tabla I), se puede apreciar que el promedio de temperatura es de 16,3°C.; la precipitación pluvial anual, registrada en la estación de Sibundoy, es de 1.373,5 mm. y la registrada en la estación de Balsayaco, es de 2.165,7 mm.; la humedad relativa es de 80% (Samel, 145).

La vegetación representativa de esta área, según Pérez (133) y Cabrera et al (57), está definida como Sabana Andina y Bosque Andino, rica en algunas aráceas, gunneráceas, ericáceas y muchas compuestas; además de solanáceas, ciperáceas, leguminosas, gramíneas y palmeáceas.

2.1.3 Uso actual de la tierra.- El área del Valle de Sibundoy es de unas 11.000 hectáreas. La distribución porcentual aproximada está representada así: pradera 57%; cultivos mixtos 9,9%; pantano 32,6%; otros 0,5%. Figura No. 2. La explotación agrícola está cons

T A B L A I

DATOS CLIMATOLÓGICOS CORRESPONDIENTES AL VALLE DE SIBUNDOY. (Sameh 145)

M E S	TEMPERATURA en °C		PRECIPITACION MEDIA en mm.		HUMEDAD RELATIVA %	
	Máxima	Méda	Región Sibundoy	Región Balsayaco		
ENERO	22,1	16,3	10,6	48,5	89,3	80
FEBRERO	22,2	16,5	10,9	82,5	145,0	78
MARZO	21,6	16,2	11,0	123,1	137,6	80
ABRIL	22,3	16,6	11,0	123,9	188,0	80
MAYO	22,5	17,0	11,6	139,5	221,4	81
JUNIO	21,3	16,2	11,2	194,5	308,8	84
JULIO	20,1	15,6	11,2	163,4	300,7	84
AGOSTO	21,4	16,2	11,2	143,9	242,6	81
SEPTIEMBRE	21,9	15,8	9,7	102,3	179,1	81
OCTUBRE	23,0	17,0	11,0	100,9	133,7	79
NOVIEMBRE	22,7	16,7	10,7	79,8	121,6	78
DICIEMBRE	22,8	16,5	10,2	71,2	97,9	79
Promedio mensual	22,0	16,3	10,8	114,4	180,4	80

tituída por cultivos de menta (Mentha spp.), maíz (Zea mays L.), papa (Solanum tuberosum L.), frijol (Phaseolus vulgaris L.), repollo (Brassica oleracea L.) y lulo (Solanum guitoense Lam.). Los pastos más extendidos son: el kikuyo (Penisetum clandestinum Hochst.), pasto azul (Poa pratensis L.), gramalote (Paspalum dilatatum Poir.) y diferentes tréboles (Trifolium spp.), predominando la totora (Seyrus californicus Britton), en la parte pantanosa (Cabrera et al, 51; Samel, 145; Manjarrés y Marín, III).

2.1.4 Geología.- Kerherner (citado por Manjarrés y Marín, III; Bueno, 49), dice que el actual Valle de Sibundoy estaba cubierto por un lago cuyo origen posiblemente es tectónico y que hoy es desaguado por el Río Putumayo.

Royo y Gómez (141), afirman que existen dentro del Valle, formaciones pleistocenas, terrazas y rocas eruptivas volcánicas. Hacia el norte aparecen rocas metamórficas paleozólicas integradas por neis, micas, cuarcitas y mármoles; hacia el oeste su naturaleza es andesítica (Manjarrés, 110). En la ladera sur-occidental se encuentran rocas volcánicas recientes, formadas por andesitas y tobas andesíticas (Samel, 145). Hacia el oriente, dominan las liditas pizarrozas de color oscuro con

numerosas intercalaciones y bancos delgados de caliza y por el lado nor-oriental, afloran las rocas más antiguas de esta región compuesta por neis intruidos con cuerpos granodioríticos de algunos diques de pegmatita (Manjarrés, 110; Royo y Gómez, 141).

2.1.5 Suelos.- El origen y formación está influido por rocas ígneas como neis, porfidos, microdioritas y andesitas. Son generalmente suelos jóvenes y en algunos casos están en procesos de formación. Ospina y Marín (citados por Samel, 145), agrupan los suelos en la parte plana de tres unidades así: suelos de abanicos con un 37%; aluviales con un 21% y suelos orgánicos con un 42% del área total.

Los suelos de abanicos, se han formado a partir del material erodado de las laderas de la cordillera, el cual ha sido depositado por la gravedad y corrientes de agua presentando características de suelos en procesos de formación (Samel, 145; Cabrera et al, 51). Son suelos planos de texturas livianas generalmente con buen drenaje y de material parental coluvio-aluvial (Manjarrés y Marín, 111).

En los suelos aluviales se distinguen las terrazas, sepultadas parcialmente por los abanicos, las vegas, los diques naturales y los lechos antiguos; su profundidad,

efectiva en toda el área es amplia, no constituyendo factor limitante para los cultivos (Samel, 145; Cabrera et al, 51).

Los suelos orgánicos se originaron por la acumulación de residuos vegetales y animales los cuales, por haber permanecido saturados de agua, no han llegado a descomponerse. La mayor parte de esta unidad constituye el área de totora presentando inundaciones que se suceden durante todo el año (Samel, 145; Cabrera et al, 51). Son suelos superficiales de texturas livianas, material parental orgánico, pobremente drenado y de colores marrón oscuro y rojo oscuro (Manjarrés y Marín, 111). *Ofici.*

2.2 Generalidades del nitrógeno

El nitrógeno es un elemento cuyo estudio ha recibido mucha atención desde el punto de vista de sus transformaciones microbiológicas, pero son escasos los estudios que se refieren a sus formas químicas presentes en los suelos. (Blasco y Cornfield, 34; Birch, 23; Bollen y Wright, 37; Garbosky y Giambiagi, 74; Alexander, 8 y Nicholas, 125).

El estudio del nitrógeno tiene mucha importancia en los suelos tropicales porque las condiciones climatológicas provocan una rápida oxidación y, por tanto, pérdida de los compuestos nitrogenados orgánicos (Russell, 143; Blasco, 28).

En cuanto al nitrógeno en suelos volcánicos se sabe poco. Los resultados obtenidos por Molina (119) y Miki y Kanehiro (117) parecen indicar una cantidad relativamente baja de nitrógeno inorgánico total.

2.2.1 Formas y características químicas del nitrógeno en los suelos

El nitrógeno que se encuentra en los suelos se presenta en dos grandes formas: orgánica e inorgánica. La fracción orgánica representa entre el 90 y 95% del nitrógeno total, correspondiendo el 5 a 10% restante a la forma inorgánica. (Harmsen y Kolenbrander, 78; Kononova, 100; Blasco, 29; Bremner, 43).

Dentro de la fracción orgánica (Standford y Fierre, 158; Stevenson et al, 160; Allison et al, 10; Allison y Roller, 11, 12; Jackson, 88; Bremner, 43; Allison et al, 9), consideran que entre el 24 y 37% del nitrógeno orgánico de los suelos tiene constitución proteínica. Este porcentaje puede subir hasta el 50% en suelos muck (Kojima, 99).

Sowden (citado por Blasco, 27), en un estudio de varios suelos Canadienses, encontró que de un 5% a 10% del nitrógeno total estaba en forma de hexosaminas, coincidiendo los más altos porcentajes con suelos en los cuales predominaba la población fungosa sobre las bacterias. Bren

ner y Shaw (45) y Adams et al (2), reportaron así mismo la presencia de nitrógeno de 5 a 10% en forma de amino-azúcares.

Por otra parte, Matson y Koutler-Anderson (citados por Stevenson, 159), indican que alguna fracción del nitrógeno de los suelos aparece formando complejos ligno-amoniacales. Finalmente, Adams et al (2), demostraron que una pequeña fracción del nitrógeno, menos del 1%, se encuentra formando parte de los ácidos nucleicos.

Desde la investigación de Rodríguez (138), se sabe que parte del nitrógeno de los suelos está en forma inorgánica. Parte del mismo se considera como nitrógeno nativo fijo, retenido en forma no intercambiable por los coloides inorgánicos de los suelos, y su porcentaje se presenta entre el 4 y el 8% del nitrógeno total (Blasco, 29; Bremner, 44; Dharival y Stevenson, 58; Molina, 119).

Dentro de la fracción inorgánica se encuentra también el nitrógeno intercambiable cuyo porcentaje se aproxima al 2% del nitrógeno total. Se considera nitrógeno no intercambiable ($N-NH_4$), la cantidad extraída con sales solubles, especialmente cloruros de calcio y potasio normales (Blasco, 29; Bremner, 44; Allison et al, 10).

El nitrógeno en forma inorgánica, también se puede encontrar en los materiales inorgánicos amorfos.

Así, Tamini et al (166), señalaron la presencia de amonio en la formación de las taranakitas, complejos amorfos relativamente insolubles de amonio, sílice, hierro hidratado y fósforo.

Las rocas también pueden ser fuentes de nitrógeno inorgánico. Adams y Stevenson (3), encontraron nitrógeno en algunas rocas ígneas, granitos y pegmatitas, y silicatos primarios como feldespatos y micas. Stevenson (159), dice que el nitrógeno total tiene un contenido entre 17 y 78 ppm en granitos, 20 ppm en basaltos y 21 ppm en gabro. Wlotzka (179), encontró que la mayoría de las rocas magmáticas contenían entre 5 y 50 gr. de $N-NH_3$. Este contenido aumentó en las rocas sedimentarias, 135 gr./ton. en areniscas y 580 gr./ton. en arcilláceas. Las más bajas cantidades correspondieron a las rocas metamórficas. Así mismo, este autor encontró $N-NO_3$ en sedimentos superficiales y en rocas calcáreas (5 a 20 gr./ton.).

El nitrógeno orgánico tiende a aumentar en áreas en las cuales el medio ecológico propicia la acumulación de materia orgánica (Alexander, 8). Recientemente, Bornemisza y Pineda (40), encontraron que la materia orgánica también se acumula en suelos cuyo porcentaje de alófana sea superior al 15%, lo que también hace presuponer un aumento de nitrógeno orgánico.

La retención de nitrógeno en forma inorgánica es mayor en los suelos cuyas arcillas son del tipo 2:1, principalmente de los grupos de montmorillonita y vermiculita (Blasco y Cornfield, 35; Young y McNeal, 183; Ivanov, 86; Shon y Peech, 157).

La fracción $N-NH_3$, proviene de la mineralización o amonificación de los compuestos orgánicos nitrogenados, como resultado de la actividad microbiológica sobre la materia orgánica (Alexander, 8; Blasco, 29; Winogradski, 177).

El $N-NH_3$ permanece en el suelo al ser absorbido por los sistemas coloidales, mediante procesos físico-químicos (Harmsen y Kolenbrander, 78; Mortland y Wolcott, 121).

2.2.2 Investigaciones sobre el nitrógeno en suelos colombianos

Molina (119), estudió el nitrógeno de los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto y encontró que el nitrógeno total en promedio se aproximaba a 0,4% y que su distribución era bastante homogénea en los distintos perfiles analizados. El nitrógeno orgánico representó aproximadamente el 95% del nitrógeno total, mientras que el nitrógeno total inorgánico se aproximó al 4,10% del nitrógeno total. El nitrógeno intercambiable fue de 1,60% del

nitrógeno total, no encontrándose entre estas dos fracciones ninguna correlación.

En los suelos del Valle del Cauca (Blasco, 27), encontró que el nitrógeno total dió un promedio de 2.454 ppm, siendo el nitrógeno orgánico el 93,8% de esa cantidad. El nitrógeno inorgánico total representó el 6,16% del nitrógeno total; el nativo fijo 4,42% y el intercambiable 1,74%. El N-NO_3 varió entre 18,8 y 2,8 ppm y el N-NH_3 entre 19,5 y 5,9 ppm.

Para el Valle del Cesar (capa arable), Tafur y Blasco (165), hallaron un promedio de 1.319,6 ppm de nitrógeno total, es relativamente bajo, mientras que el inorgánico llegó al 21,84% del nitrógeno total. El nitrógeno nativo fue de 15,85%, el intercambiable el 5,99% y el N-NH_3 el 0,59% del nitrógeno total.

En la Guajira, el promedio del nitrógeno total fue de 1.948,6 ppm, correspondiendo a la fracción orgánica el 89,7% y a la inorgánica el 10,3%. El nitrógeno nativo o fijo representó el 7,5% y el intercambiable el 2,7% del nitrógeno total (Durán, 60).

2.3 Generalidades sobre el fósforo

El fósforo es un elemento cuya deficiencia a escala mundial, bien sea provocada por su escasez o deri-

vada de su fijación, constituye uno de los principales problemas de la fertilidad de los suelos (Blasco, 30; Martínez y Lucena, 113; Russell, 142).

El fósforo desempeña funciones vitales en el desarrollo de las plantas, siendo constituyente esencial del núcleo y de los ácidos nucleicos, interviene en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas, e incide directamente en la formación de semillas y en la maduración de los frutos (Alexander, 8; Hossner y Richards, 83; Wilcox y Townsend, 176; Wallace, 175).

2.3.1 Formas del fósforo en los suelos

Los primeros intentos de fraccionamiento del fósforo fueron realizados por Farps en 1.906, y posteriormente por Dean en 1.938 (Martínez y Lucena, 113; Blasco, 27).

Sin embargo, se puede decir que fue a partir de 1.957 cuando tomó auge el estudio de las diversas formas de fósforo presentes en el suelo, debido a la publicación del método analítico de Chang y Jackson (57). A partir de este momento han sido numerosos los fraccionamientos de fósforo realizados. (Ahmad y Jones, 4; Fassbender, 66, 67; Blasco y Bohorquez, 31; Tafur, 164).

De acuerdo a Goel y Agarwal (77), las concentraciones de fósforo total son mayores en suelos jóvenes. McConaghy et al (107), señalan que el fósforo es más abundante en suelos originados de basalto que de granito o esquistos micáceos. A su vez Ahmad y Jones (4), indican que el fósforo total disminuye con la profundidad del perfil.

El fósforo inerte corresponde a formaciones mineralógicas muy estables, no participando en las reacciones del fósforo en el suelo sino a medida que procede la meteorización (Loterio, 106; Tafur, 164).

La fracción inerte presenta sus más altos porcentajes en suelos poco meteorizados (hasta un 50% del fósforo total), mientras que en suelos cuya descomposición química es drástica, como ocurre en las zonas tropicales, su porcentaje varía entre el 5 y 10% del P total (Sen Gupta y Cornfield, 152; Blasco, 27).

El fósforo orgánico del suelo se deriva de la fitina, ácidos nucleicos y fosfolípidos principalmente. Se considera que esta fracción puede llegar a representar la mayor reserva fosforada de los suelos tropicales (Enwezor, 62; Acquaye, 1).

También es posible que ocurran acumulaciones de fósforo orgánico en suelos ácidos y pobremente drena-

dos, debido a que se presentan condiciones desfavorables para la actividad microbiológica, la cual impide la descomposición de la materia orgánica (Sen Gupta y Cornfield, 152).

De acuerdo a los estudios de Blasco et al (33) y Fabry (64), habrá una rápida mineralización del fósforo orgánico cuando en el suelo abunden los ácidos nucleicos, mientras que será muy lenta si predomina la fitina.

En la mayoría de los suelos, las cantidades de fósforo inorgánico son superiores a las del fósforo orgánico. El fósforo inorgánico existe en el suelo como sales del ácido ortofosfórico, siendo clasificadas como fluoruro, oxi e hidroxifosfatos de hierro, calcio, magnesio y manganeso. (Hemmwall, 80).

Las fracciones de fósforo unidas al hierro y al aluminio, son características de los suelos altamente meteorizados, típicos de las áreas tropicales (Hsu y Jackson, 84; Blasco y Bohorquez, 31). En cambio, los fosfatos cálcicos predominan en suelos donde la meteorización química es comparativamente escasa, como ocurre en los suelos de la zona templada (Sen Gupta y Cornfield, 152; Morillo y Fassbender, 120).

El fósforo aprovechable es el retenido en la

superficie de los coloides del suelo (Duchaufour, 59). Esta fracción es pequeña en aquellos suelos donde predominan los sesquióxidos de hierro y aluminio y alófana, debido a la fijación que sufre el ión PO_4^- (Blanchet, 26; Hemmwall, 80; León y Coleman, 104). Esta disminución del fósforo a provechable es mayor en los suelos arcillosos ácidos que en los de textura franca o arenosa (Kelly y Midgler, 97; Muñoz y Fabregas, 123).

2.3.2 Fijación del fósforo

Según Fassbender (68), la fijación es un proceso por el cual los fosfatos solubles pasan a formas menos disponibles, a través de su reacción con las partículas orgánicas e inorgánicas del suelo. Se consideran como causas de fijación de fósforo: a.- precipitación de fosfatos de baja solubilidad, como la apatita ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), estrengita ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), variscita ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), etc., como resultado de la reacción del fosfato con los cationes. b.- adsorción superficial de iones fosfato a partículas coloidales del suelo.

En la fijación con los coloides inorgánicos del suelo, aparecen dos estados dentro de una misma reacción. En el primero de ellos la fijación del fósforo es realizada en forma rápida por el hierro y el aluminio intercambiables. En un segundo estado, la fijación es muy lenta de-

bido a que el fósforo tiene que reaccionar con el hierro y aluminio, liberados por la descomposición de los respectivos minerales (Hemmwall, 80).

Hay numerosos estudios que demuestran la fijación del fósforo por la fijación de la alófana (Fassbender, 65; Birrell, 24; Fassbender et al, 70; Fassbender y Molina, 69; León y Coleman, 104); la retención principalmente se realiza entre el fosfato y la alúmina de la alófana.

2.3.3 Estudios en Colombia

Pantoja (131), encontró que el contenido de fósforo total en los suelos pertenecientes a la región de clima medio nariñense es bajo, aproximadamente 525 ppm, apareciendo en forma inerte entre el 60 y 45% de esa cantidad. El contenido de fósforo orgánico es escaso representando alrededor del 14% del fósforo total y las cantidades del fósforo unido al hierro y al aluminio (100 ppm) duplican a las fracciones retenidas por el calcio.

En otros suelos colombianos del Valle del Cesar y Cauca (Tafur, 164; Blasco y Bohorquez, 31), encontraron que las cantidades de fósforo retenidos por el hierro eran más importantes que las retenidas por el aluminio o el calcio. En ambas áreas el fósforo orgánico representó

la mayor reserva fosforada de los suelos, representando entre el 20 y 30% del fósforo total. El fósforo inerte representó entre el 35 y 58% del fósforo total.

2.4 Generalidades del potasio

Los minerales que originan el potasio en el suelo son principalmente: feldespatos potásicos, moscovita y biotita (Kernan, 98; Tisdale y Nelson, 168; y Russell, 142). Arnold (13), bajo condiciones de laboratorio demostró que los feldespatos potásicos son los que más fácilmente reaccionan con el agua para liberar los iones potásicos, sin embargo, no ocurre igual en los suelos, ya que el feldespato está protegido por una capa contra la meteorización.

Los feldespatos vienen asociados al granito, poseyendo éstos de 4-5% de K_2O (Middelburg, 116; Rodríguez, 139). Arnold (13), considera que el potasio de la biotita es más accesible a las plantas que el de la moscovita, debido a la presencia de hierro ferroso que ayuda a una más rápida meteorización; similarmente se comporta la flogopita, aunque en este caso es el magnesio el que facilita la meteorización.

Resultados experimentales indican que el orden de asequibilidad del potasio para las plantas, dismi-

nuye en forma descendente: biotita, moscovita, feldespatos potásicos (Tisdale y Nelson, 168).

Según Ordoñez (129), en los suelos volcánicos de Nariño, la roca que mayor porcentaje de potasio presenta es la dacita por su gran contenido de biotita.

Entre los portadores secundarios del potasio están las micas y las más relacionadas con éstas son las illitas que contienen de 4-5% de K_2O , que al degradarse liberan el ión potasio que pasa a las posiciones de intercambio (Duchaufour, 59; Millot, 118; Sánchez et al, 146). Además de la illita, Tisdale y Nelson (168), señalan la vermiculita, las cloritas y minerales estratificados, como arcillosos que también pueden contener apreciables cantidades de potasio.

El papel específico del potasio en el crecimiento de las plantas, es estimular la acumulación de almidón. Esta es una de las razones de que las plantas que forman grandes órganos de reserva como las papas necesiten tanto potasio (Worthen y Aldrich, 180).

Blasco y Bohorquez (32), en un estudio sobre la composición química del Ramio (Boehmeria nivea L.), encuentran que el potasio es el elemento más abundante en los tallos, viniendo siempre asociado con el porcentaje de fibra.

Trabajos efectuados por Bernsthein y Okanenko (22), en cultivos en arena con remolacha azucarera, demuestran que excluyendo el potasio decreció la intensidad de la fotosíntesis, incrementó la intensidad de la respiración y decreció el porcentaje de azúcar de 10-30%. Al comienzo del período vegetativo, la deficiencia de potasio, aumentó rápidamente la concentración de fósforo inorgánico en los ésteres de azúcar y en los nucleótidos, pero disminuyó la alta energía del fósforo en las raíces. Lo contrario ocurrió al final del período vegetativo.

Shaw (153), encuentra que la fertilización potásica incrementa el porcentaje de sucrosa en la caña de azúcar. Por otra parte, Senenenko y Krasil'nikova (151), anotan que una aplicación conjunta de NPK al suelo, después de arar aumentó la concentración de ácido ribonucleico y proteínas en los cloroplastos, mitocondrias y microsomas de las hojas de trigo, papa y remolacha.

Además, afirma Russell (142), que en los suelos con suministro inadecuado de potasio, las plantas tratan de tomar mucho más nitrógeno, lo cual provoca el vaneamiento, debilidad y volcamiento.

Bucknan y Brady (48), destacan su importancia en la formación del grano de los cereales, produciendo semillas densas y voluminosas.

Según Albareda et al (6), el potasio permanece en la planta en forma de sales inorgánicas solubles, aunque es posible que se encuentre también en forma de sales orgánicas. Como funciones cita a las siguientes: afecta directamente a la actividad de la diastasa, a la síntesis del almidón, grasas y proteínas, asimilación de nitrógeno en forma de nitrato, actividad meristemática (apical y cambium) por influir en la división celular y neutralización de ácidos orgánicos (Fujiwara e Iida, 73).

Wilcox y Townsend (176), sostienen que en los vegetales el 70% del potasio permanece libre en el jugo celular y solamente el 30% se halla asociado con las proteínas.

2.4.1 Relación del potasio con otros elementos

Wallace (citado por Albareda et al., 7), estudió la influencia del sodio en el crecimiento de la alfalfa, encontrando que cuando el potasio es bajo el sodio da lugar a un aumento de producción de la planta. En diversas investigaciones (Buckman y Brady, 48; Lehr, 103; Hernandez et al, 81), se ha demostrado que el sodio puede reemplazar parcialmente al potasio en el desarrollo de algunas plantas, principalmente remolacha y apio.

Koter y Warcholowa (102), observaron que la aplicación de sulfato de sodio aumentó la producción en al

gunas plantas, y redujo la severidad de la deficiencia de potasio. Sin embargo, Hamer (citado por Albareda et al, 5), sostiene que en ausencia de potasio el sodio es incapaz de asumir las funciones de éste, aunque hay algunas plantas que cuando el potasio es insuficiente se beneficia mucho con el sodio.

Existe una estrecha relación entre el potasio y el rubidio, lo cual se debe a igualdad de carga iónica y tamaño similar ($1,33 \overset{\circ}{\text{Å}}$ y $1,44 \overset{\circ}{\text{Å}}$), por lo cual el rubidio es aceptado en las estructuras de los minerales potásicos, la lepidolita, microclina, biotita y moscovita (Rodríguez, 139). Según afirma Smierczalsk (156), el rubidio 86 de propiedades químicas similares a las del potasio fue elegido por muchos investigadores como trazador para el potasio. este autor cita a Evans y Barber, Graham, Bryce, Kozák, Mokdy et al y muchos otros, quienes han llevado a cabo un gran número de experimentos con rubidio 86 en lugar del potasio.

Murphy et al (124), tratando del rubidio como reemplazo del potasio, manifiestan que hay una función del potasio en la producción de semillas que el rubidio no reemplaza. Con bajas relaciones K/Rb se forman las flores pero no los frutos.

Según Rodríguez (139), se ha observado también la relación entre el potasio y el uranio en algunos suelos

volcánicos, produciéndose un enriquecimiento progresivo de potasio y uranio, a medida que progresa la cristalización magnética.

2.4.2 Antagonismo del potasio con otros elementos

Según Albareda et al (7), el potasio dificulta la absorción de calcio, y éste a su vez produce una disminución de la asimilación del hierro, mostrándose la planta clorótica. El mismo autor cita a York, quien encontró una disminución de potasio con el aumento de grado de saturación del suelo en calcio, en experimentos realizados con alfalfa. Este mismo efecto fue observado por Sánchez et al (146) y Tincknell et al (167).

Además Martini (115), estudiando el problema del encalado en suelos del trópico, indica que éste induce deficiencias de potasio, debido a un desbalance catiónico entre este elemento y el calcio y magnesio, y a un exceso de saturación del complejo de cambio con calcio y magnesio.

Albareda et al (7), anotan que a medida que aumenta el potasio en la solución nutritiva disminuye el magnesio asimilado. Además, al aumentar el potasio de la solución disminuye el fósforo asimilado por la planta, com-

portamiento que se repite para el calcio y el magnesio.

En cuanto al antagonismo K y NH_4 , Barker y Maynard (18), consideran que estos iones son químicamente si milares pero tienen efectos enteramente diferentes en el metabolismo de las plantas. El NH_4 podría ser usualmente disminuído por la fertilización del ión potasio. Este mis mo efecto fue encontrado por Tromm (169), en experimentaciones que hizo en cultivos de trigo.

2.4.3 Fijación del potasio

Según Kaila (94), la capacidad de un suelo para fijar potasio, dependerá del contenido de ciertos mine rales capaces de atrapar este ión en forma no intercambiable.

La estructura de los minerales de arcilla es im portante por ser la clave de la fijación del potasio. De bido a su radio iónico $1,33 \overset{0}{\text{\AA}}$, el potasio se sitúa entre los paquetes estructurales y queda retenido con mayor o me nor fuerza, según el grado y clase de sustitución isonórfica en las porciones tetraédricas u octaédricas (Rodríguez, 139; Norrish, 129).

De las arcillas, la caolinita presenta bajas capacidades de fijación de potasio, mientras la illita,

vermicullita y montmorillonita tienen mayor poder de fijación (Siew, 154). Según Buckman y Brady (48), la montmorillonita y minerales similares fijan este elemento sólo cuando el suelo está seco. Bajo condiciones de humedad la fijación, al parecer, está relacionada con minerales de mica tales como la illita y vermicullita (Page et al, 130).

MacLean (108), estudiando algunos suelos del Canadá, encontró que en suelos donde domina la vermicullita, la fijación del potasio ocurrió en un 90,8%, mientras suelos caoliníticos fijaron 27,7%.

La fijación de NH_4 y potasio en los suelos tienen características similares. La fijación previa de potasio o amonio produce efecto depresivo en la subsiguiente fijación del otro, (Chaminade y Drouineau, 56; Joffe y Levine, 90; Barshad, 19; Ayres, 16; Reitemeier, 135). Por este motivo, Barshad (19) y Allison y Roller (11), definieron N-NH_4 fijo como el adsorbido por el suelo que no es reemplazable por soluciones conteniendo potasio.

✓ Reeuwijk y De Villiers (134), estudiando la fijación de potasio por geles aluminosilicatados amorfos, encuentran un marcado incremento en la capacidad de fijación de potasio como resultado de secamiento de los geles saturados de potasio. El secamiento, presumiblemente, aumentó la rigidez de los canales en las estructuras de los

geles, lo cual impidió el paso de cationes de radio iónico

Joffe y Levine (90), Joffe y Kolodny (85), Aslander y Armolik (15), Barbier (17) y Chaminade (55), indican que la adición de materia orgánica a los suelos impide la fijación del potasio, debido a sus efectos solubilizantes.

2.4.4 Formas de potasio

El potasio se presenta en el suelo en distintas formas que van de totalmente inasequibles a las plantas, hasta solubles en agua. En los distintos estudios realizados en suelos colombianos (Bohorquez, 36; Durán, 60; Tafur, 164; García, 75; Ordoñez, 129), se han propuesto y estudiado las siguientes formas: total, estructural, total no intercambiable, no intercambiable más soluble, intercambiable y soluble en agua.

Dentro del potasio total estudiaron: el potasio soluble en agua, que es una fracción que está en la solución del suelo, bajo condiciones normales de capacidad de campo.

El potasio intercambiable, es la fracción retenida en las caras externas de las arcillas y está en posición de intercambio con otros iones como el calcio, magnesio y sodio.

El potasio no intercambiable total, o potasio fijo, se encuentra retenido entre las láminas de las arcillas y no entra en el complejo o capacidad de cambio de los suelos. Dentro de esta fracción existe la forma de potasio más soluble que puede estar dentro del túnel que forman las dos capas más externas de las arcillas, por lo cual es extraíble fácilmente. Es importante esta fracción ya que dentro del equilibrio dinámico pasa rápidamente a potasio intercambiable.

Finalmente, está el potasio estructural, o fracción compleja que forma parte de los cristales de los minerales primarios y secundarios. Su cantidad es mayor a medida que domina en el suelo la illita debido a que el potasio actúa como balanceador de estas arcillas.

Parece existir un equilibrio entre las diferentes formas de potasio, por lo cual Kauffman y Bouldin (96), consideran en equilibrio constante el paso de potasio intercambiable a la fase líquida ya que se efectúa rápidamente.

Las fracciones de potasio intercambiable y soluble en agua son las más asequibles a las plantas (Rouse, 140; Hogg, 82; Schuffelen y Vonder Marel, 150; Sutton y Seay, 161), sin embargo, pueden tomarlo de las formas fijas cuando son deficientes las formas anteriores (Siew, 154;

Arnold y Close, 14; Welte y Niedervudde, 178). A este respecto, Tabatabai y Hanway (163), en investigaciones realizadas recientemente en Iowa, encontraron que el potasio no intercambiable tomado por las plantas se vió incrementado en un promedio de 19,1 mg. por cada aumento de 1mg. de potasio intercambiable presente en los suelos.

Conyers y MacLean (52), consideran que la liberación del potasio fijo a la intercambiable es muy lenta y condicionado a factores que hagan posible la apertura de los espacios interlaminares, o la abundancia de illita en la fracción arcillosa; así como también la meteorización de los minerales potásicos proveniente de las raíces de las plantas.

2.4.5 Investigaciones en Colombia

Las distintas fracciones del potasio en el suelo han sido estudiadas en diversas regiones colombianas: Amazonas, Cesar, Guajira, Valle y Nariño (Blasco, 28; Tafur, 164; Durán, 60; Bohorquez, 36; Ordoñez, 129; García, 75).

En general, se ha observado que los mayores contenidos de potasio corresponden a la Guajira, posiblemente debido a la escasa meteorización de sus suelos. Así mismo, se ha demostrado que los suelos volcánicos tienen

abundancia de potasio intercambiable.

Los suelos del Terciario amazonense, son los de menor contenido de potasio debido a su avanzado estado pedogenético.

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Muestreo.- La presente investigación se realizó en las ocho unidades de suelos delimitadas por Manjarrés y Marín (111), localizadas en las siguientes regiones del Valle de Sibundoy: Diviso, Carolina, Santiago, Garzón, San Antonio, El Carmen, San Pedro, San Francisco, Machoy, Puente Putumayo, Balsayaco, San Andrés, Colón, Sibundoy, Hidráulica, Vichoy, Salvador, Las Cochas, Fábrica de Menta, Secayaco, ^{Balsayaco} La Misión, Tinchoy y Laguna Las Cochas. En estas áreas se tomaron muestras, en la primera y segunda capas de los suelos bajo condiciones de pradera, cultivo y pantano. Los sitios de muestreo aparecen señalados en las Figuras Nos. 2 y 3.

Las distintas muestras representativas se tomaron haciendo una mezcla de los diferentes cateos, realizados en cada una de las unidades identificándoselas con el nombre del lugar, localizado en el sitio de la recolección (Apéndice No. 2). Las muestras se llevaron al laboratorio, utilizando bolsas de polietileno; se secaron al aire y se pasaron a través de un tamiz de 2 mm. guardándose después en frascos de vidrio.

3.2 Métodos

Los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Suelos del Departamento de Química y Geología del Instituto Tecnológico Agrícola de la Universidad de Nariño.

3.2.1 Análisis físico-químico de caracterización general

3.2.1.1 Humedad.- Se determinó por el método de permanencia del suelo en estufa a 105°C, durante 24 horas (Silva et al, 155).

3.2.1.2 Color del suelo.- Se determinó en el campo bajo condiciones de humedad y en el laboratorio, en las mismas muestras secas al aire. Se identificó el color por medio de la carta de colores Munsell (122).

3.2.1.3 Textura.- Después de secar las muestras al aire, de molerlas con rodillo y pasarlas por un tamiz No. 10 de 2 mm.; se determinó la textura por el método del Hidrómetro de Bouyoucus (41).

3.2.1.4 Reacción del suelo.- El pH se determinó mediante un potenciómetro tipo Beckman H-2, utilizando una mezcla suelo: agua 1:1 (Silva et al, 155).

3.2.1.5 Carbono orgánico.- Se procedió según el método de Walkley y Black (174).

3.2.1.6 Materia orgánica.- Se calculó multiplicando el porcentaje de Carbono orgánico por el factor 1,724 (Jackson, 88).

3.2.1.7 Relación Carbono- Nitrógeno.- Se obtuvo dividiendo el porcentaje de carbono orgánico por el porcentaje de nitrógeno.

3.2.1.8 Capacidad catiónica de cambio.- Se determinó por el método de acetato de amonio normal y neutro descrito por Schollemberger y Simon (Jackson, 88).

3.2.1.9 Cationes intercambiables.- Calcio, potasio, magnesio y sodio: por medio del espectrofotómetro de llama Coleman, según lo indicado por Jackson (88).

3.2.1.10 Aluminio de cambio.- Se lo determinó por el método de Yuan descrito por Duchaufour (55).

3.2.1.11 Hierro de cambio.- Se empleó el método de la ortofenaltrolina descrito por Saiz y Barnemisza (144).

3.2.2 Fraccionamiento del nitrógeno

3.2.2.1 Nitrógeno total.- Se determinó siguiendo el método de Kjeldhal modificado, mediante oxidación

del material nitrogenado, llevando a digestión con ácido sulfúrico concentrado y posterior destilación con hidróxido de sodio al 40% y colección del N-NH_3 en una solución de ácido bórico al 4%. Luego se valora el amoníaco del destilado con ácido sulfúrico 0,01 N (Bremner, 42; Cornfield, 53).

3.2.2.2 Nitrógeno inorgánico.- Se procedió según el método de Bremner (42), agitando 5 g. de suelo con 100 ml. de la mezcla extractora $\text{HCl N} : \text{HF N}$ durante 24 horas. Se filtra, se recoge unos 25 ml. que se neutralizan añadiendo cuidadosamente NaOH 2 N , usando un potenciómetro Beckman para determinar el pH.

Los 25 ml. neutralizados se los lleva a destilación agregándole 50 ml. de borato amortiguando más agua destilada hasta completar un volumen total de 300 ml. El destilado se recoge en ácido bórico al 1% que se titula con ácido clorhídrico 0,01 N, usando como indicador el rojo de metilo y azul de metileno.

3.2.2.3 Nitrógeno orgánico.- Se lo obtiene por sustracción entre la determinación del nitrógeno total y el nitrógeno inorgánico de los suelos (Blasco, 29).

3.2.2.4 Nitrógeno intercambiable.- (H-NH_4 intercambiable). Se siguió la marcha analítica propuesta

por Blasco y Cornfield (34), procediéndose a agitar por 24 horas, 5 g. de suelo con 100 ml. de $\text{Cl}_2\text{Ca N}$. Luego se filtra y neutraliza unos 25 ml. con NaOH 2 N , procediéndose a la destilación, igual a lo indicado en el procedimiento del nitrógeno inorgánico.

3.2.2.5 Nitrógeno nativo fijo.- (N-NH_4 nativo fijo). Se lo obtiene mediante la diferencia entre el nitrógeno inorgánico y el nitrógeno intercambiable (Blasco, 29).

3.2.2.6 Nitrógeno amoniacal.- (N-NH_3). Logrado por el método de microdifusión realizado por Bremner y Shaw, (46). Se procedió a agitar 5 g. de suelo con 25 ml. de una solución de ClNa N durante 15 minutos, filtrándose a continuación. Se tomó una alícuota de 5 ml. del extracto que se pipetea en la celda exterior de la Cámara de Conway mezclándolos con 3 ml. de una suspensión de MgO al 12% agregando previamente en la celda interior 2 ml. de ácido bórico al 2%. Se cierra la Cámara dejándola en reposo por 48 horas al cabo de las cuales se titula la celda que contiene el ácido bórico, con ácido clorhídrico 0,01 N usando el rojo metil azul de metileno como indicador.

3.2.3 Fraccionamiento del fósforo

Para realizar el fraccionamiento del fósforo se utilizó el método de Chang y Jackson (57), con las respec

tivas modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (152), para las fracciones de fósforo unidas al calcio.

Para el fraccionamiento se procedió así:

3.2.3.1 Fósforo fácilmente reemplazable.- Se tomó un gramo de suelo, se le añadieron 50 ml. de cloruro de amonio normal y se llevó a agitación por 30 minutos.

3.2.3.2 Fósforo unido al calcio no apatítico.- El suelo residual se lo trató con 50 ml. de ácido acético 0,5 N y se lo sometió a agitación por una hora.

3.2.3.3 Fósforo unido al aluminio.- El suelo residual antes de esta determinación se lo lavó con agua destilada y se procedió luego a centrifugarlo. Después de esta operación, se le adicionaron 50 ml. de fluoruro de amonio 0,5N y se agitó durante una hora.

3.2.3.4 Fósforo unido al hierro.- Con una solución saturada de cloruro de sodio, se procedió a lavar el suelo residual y se sometió a agitación durante un tiempo de 17 horas con 50 ml. de hidróxido de sodio 0,1 N; mediante floculación con unas gotas de ácido sulfúrico concentrado, se removió la materia orgánica presente en el extracto alcalino.

3.2.3.5 Fósforo unido al calcio apatítico. Al suelo residual, se lo trató con 50 ml. de ácido sulfúrico 0,5N y por medio de agitación y centrifugación se extrajo esta fracción de fósforo.

3.2.3.6 La determinación del fósforo orgánico, se llevó a cabo por el método de ignición de Saunders y Williams (148), según el procedimiento siguiente: se pesó un gramo de suelo y se lo depositó en un tubo de centrífuga, se agitó con 50 ml. de ácido acético N por un tiempo de 5 minutos luego se centrifugó. El líquido sobrenadante se decantó y el suelo residual se trató con 50 ml. de ácido sulfúrico 0,2N se agitó durante 30 minutos y se filtró a través de papel filtro SS - cinta azul, se procedió en seguida a lavar con agua destilada. El suelo lavado se lo sometió a ignición por un tiempo de dos horas a una temperatura de 550 grados centígrados. Se dejó enfriar para luego añadirle 10 ml. de ácido sulfúrico 0,2N, por 30 minutos. Se filtró y se tomó una cantidad de líquido para la lectura correspondiente. Para las lecturas se utilizó un Colorímetro Coleman universal.

3.2.3.7 Fósforo total.- Se utilizó el método de Jackson (88), por medio de fusión con carbonato de sodio.

3.2.3.8 Fósforo inerte.- Se obtuvo mediante el cálculo restando el fósforo total de la suma de las fracciones inorgánicas más el fósforo orgánico.

3.2.3.9 Fósforo aprovechable.- Se lo determinó mediante el método de Bray I descrito por Saiz y Bornemisza (144).

3.2.4 Fraccionamiento del potasio

3.2.4.1 Potasio total.- Siguiendo el método descrito por Jackson y Sherman (87). Un gramo de suelo se colocó en un crisol de platino; luego se humedeció el suelo con unas gotas de ácido sulfúrico 18N; a continuación se añadió 1 ml. de ácido perclórico y 5 ml. de ácido fluorhídrico del 48%. El crisol se tapó con un vidrio de reloj dejando una pequeña abertura para que los vapores salgan libremente, calentándose a una temperatura de 200 - 225° centígrados hasta sequedad mediante ebullición constante. El procedimiento anterior se repitió tres veces, colocándose a continuación gotas de ácido sulfúrico 18N y calentando hasta producir humos. El crisol se dejó enfriar, adicionando luego 5 ml. de ácido clorhídrico 6N y 15 ml. de agua destilada. El crisol se pasó a una plancha caliente hasta que la mezcla hirvió. Luego se dejó enfriar, se filtró y se llevó a volumen conocido, leyéndose la extinción de color en un espectrofotómetro Coleman.

3.2.4.2 Potasio soluble en agua.- Para esta determinación se siguió el método descrito por MacLean (109), ligeramente modificado: se usó la relación suelo/agua 1:4, agitando por dos horas y manteniéndose a continua ción en reposo por 16 horas. Se filtró y se llevó a volumen conocido quedando listo para su lectura en el espectrofotómetro.

3.2.4.3 Potasio intercambiable.- Se siguió la técnica descrita por Schollerberger y Simon (149), método común de extracción con acetato de amonio normal y meutro.

3.2.4.4 Potasio intercambiable (ácido nítrico 0,1N): se procedió de acuerdo a la técnica empleada por Haylock (79), con modificación según MacLean (108): a 5 gramos de suelo colocados en un vaso de precipitación se agregaron 50 ml. de ácido nítrico 0,1N, manteniéndose en reposo durante la noche, filtrando y llevando a volumen conocido, leyéndose posteriormente en el espectrofotómetro.

3.2.4.5 Potasio no intercambiable

A.- Total.- El filtro con el suelo utilizado en la extracción anterior, se pasó a un vaso de precipitados agregando 50 ml. de ácido nítrico 1N, llevando a abu-

llición durante 10 minutos, luego se lleva a volumen conocido y se lee. Sobre el mismo filtro se volvió a repetir la extracción anterior, tres veces más consecutivamente. Según MacLean (108), la suma de las cuatro extracciones e quivale al potasio no intercambiable total.

B.- Fracción más soluble del potasio no intercambiable.- Según MacLean (108), y de acuerdo al procedimiento anterior, la suma de las extracciones 1 y 2 menos la suma de las extracciones 3 y 4, representa la fracción más soluble del potasio no intercambiable.

3.2.4.6 Lixiviación del potasio.- Se procedió de acuerdo a la sugerencia hecha por Garman (76), ligeramente modificada: 10 grs. de suelo se colocaron en un embudo provisto de papel filtro Whatman No. 1. Diariamente y por espacio de 10 días se adicionaron 100 ml. de ácido clorhídrico 0,01N, determinando diariamente en la fracción lixivada, la cantidad de potasio, por medio del espectrofotómetro.

3.2.4.7 Fracción del potasio estructural.- La diferencia entre el potasio total y la suma de las fracciones intercambiables y no intercambiable obtenidas con ácido nítrico, produce como resultado la fracción del potasio estructural. (") Además, se determinó el sodio total, siguiendo la misma técnica del potasio total.

(") Comunicación personal de M. Blasco L.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Generalidades de los suelos estudiados ✓

En las tablas II a XIV se encuentran los resultados de las características físico-químicas más importantes de los suelos estudiados. Según los datos encontrados la textura predominante es franca o franco limosa. No obstante, debe recordarse (Swindale, 162; Forsythe et al, 72; Youngberg y Dyrness, 182), que los suelos volcánicos son difíciles de dispersar. Una dispersión adecuada muy probablemente aumentará el porcentaje de las arcillas.

El principal problema físico de los suelos del Valle de Sibundoy, concordando con lo expresado por Bastidas y Jácome (20), es su alto nivel freático ocasionado por el mal drenaje, lo cual acarreará necesariamente problemas de aireación.

Al igual que lo encontrado en otras áreas volcánicas (Swindale, 162; Flach, 71; García, 75; Pantoja, 131; Molina, 119; y Ordoñez, 129), la reacción del suelo se aproxima a 5,5, presentándose algunas excepciones que corresponden a depósitos recientes coluvio-aluviales. En general, el contenido de materia orgánica y nitrógeno total son altos. La relación C/N es variable, pero con alguna tendencia a ser estrecha.

La capacidad catiónica de cambio es muy variable. Debe tenerse en cuenta (Bornemisza y Fuentes, 38), que la determinación de la capacidad catiónica de cambio con el acetato de amonio, puede estar influida por la adsorción física del reactivo por la alófana.

En cuanto a las bases cambiables (descartando el potasio que se discutirá más adelante), se puede decir que presentan cantidades de bajas a muy bajas para calcio, magnesio y sodio, mientras que las cantidades correspondientes al aluminio y hierro son normales dentro de este tipo de suelos.

4.2 Nitrógeno

Los resultados obtenidos de las distintas fracciones del nitrógeno se presentan en las tablas XV a ~~XIX~~ y sus contenidos máximos promedios y mínimos en las tablas XX a XXII. En las figuras 4 a 8 se muestran los promedios de las fracciones de nitrógeno, bajo condiciones de pradera, cultivo y pantano.

4.2.1 Nitrógeno total.- El promedio del nitrógeno total en la primera capa fue de 5.349,40; 6.758,78 y 9.257,82 ppm para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. En la segunda capa, los promedios encontrados fueron de 2.341,28; 3.612,41 y 9.554,48

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA (primera capa)

Nombre de la muestra	Prof.en cms.	Humedad , %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
DIVISO	0 - 50	21,20	10YR-4/3	10YR-2/2	30,98	10,12	58,90	F - L +
CAROLINA	0 - 20	10,37	10YR-5/3	7.5YR-3/2	36,98	19,39	43,63	F
SANTIAGO	0 - 20	8,57	10YR-5/3	10YR-3/4	38,31	18,39	43,30	F
GARZON	0 - 35	27,58	10YR-4/2	10YR-2/2	43,31	17,12	39,59	F
SAN ANTONIO	0 - 40	29,05	10YR-4/2	7.5YR-3/2	41,98	19,12	38,90	F
EL CARMEN	0 - 20	19,49	2.5YR-5/2	10YR-3/3	32,31	34,12	33,57	F - Ar
SAN PEDRO	0 - 15	18,57	10YR-5/3	7.5YR-3/2	55,31	14,12	30,57	F - A
SAN FRANCISCO	0 - 15	5,90	2.5Y-5/2	10YR-2/2	49,98	13,12	36,90	F - A
MACHOY	0 - 30	8,40	10YR-6/3	10YR-4/3	21,31	16,12	62,57	F - L
PUENTE PUTUMAYO	0 - 35	5,30	5Y-5/2	10YR-3/1	31,31	36,12	32,57	F - Ar
BALSAYACO	0 - 35	4,56	10YR-6/3	10YR-3/3	39,31	12,12	48,57	F

+ F = Franco; A = Arenoso; Ar = Arcilloso; L = Limoso.

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (primera capa)

Nombre de la muestra	Prof.en cms.	Humedad %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
SAN ANDRES	0 - 50	30,26	10YR-3/3	2.5Y-2/0	38,32	15,12	46,56	F.
COLON	0 - 20	18,13	2.5YR-6/2	10YR-3/3	40,62	18,43	40,95	F
SIBUNDOY	0 - 40	15,32	10YR-3/3	5YR-2/2	40,88	7,39	51,73	F - L
HIDRAULICA	0 - 35	16,67	10YR-4/4	7.5YR-3/2	15,62	23,38	61,00	F - L
VICHOY	0 - 25	20,21	10YR-5/4	10YR-3/4	30,68	13,12	56,00	F - L
SALVADOR	0 - 40	24,76	10YR-5/4	10YR-3/3	25,61	18,12	56,27	F - L
LAS COCHAS	0 - 40	13,72	2.5Y-5/2	10YR-3/3	16,16	25,12	58,27	F - L

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (segunda capa)

Nombre de la muestra	Prof. en cms.	Humedad %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
SAN ANDRES	50 - X ⁺⁺	26,17	10YR-5/3	10YR-3/4	25,72	16,69	57,59	F - L.
COLON	20 - 45	11,92	10YR-6/3	10YR-4/4	33,23	25,69	41,08	F
SIBUNDOY	40 - 70	10,24	10YR-4/2	10YR-3/2	16,00	37,68	46,32	F-rr-L
HIDRAULICA	35 - 80	11,71	10YR-5/4	10YR-3/3	24,64	33,39	41,97	F - rr
VICHAY	25 - 60	9,70	10YR-5/3	10YR-3/4	25,31	15,12	59,57	F - L
SALVADOR	40 - 70	26,62	10YR-5/3	10YR-4/4	35,33	21,69	42,98	F
LAS COCHAS	40 - 85	9,88	10YR-5/2	10YR-2/2	9,64	43,39	46,97	rr-L

⁺⁺ Profundidad a mas de 90 cms.

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE P. INTANO

(primera capa)

Nombre de la muestra	Prof. en cms.	Humedad %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
FABRICA DE MENTA	0 - 15	27,57	7.5YR-3/2	5YR-2/1	58,00	5,69	36,31	F-A.
SECAYACO	0 - 15	7,28	10YR-6/3	10YR-3/3	23,98	12,12	63,90	F-L
BALSAYACO	0 - 10	11,01	2.5Y-5/2	10YR-3/2	26,98	37,12	35,90	F-Ar
LA MISION	0 - X ⁺⁺	19,08	10YR-4/3	5YR-3/1	44,31	21,39	44,30	F
TINCHOY	0 - X	24,34	10YR-5/2	10YR-2/2	29,31	23,12	47,57	F
LAGUNA LAS COCHAS	0 - X	4,19	2.5YR-5/2	5Y-3/1	9,61	19,12	71,27	F-L

(segunda capa)

FABRICA DE MENTA	15 - X	20,55	10YR-2/2	5YR-2/1	78,61	7,83	13,56	A-F
SECAYACO	15 - X	16,33	5Y-6/3	2.5YR-4/4	2,31	35,12	62,57	F-Ar-L
BALSAYACO	10 - X	13,52	10YR-4/2	10YR-2/2	25,31	26,12	48,57	F

⁺⁺ Profundidad a mas de 90 cms.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA (primera capa)

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. m.e./ 100 g.	Bases cambiables en p.p.m.					
							K	Ca	Mg	Na	Al	Fe
DIVISO	5,3	4,7	0,75	8,1	6,3	39,9	166,6	266,4	66,3	15,7	89,3	8,0
CAROLINA	5,4	3,1	0,68	5,3	4,5	40,2	153,4	507,7	100,6	9,9	86,3	11,9
SANTIAGO	5,4	1,8	0,45	3,1	4,0	30,0	205,9	390,8	99,0	12,5	112,2	25,4
GARZON	5,6	3,8	0,75	6,5	5,1	36,8	293,4	229,6	77,5	10,8	43,6	15,3
SAN ANTONIO	5,3	4,5	0,79	7,7	5,7	30,5	274,2	916,2	227,5	12,9	55,7	19,7
EL CARMEN	5,2	3,8	0,68	6,5	5,6	31,0	224,0	573,5	159,8	14,9	164,3	15,0
SAN PEDRO	5,5	2,4	0,40	4,1	6,0	16,4	207,5	343,8	100,9	5,9	82,1	6,4
SAN FRANCISCO	5,3	3,2	0,55	5,5	5,8	25,5	127,0	804,8	149,3	9,0	91,4	6,7
MACHOY	5,5	1,7	0,32	2,9	5,3	23,5	78,6	411,9	93,6	17,3	112,0	16,2
PUENTE PUTUMAYO	7,7	1,8	0,17	3,1	10,5	15,3	93,4	2369,2	147,2	14,7	9,1	6,0
BALSAYACO	5,5	1,1	0,28	1,9	3,9	14,8	49,6	606,4	127,1	10,4	59,2	38,2

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA (segunda capa)

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. m.e. / 100 g.	Bases cambiables en p.p.m.					
							K	Ca	Mg	Na	Al	Fe
DIVISO	5,6	4,5	0,47	7,7	9,5	19,4	43,8	70,2	25,6	6,4	30,5	12,6
CAROLINA	5,6	1,3	0,28	2,2	4,6	24,8	54,3	108,7	39,6	3,3	46,9	22,8
SANTIAGO	5,7	1,2	0,19	2,1	6,3	20,8	105,5	367,9	118,4	10,8	121,6	44,1
GARZON	5,7	3,0	0,37	5,2	8,1	33,9	150,2	135,0	40,2	10,4	37,5	27,2
SAN ANTONIO	5,8	2,5	0,28	4,3	8,9	21,1	155,5	622,2	173,5	9,1	64,6	7,4
EL CARMEN	5,4	1,4	0,18	2,4	7,8	19,4	70,9	262,7	51,1	6,8	120,9	25,8
SAN PEDRO	5,6	1,7	0,17	2,9	10,0	13,4	121,1	189,6	60,2	4,2	82,4	16,4
SAN FRANCISCO	7,2	0,8	0,13	1,4	6,1	13,5	40,9	1309,6	99,5	8,2	43,2	17,6
MACHOY	5,6	0,6	0,14	1,0	4,3	15,4	60,5	336,6	121,5	12,6	81,3	24,6
PUENTE PUTUMAYO	7,5	1,6	0,17	2,7	9,4	16,3	80,8	1961,6	23,0	15,1	17,8	16,6
BALSAYACO	5,4	0,9	0,14	1,5	6,4	17,0	65,7	525,7	147,0	7,8	100,2	15,7

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (primera capa)

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. m.e./ 100 g.	Bases cambiables en p.p.m.					
							K	Ca	Mg	Na	Al	Fe
SAN ANDRES	5,5	4,8	0,79	8,3	6,1	43,3	156,3	547,0	245,5	9,1	66,7	33,9
COLON	5,4	1,6	0,41	2,7	3,9	29,1	242,5	1110,4	119,2	7,6	20,2	10,3
SIBUNDOY	5,1	8,3	1,25	14,3	6,6	53,7	153,5	622,7	98,1	19,0	119,2	11,2
HIDRAULICA	5,2	5,6	0,87	9,6	6,4	52,8	536,7	548,3	390,1	21,5	39,8	7,0
VICHOY	5,6	2,6	0,52	4,5	5,0	32,3	105,2	853,5	138,8	25,2	103,7	20,1
SALVADOR	5,2	2,8	0,35	4,8	8,0	26,6	271,3	523,9	151,7	14,9	86,3	6,7
LOS COCHES	5,9	3,8	0,50	6,5	7,6	35,3	167,7	2433,6	193,6	17,0	19,4	5,8

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (segunda capa)

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. m.e./ 100 g.	Bases cambiables en p.p.m.					
							K	Ca	Mg	Na	Al	Fe
SAN ANDRES	5,7	4,0	0,47	6,9	8,5	51,7	94,6	176,6	69,0	7,6	21,5	27,2
COLON	5,6	1,8	0,14	3,1	12,8	26,7	240,6	805,8	268,1	1,2	67,4	11,1
SIBUNDOY	5,5	2,9	0,44	5,0	6,6	30,0	99,2	374,8	120,6	13,7	152,6	13,5
HIDRAULICA	5,5	1,9	0,25	3,3	7,6	18,9	139,6	245,7	95,1	7,8	115,4	23,1
VICHOY	5,4	2,4	0,34	4,1	7,0	31,1	131,6	713,0	153,4	23,6	94,6	20,7
SALVADOR	5,4	1,9	0,26	3,3	7,3	20,8	85,4	557,1	115,5	10,1	130,9	60,7
LAS COCHAS	5,6	4,3	0,60	7,4	7,1	35,0	153,8	1736,1	164,3	18,6	28,6	16,4

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

(primera capa)

Nombre de la muestra	pH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. m.e./ 100 g.	Bases cambiables en p.p.m.				
							K	Ca	Mg	Na	Al
FABRICA DE MENTA	5,0	16,9	2,20	29,1	7,7	90,1	433,7	2143,2	341,3	34,4	88,3
SECAYACO	5,3	3,7	0,55	6,4	6,7	35,8	246,7	986,9	293,5	36,4	32,7
BALSAYACO	5,1	4,6	0,63	7,9	7,3	41,6	191,5	1221,1	211,9	18,8	76,8
LA NISTON	5,2	7,9	1,08	13,6	7,3	52,7	223,2	928,8	293,9	36,9	113,4
TINCHÓY	5,3	7,1	0,90	12,2	7,9	53,4	177,1	1106,6	291,8	16,7	112,8
LAGUNA LAS COCHAS	7,4	0,9	0,16	1,5	5,6	18,8	104,2	2509,5	168,5	15,6	17,8

(segunda capa)

FABRICA DE MENTA	5,1	14,1	1,94	24,3	7,3	89,3	216,3	1928,8	285,8	30,1	104,0
SECAYACO	5,7	1,4	0,12	2,4	11,6	17,4	95,9	628,2	212,2	11,6	110,8
BALSAYACO	5,3	8,2	0,79	14,1	10,3	49,0	192,9	1055,7	207,0	18,7	157,1

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS
CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

CARACTERISTICAS QUIMICAS	Primera capa		Segunda capa	
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo Promedio Mínimo
Reacción del suelo	7,7	5,6	5,2	7,5 5,9 5,4
Carbono Orgánico %	4,7	2,9	1,1	4,5 1,7 0,6
Nitrógeno Total %	0,79	0,53	0,17	0,47 0,23 0,13
Materia Orgánica %	8,1	4,9	1,9	7,7 3,0 1,0
Relación C/N	10,5	5,7	3,9	10,0 7,4 4,3
Capacidad de cambio m.e./100g.	40,2	27,6	14,8	33,9 19,5 13,4
Potasio de cambio p.p.m.	293,4	170,7	49,6	155,5 87,0 40,9
Calcio de cambio p.p.m.	2369,2	425,5	229,6	1961,6 535,4 70,2
Magnesio de cambio p.p.m.	227,5	122,6	66,3	173,5 81,7 23,0
Sodio de cambio p.p.m.	17,3	12,1	5,9	15,1 8,6 3,3
Aluminio de cambio p.p.m.	164,3	82,3	9,1	121,6 67,9 17,8
Hierro de cambio p.p.m.	38,2	15,3	6,0	44,1 20,9 7,4

CONTENIDOS MÁXIMO, PROMEDIO Y MÍNIMO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS
CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Reacción del suelo	5,9	5,4	5,1	5,7	5,5	5,4
Carbóno Orgánico %	8,3	4,2	1,6	4,3	2,7	1,8
Nitrógeno Total %	1,25	0,67	0,35	0,60	0,36	0,14
Materia Orgánica %	14,3	7,2	2,7	7,4	4,7	3,1
Relación C/N	8,0	6,2	3,9	12,8	8,1	6,6
Capacidad de cambio m.e./100g.	53,7	39,0	26,6	51,7	30,6	18,9
Potasio de cambio p.p.m.	536,7	234,0	105,2	240,6	134,9	85,4
Calcio de cambio p.p.m.	2433,6	948,4	523,9	1736,1	658,4	176,6
Magnesio de cambio p.p.m.	390,1	191,0	98,1	268,1	140,8	69,0
Sodio de cambio p.p.m.	25,2	16,3	7,6	23,6	11,8	1,2
Aluminio de cambio p.p.m.	119,2	65,0	20,2	152,6	87,2	21,5
Hierro de cambio p.p.m.	33,9	13,5	5,8	60,7	24,6	11,1

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS
CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

CARACTERISTICAS QUIMICAS	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Reacción del suelo	7,4	5,5	5,0	5,7	5,3	5,3
Carbono Orgánico %	16,9	6,8	0,9	14,1	7,9	1,4
Nitrógeno Total %	2,20	0,92	0,16	1,94	0,95	0,12
Materia Orgánica %	29,1	11,8	1,5	24,3	13,6	2,4
Relación C/N	7,9	7,1	5,6	11,6	9,7	7,3
Capacidad de cambio m.e./100g.	90,1	48,7	18,8	89,3	51,9	17,4
Potasio de cambio p.p.m.	433,7	229,4	104,2	216,3	168,3	95,9
Calcio de cambio p.p.m.	2500,5	1481,2	928,8	1928,8	1204,2	628,2
Magnesio de cambio p.p.m.	341,3	266,8	168,5	285,8	235,0	207,0
Sodio de cambio p.p.m.	36,9	26,4	15,6	30,1	20,1	11,6
Aluminio de cambio p.p.m.	113,4	73,6	17,8	157,1	123,9	104,0
Hierro de cambio p.p.m.	47,8	21,2	6,7	76,9	44,0	24,4

ppm bajo las mismas condiciones.

De los distintos resultados obtenidos se puede sacar la conclusión de que el contenido promedio de nitrógeno total, es muy alto en el Valle de Sibundoy, fácilmente sobrepasando las 5.000 ppm en la primera capa y las 2.500 ppm en la segunda capa. Muy probablemente el contenido de nitrógeno total en la muestra de la Fábrica de menta, con 22.065,4 ppm, representa una cifra record en los suelos colombianos.

Algunas muestras, como las correspondientes a la Laguna las Cochas (1.692,04 ppm) y Puente Putumayo (1.769,04 ppm), son bajas debido a que son suelos coluvio-aluviales de muy reciente deposición.

4.2.2 Nitrógeno orgánico.- Las cantidades promedias del nitrógeno orgánico registradas en la primera capa fueron de 5.171,79 (96,67% del N-total), 6.536,14 (96,70% del N-total) y 9.073,95 ppm (98,01% del N-total) representadas en su orden para las condiciones de pradera, cultivo y pantano. El contenido máximo se presentó en la muestra de la Fábrica de menta con 21.608,19 ppm (pantano), correspondiendo el mínimo a la muestra localizada en la Laguna Las Cochas (pantano), con 1.575,35 ppm.

En la segunda capa se encontraron las siguientes cantidades: 2.249,38 (96,07% del N-total), 3.517,73

(97,37% del N-total) y 9.381,56 ppm (98,19% del N-total) para pradera, cultivo y pantano, respectivamente; correspondiendo el mínimo a la muestra de Secayaco con 1.140,04 ppm (pantano) y el máximo a la Fábrica de menta con 19.325,23 ppm (pantano).

El nitrógeno orgánico representa alrededor del 96% del N-total. Porcentaje alto, similar al encontrado por Molina (119), en los suelos del Altiplano de Pasto y superior al encontrado en otros suelos colombianos como Valle del Cauca y Amazonas (Blasco, 27), Valle del Cesar (Tafur y Blasco, 165) y Guajira (Durán, 60).

De acuerdo a los distintos datos encontrados en suelos colombianos, se observa que el contenido de nitrógeno orgánico es mucho más alto en los suelos volcánicos. Esta acumulación tendría las siguientes explicaciones: por un lado las condiciones de acidéz, baja temperatura e hidromorfismo que se observó en los suelos volcánicos estudiados. Otra posibilidad es la indicada por Bornemisza y Pineda (40), en el sentido de que cuando el porcentaje de alófana es superior al 15%, disminuye la mineralización en los suelos.

Salvo en los suelos de pantano, se observa una diferencia marcada entre los contenidos de N-total y orgánico de la primera y segunda capas, difiriendo así lo re-

portado por Molina (119), para los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto.

Muy posiblemente la explicación de esta diferencia estriba en una mayor influencia de arrastre coluvio-aluvial en los suelos del Valle de Sibundoy, mientras en el Altiplano de Pasto se han sucedido deposiciones alter-nas de vegetación y materiales volcánicos.

4.2.3 N-NH₄ inorgánico total.- Los contenidos medios de N-NH₄ inorgánico total para la primera capa fue-ron de 177,60 (3,31% del N-total), 222,64 (3.29% del N-to-tal) y 183,87 ppm (1.90% del N-total) para las condiciones de pradera, cultivo y pantano.

Los promedios para la segunda capa se registra-ron así: 91,90 (3,92% del N-total), 94,68 (2,62% del N-to-tal) y 172,92 ppm (1.81% del N-total) para pradera, culti-vo y pantano.

El máximo encontrado en la primera capa fue de 457,21 ppm correspondiente a la Fábrica de menta (pantano) y el mínimo se registró en la muestra de Secayaco (panta-no) con 108,13 ppm. En la segunda capa, la cantidad máxi-ma registrada fue de 266,99 ppm en Balsayaco (pantano) y el mínimo fue la de Colón (cultivo) con 50,14 ppm.

F N

121.51

Estos resultados también son similares a los encontrados por Molina (119), en los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto, pero son inferiores a las cantidades registradas para los suelos del Valle del Cauca y Amazonas (Blasco, 27), Cesar (Tafur y Blasco, 165) y Guajira (Durán, 60). Hay cierta tendencia a la disminución de las cantidades absolutas del nitrógeno inorgánico total en los subsuelos aunque los porcentajes relativos con relación al nitrógeno total en suelos y subsuelos son muy similares.

Teniendo en cuenta los resultados de Molina (119) y los presentados en esta Tesis, parece confirmarse el hecho de que el nitrógeno inorgánico es menor en los suelos volcánicos que en otro tipo de suelos colombianos.

La dificultad a la descomposición microbiológica de los materiales orgánicos en suelos volcánicos (Borremisza y Pineda, 40; Kosaka et al, 101) y los datos encontrados en los suelos volcánicos de Nariño, parecen indicar que en los andosoles se produce cierta exclusión del $N-NH_4$ inorgánico, posiblemente por la formación de compuestos de alófana y humus. Vale decir que el humus desplazaría a varios cationes, entre ellos el $N-NH_4$.

En relación con lo anterior, algunos autores (Burge y Broadbent, 50; Nommik y Nilsen, 127; Toung y Cattani, 181) señalan que la fijación de amonio es interfe-

vida por la presencia de materia orgánica, y por otra parte los compuestos ferro-orgánicos y alumino-orgánicos previenen la sorción del amonio (Brown, 47).

4.2.4 N-NH₄ nativo fijo.- Los contenidos medios para el N-NH₄ nativo fijo fueron: 110,10 ppm (2,05% del N-total), en pradera; 148,68 ppm (2,19% del N-total) en cultivo y 124,87 ppm (1,34% del N-total) en pantano, correspondientes a la primera capa.

Los promedios para la segunda capa fueron de 51,85 ppm (2,21% del N-total) en condiciones de pradera; 41,60 ppm (1,15% del N-total) en cultivo y 129,08 ppm (1,35% del N-total) en pantano.

En la primera capa, el máximo registrado correspondió a la muestra de Sibundoy (cultivo) con 245,40 ppm y el mínimo a Santiago (pradera) con 36,48 ppm. En la segunda capa, el máximo fue de 241,57 ppm correspondiente a Balsayaco (pantano), el mínimo se registró en San Francisco (pradera) con 6,11 ppm.

Al igual que ocurrió con el N-NH₄ inorgánico total, las cantidades de N-NH₄ nativo fijo son inferiores a las registradas en los otros suelos colombianos no volcánicos.

Por el contrario, los resultados son similares a los reportados por Molina (119), en los suelos del Altiplano de Pasto y por Mikami y Kaneiro (117), en los suelos volcánicos de Hawaii.

En los suelos bajo condiciones de pantano, las cantidades de $N-NH_4$ nativo fijo son similares en las dos capas estudiadas, mientras que en las áreas de cultivo y pradera disminuye el $N-NH_4$ nativo fijo en la segunda capa, concordando así con los resultados encontrados por Mikami y Kaneiro (117).

La cantidad relativamente baja de $N-NH_4$ nativo fijo pudiera deberse a la alta presencia de aluminio en estos suelos, ya que según Rich (136), la presencia de aluminio interlaminar o la unión de aluminio con hidroxidos previenen la fijación de amonio. Incluso, según Brown (47) el aluminio intercambiable es difícil de reemplazar por el amonio.

4.2.5 $N-NH_4$ intercambiable.- En la primera capa se obtuvieron los siguientes resultados de nitrógeno intercambiable en condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente: 67,51 (1,26% del N-total), 73,96 (1,09% del N-total) y 59,00 ppm (0,64% del N-total).

Los promedios para la segunda capa se registraron así: 40,05 (1,71% del N-total) en pradera, 53,08 (1,46% del N-total) en cultivo y 43,84 ppm (0,46% del N-total) en pantano.

El máximo registrado en la primera capa correspondió a la muestra de Fábrica de menta (pantano) con 214,31 ppm y el mínimo en la muestra de Balsayaco (pantano) con 18,64 ppm. En la segunda capa, el máximo se encontró en San Andrés (cultivo) con 91,85 ppm y el mínimo en la muestra de Puente Putumayo (pradera) con 17,52 ppm.

El N-NH_4 intercambiable es bajo, incluso con menores porcentajes en relación al Nitrógeno total, que el encontrado por Molina (119), en los suelos volcánicos de Nariño. Estos resultados hacen presumir que los suelos del Valle de Sibundoy responderán a la fertilización nitrogenada, muy posiblemente del orden de 75 a 100 kls de nitrógeno por hectárea.

La liberación de N-NH_4 , según los resultados, demuestra ser baja en los suelos volcánicos colombianos, pero por el momento no puede decirse si es causa inherente a los suelos volcánicos, también a influencias del medio, que en el caso del Valle de Sibundoy será el hidromorfismo desarrollado por el drenaje impedido que causa un nivel freático alto.

4.2.6 N-NH_3 .- Por los resultados obtenidos, el N-NH_3 es relativamente alto en los suelos del Valle de Sibundoy.

Los promedios encontrados en la primera capa, para las condiciones de pradera, cultivo y pantano en su orden fueron: 39,56 (0,73% del N-total), 50,91 (0,75% del N-total) y 44,28 ppm (0,47% del N-total).

En la segunda capa, se encontraron los siguientes promedios: 19,48 (0,83% del N-total), 38,47 (1,06% del N-total) y 28,57 ppm (0,30% del N-total) para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente.

El máximo para esta fracción de nitrógeno en la primera capa fue de 158,95 ppm encontrada en la muestra de la Fábrica de menta (pantano) y el mínimo fue de 5,89 ppm localizado en la muestra de Puente Putunayo (pradera). El máximo registrado en la segunda capa correspondió a la muestra de San Andrés (cultivo) con una cantidad de 86,31 ppm siendo el mínimo de 13,14 ppm encontrado en la muestra de Puente Putunayo (pradera).

Se ha demostrado que en suelos ácidos el N-NH_3 se acumula a todos los valores de pF, ya que predomina el proceso anaeróbico (Blasco y Cornfield, 35; Ekpete y Cornfield, 61). Sin embargo, esta misma característica de a-

naerobiosis necesariamente impedirá una buena nitrificación, puesto que es un proceso altamente aeróbico (Blasco y Cornfield, 34; Alexander, 8; Justice, 92; Parker y Larson, 132).

4.3. Fósforo

Los resultados obtenidos en las distintas formas del fósforo se encuentran en las tablas XXIII a XXVII que corresponden a los suelos de la primera y segunda capas en condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente.

Los máximos promedios y mínimos aparecen en las tablas XXVIII a XXX en las tres condiciones estudiadas. La representación gráfica de los resultados aparecen en las figuras 9 a 13.

4.3.1 Fósforo total.- Los promedios del fósforo total en la primera capa son: 1.285,46; 1.301,60 y 1.225,37 ppm para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. Para la segunda capa los resultados fueron: 1.081,12; 960,78 y 1.254,68 ppm para las condiciones anteriormente citadas.

El máximo del fósforo total en los suelos de la primera capa se encontró en La Misión (pantano) con 1.801,16 ppm y el mínimo en Secayaco (pantano) con 902,23 ppm.

FRACCIONES DE NITROGENO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE PRADERA (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	N - Total	N-Orgánico	N-NH ₄			N-NH ₃
			Total	Nat. fijo	Interc.	
DIVISO.	7.567,72	7.350,53	217,19	149,32	67,87	33,93
CAROLINA	6.860,59	6.749,34	111,25	74,17	37,08	15,45
SANTIAGO	4.590,33	4.456,58	133,75	36,48	97,27	75,99
GARZON	7.537,42	7.237,36	300,06	235,76	64,30	57,15
SAN ANTONIO	7.985,61	7.768,81	216,80	101,18	115,62	93,94
EL CARMEN	6.825,26	6.597,76	227,50	149,88	77,62	55,20
SAN PEDRO	4.017,15	3.804,68	212,47	112,88	99,59	53,11
SAN FRANCISCO	5.574,57	5.444,11	130,46	77,09	53,37	14,82
LA CHOY	3.217,31	3.071,63	145,68	121,40	24,28	13,65
PUENTE PUTUMAYO	1.769,04	1.639,32	129,72	94,34	35,38	5,89
BALSAYACO	2.898,40	2.769,59	128,81	58,55	70,26	16,10
Promedio	5.349,40	5.171,79	177,60	110,10	67,51	39,56
% del N-Total	100,00	96,67	3,31	2,05	1,26	0,73

FRACCIONES DE NITROGENO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE PRADERA (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	N - Total	N-Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico			N-NH ₃
			Total	Nat. fijo	Interc.	
DIVISO	4.750,20	4.632,27	117,93	52,41	65,52	32,76
CAROLINA	2.801,14	2.728,07	73,07	36,54	36,53	18,26
SANTIAGO	1.969,64	1.896,92	72,72	13,34	59,38	21,21
GARZON	3.742,66	3.646,52	96,14	54,94	41,20	24,03
SAN ANTONIO	2.823,60	2.739,50	84,10	54,07	30,03	13,02
EL CARMEN	1.883,39	1.812,77	70,62	41,20	29,42	23,07
SAN PEDRO	1.770,04	1.675,64	94,40	70,80	23,60	14,75
SAN FRANCISCO	1.375,16	1.314,05	61,11	6,11	55,00	15,27
MACHOYA	1.472,28	1.354,46	117,82	70,70	47,12	13,25
PUENTE PUTUMAYO	1.752,91	1.659,43	93,48	75,96	17,52	13,14
BALSAYACO	1.413,03	1.283,55	129,53	94,21	35,32	20,60
Promedio	2.341,28	2.249,38	91,90	51,85	40,05	19,48
% del N-Total	100,00	96,07	3,92	2,21	1,71	0,83

FRACCIONES DE NITROGENO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE CULTIVO (primera capa)
Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	N - Total	N-Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico		N-NH ₃
			Total	Nat. fijo Interc.	
SAN ANDRE	7.951,07	7.673,88	277,19	189,66	87,53
COLON	4.134,55	3.962,56	171,99	132,30	39,69
SIBUNDOY	12.592,94	12.231,30	361,64	245,40	116,24
HIDRAULICA	8.754,91	8.598,11	156,80	78,40	78,40
VICHOY	5.217,11	5.042,09	175,02	127,90	47,12
SALVADOR	3.598,07	3.360,53	237,54	139,73	97,81
LAS COCHAS	5.062,81	4.884,48	178,33	127,39	50,94
Promedio	6.758,78	6.536,14	222,64	148,63	73,96
% del N-Total	100,00	96,70	3,29	2,19	1,09
					0,75

FRACCIONES DE NITROGENO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE CULTIVO (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	N - Total	N-Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico		N-NH ₃
			Total	Nat. fijo Interc.	
SAN ANDRES	4.733,89	4.550,19	183,70	91,85	91,85
COLON	1.410,19	1.360,05	50,14	18,81	31,33
SIBUNDOY	4.444,87	4.358,45	86,42	18,52	67,90
HIDRAULICA	2.502,30	2.439,75	62,55	33,78	28,17
VICHOY	3.409,47	3.335,76	73,71	24,57	49,14
SALVADOR	2.694,47	2.623,57	70,90	11,34	59,56
LAS COCHAS	6.091,74	5.956,37	135,37	92,30	43,07
Promedio	3.612,41	3.517,73	94,68	41,60	53,08
% del N-Total	100,00	97,37	2,62	1,15	1,46

FRACCIONES DE NITROGENO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

(primera capa)

Nombre de la muestra	N - Total	N-NH ₄			N-NH ₃	
		N-Orgánico	Inorgánico			
			Total	Nat. fijo		Interc.
FABRICA DE MENTA	22.065,40	21.608,19	457,21	242,90	214,31	158,95
SECAYACO	5.527,06	5.418,93	108,13	84,10	24,03	15,01
BALSAYACO	6.310,89	6.191,79	149,19	130,55	18,64	12,43
LA HISION	10.869,62	10.722,92	146,70	106,69	40,01	33,34
TINCHOY	9.051,95	8.926,62	125,33	97,43	27,85	22,62
LAGUNA LAS COCHAS	1.692,04	1.575,35	116,69	87,52	29,17	23,33
% del N-Total	100,00	98,01	1,98	1,34	0,64	0,47
promedio						
(segunda capa)						
FABRICA DE MENTA	19.446,74	19.325,23	121,51	67,51	54,00	47,25
SECAYACO	1.270,32	1.140,04	130,28	78,17	52,11	14,65
BALSAYACO	7.946,40	7.679,41	266,99	241,57	25,42	23,83
% del N-Total	100,00	98,19	1,81	1,35	0,46	0,30

CONTENIDOS MÁXIMO, PROMEDIO Y MÍNIMO DE LAS FRACCIONES DE
NITRÓGENO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
N - Total	7.985,61	5.349,40	1.769,04	4.750,20	2.341,28	1.375,16
N - Orgánico	7.768,81	5.171,79	1.639,32	4.632,27	2.249,38	1.314,05
N-NH ₄ ⁺ Inorgánico	300,06	177,60	111,25	129,53	91,90	61,11
N-NH ₄ ⁺ Nativo fijo	235,76	110,10	36,48	94,21	51,85	6,11
N-NH ₄ ⁺ Intercambiable	115,62	67,51	24,28	65,52	40,05	17,52
N-NH ₃	93,94	39,56	5,89	32,76	19,48	13,14

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
NITROGENO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
N - Total	12.592,94	6.758,78	3.598,07	6.091,74	3.612,41	1.410,19
N - Orgánico	12.231,30	6.536,14	3.360,53	5.956,37	3.517,73	1.360,05
N-NH ₄ ⁺ Inorgánico	361,64	222,64	156,80	183,70	94,68	50,14
N-NH ₄ ⁺ Nativo fijo	245,40	148,68	78,40	92,30	41,60	11,34
N-NH ₄ ⁺ Intercambiable	116,24	73,96	39,69	91,85	53,08	31,33
N-NH ₃	96,86	50,91	20,69	88,31	38,47	15,63

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
NITROGENO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
N - Total	22.065,40	9.257,82	1.692,04	19.446,74	9.554,48	1.270,32
N - Orgánico	21.608,19	9.073,95	1.575,35	19.325,23	9.381,56	1.140,04
N-NH ₄ ⁺ Inorgánico	457,21	183,87	108,13	266,99	172,92	121,51
N-NH ₄ ⁺ Nativo fijo	242,90	124,87	84,10	241,57	129,08	67,51
N-NH ₄ ⁺ Intercambiable	214,31	59,00	18,64	54,00	43,84	25,42
N-NH ₃	158,95	44,28	12,43	47,25	28,57	14,65

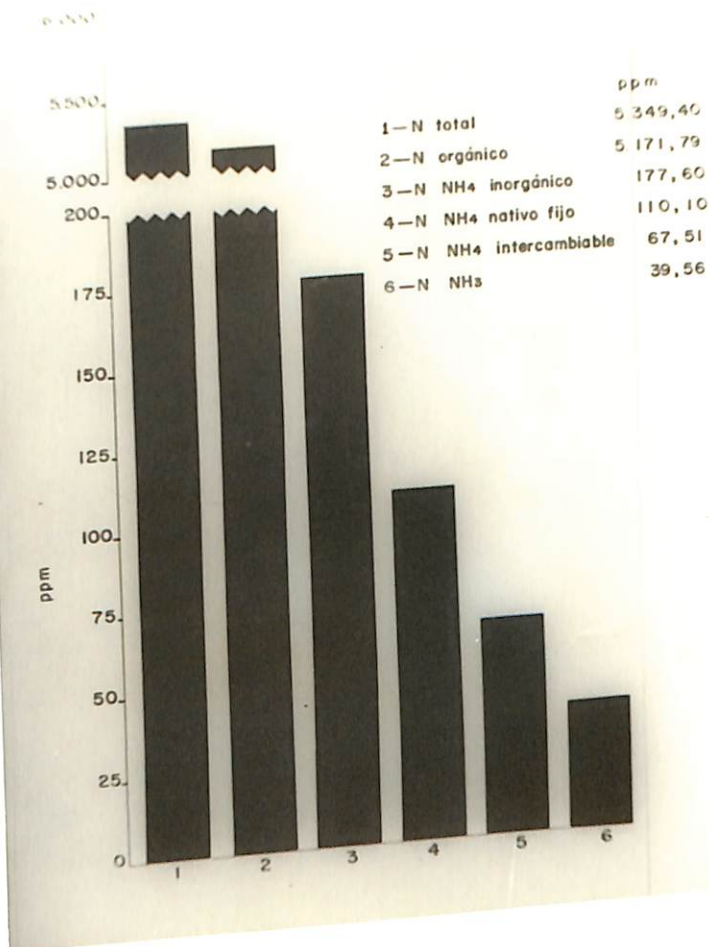


Figura No. 4 Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (primera capa)

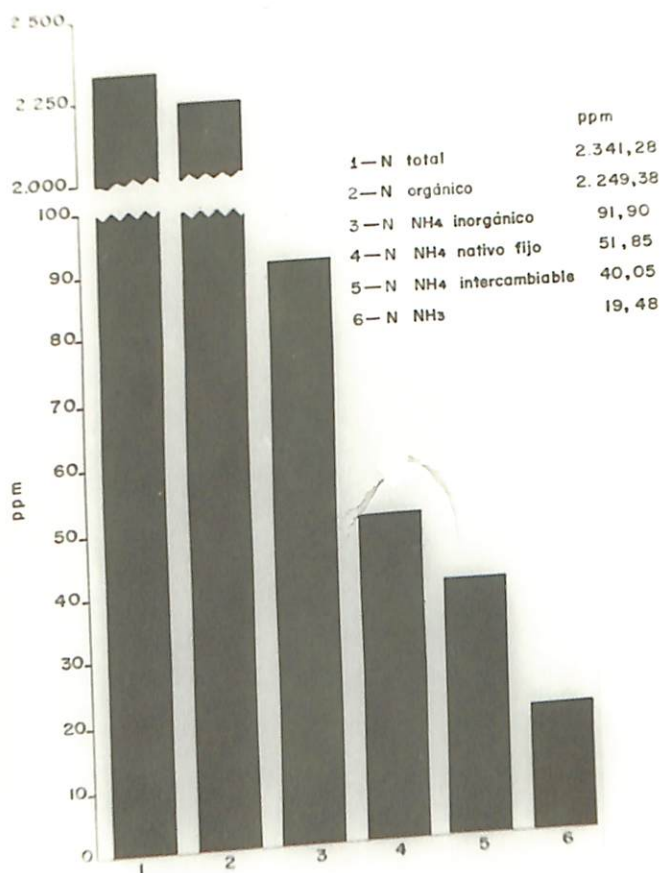


Figura No. 5 Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)

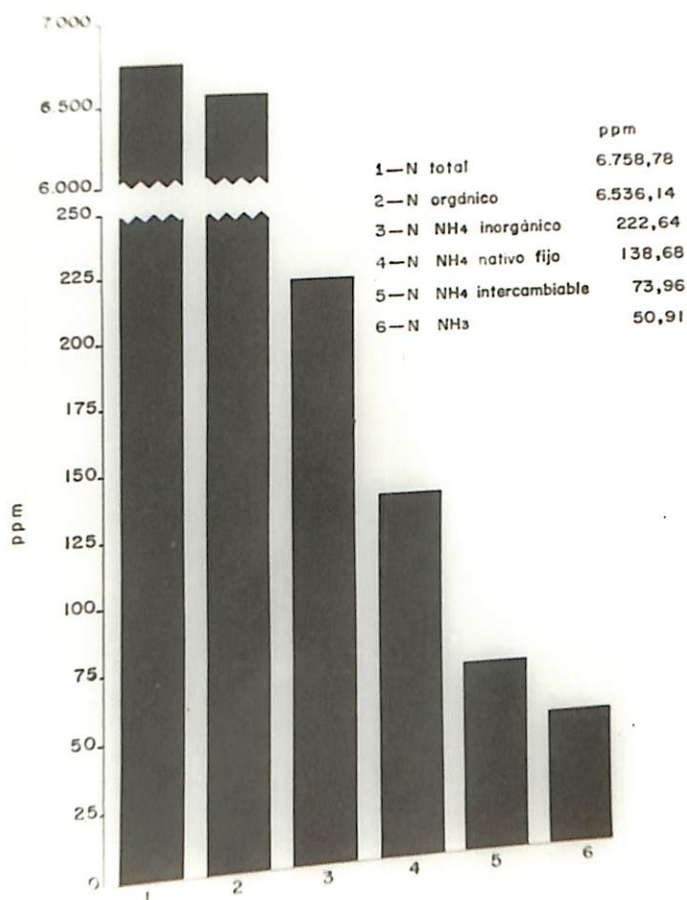


Figura No. 6 Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (primera capa)

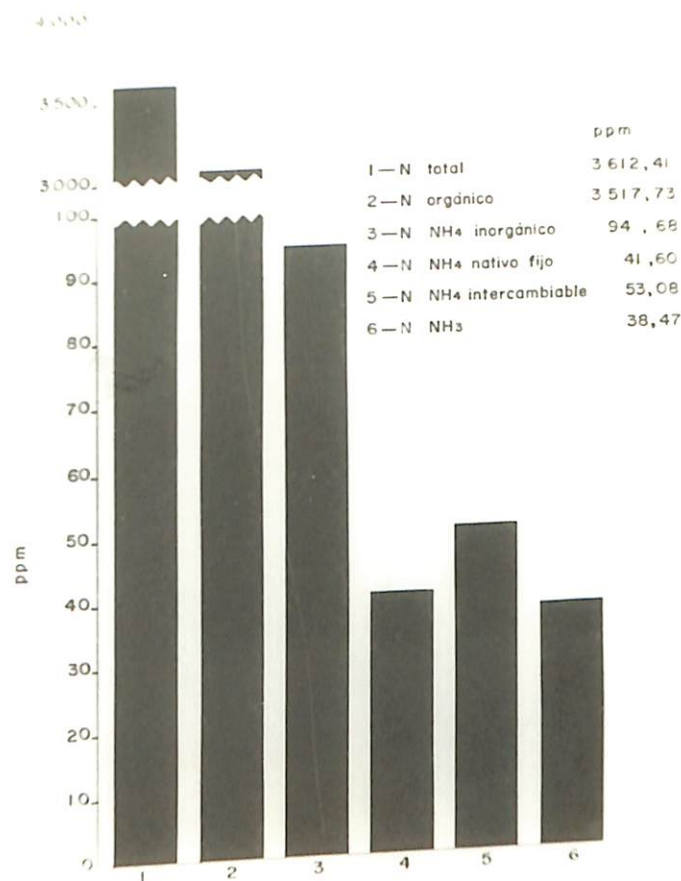


Figura No. 7 Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)

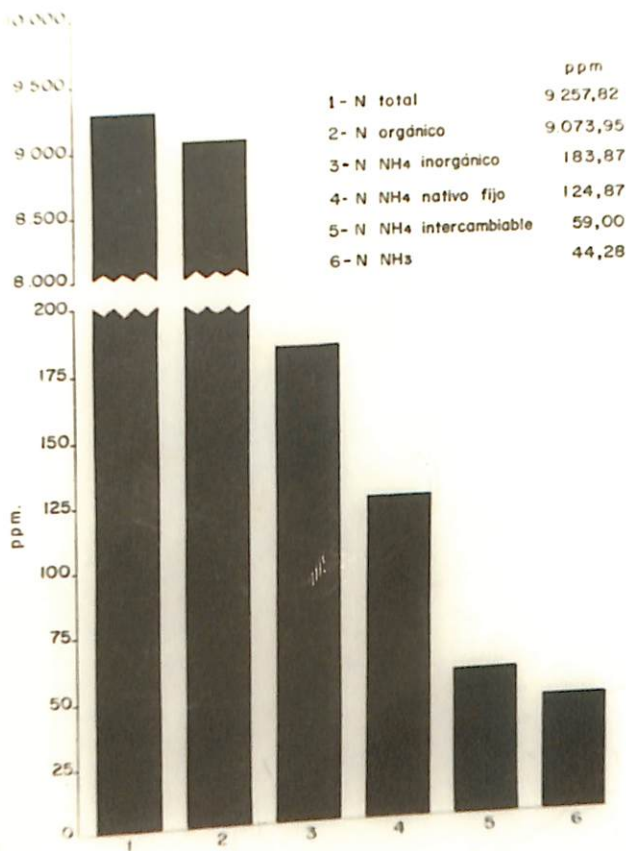


Figura No. 8 Contenido promedio de las fracciones de nitrógeno correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa)

Para la segunda capa correspondió a Puente Putunayo (pradera) con 1.502,85 ppm. y el mínimo correspondió a Sibundoy (cultivo) con 708,89 ppm.

Las cantidades del fósforo total encontradas, aproximadamente duplican a las reportadas por Pantoja (131), en los suelos de clima medio nariñense, siendo similares a las cantidades encontradas en el Altiplano de Pasto (Villota, 171). Así mismo, son similares a los datos encontrados en otros suelos volcánicos de América Central (Fassbender et al, 70; Fassbender, 66, 67).

Considerando los distintos estudios realizados en Colombia (Blasco y Bohorquez, 31; Pantoja, 131; Tafur y Blasco, 165; Marquez y Torres, 112; Villota, 171), aparece que el contenido total de fósforo es mayor en los suelos de reacción ácida, correspondiendo las más altas cantidades al Altiplano de Pasto y Valle de Sibundoy, siguiendo suelos de clima medio nariñense, Valle del Cauca y Valle del Cesar en orden descendente.

Este resultado para los suelos colombianos coincide con lo encontrado por Fassbender et al (70); Sangüino (147), en suelos de América Central, quienes señalan una correlación significativa entre el aumento de acidez y el fósforo total de los suelos.

4.3.2 Fósforo inerte.- En promedio y porcentaje los resultados encontrados en la primera capa de esta fracción fueron: 439,01 (34,15% del P-total), 395,92 (30,43% del P-total) y 459,06 ppm (37,46 del P-total) que corresponden a pradera, cultivo y pantano. Los promedios correspondientes a la segunda capa son: 359,00 (33,18% del P-total), 323,36 (33,66% del P-total) y 427,92 ppm (34,11% del P-total), en pradera, cultivo y pantano.

El máximo encontrado en la primera capa corresponde a Balsayaco (pantano) con 713,23 ppm y el mínimo se lo encontró en Las Cochas (cultivo) con 223,87 ppm. Para la segunda capa, el máximo correspondió a Balsayaco (pantano) con 640,97 ppm y el mínimo a Salvador (cultivo) con 211,48 ppm.

Esta fracción inerte es inferior a las encontradas por Pantoja (131) y Villota (171), en los suelos volcánicos de Nariño. La explicación habría que considerarla desde el punto de vista de una mayor meteorización química (hidrolítica) de los materiales inorgánicos en el Valle de Sibundoy.

4.3.3 Fósforo orgánico.- En promedio los resultados encontrados en la primera capa fueron: 386,62 (30,08% del P-total), 367,39 (28,23% del P-total) y 283,05 ppm (23,09% del P-total) correspondientes a las condi

ciones de pradera, cultivo y pantano. Los promedios correspondientes a la segunda capa fueron: 339,96 (31,41% del P-total), 297,73 (30,98% del P-total) y 423,17 ppm (33,73% del P-total), correspondientes a las tres condiciones de suelo antes mencionadas.

El máximo encontrado en la primera capa correspondió a La Misión (pantano) con 535,86 ppm y el mínimo correspondió a Secayaco (pantano) con 147,51 ppm. En la segunda capa, el máximo encontrado pertenece a Vichoy (cultivo) con 507,36 ppm y el mínimo correspondió a San Pedro (pradera) con 198,21 ppm.

En forma similar a lo encontrado en otros estudios (Acquaye, 1; Enwesor, 62; Blasco y Bohorquez, 31), la fracción de fósforo orgánico representa el mayor porcentaje del fósforo dinámico de los suelos del Valle de Sibundoy. Los resultados obtenidos difieren de los encontrados por Pantoja (131) y Willota (171), en Nariño, siendo más semejantes con los reportados en suelos volcánicos Centroamericanos (Bornemisza e Igue, 39; Fassbender et al, 70).

En los suelos del Valle de Sibundoy, se encontró en forma constante un mayor porcentaje de fósforo orgánico en la segunda capa que en la primera. Parece ser que esto es un hecho que se repite en los suelos volcáni-

cos colombianos, no sucediendo igual en otra clase de suelos.

Una de las probables explicaciones sería el hecho de que las erupciones volcánicas hayan cubierto vegetaciones anteriores, mezclando los materiales orgánicos e inorgánicos en las distintas profundidades del perfil.

4.3.4 Fósforo inorgánico

4.3.4.1 Fósforo unido al calcio apatítico y no apatítico.- El promedio del fósforo apatítico encontrado en la primera capa dió los siguientes resultados: 69,47 (5,40% del P-total), 36,10 (2,77% del P-total y 28,49 ppm (2,33% del P-total) para pradera, cultivo y pantaño. Siguiendo el mismo orden, para la segunda capa se encontraron los siguientes resultados: 53,01 (4,90% del P-total), 25,81 (2,69% del P-total) y 46,91 ppm (6,26% del P-total).

El máximo encontrado en la primera capa fue de 388,29 ppm correspondiente a Puente Putumayo (pradera), y el mínimo correspondió a Sibundoy (cultivo) con 3,41 ppm. En la segunda capa, el máximo correspondió a Puente Putumayo (pradera) con 260,85 ppm y el mínimo a El Carmen (pradera) con 4,47 ppm.

Los contenidos para el fósforo no apatítico, tanto en promedios como en porcentajes, dieron los siguientes resultados: 26,36 (2,05% del P-total), 30,23 (2,32% del P-total) y 18,13 ppm (1,48% del P-total) correspondientes a la primera capa de los suelos bajo condiciones de pradera, cultivo y pantano. En la segunda capa, los promedios encontrados fueron: 24,83 (2,29% del P-total), 21,23 (2,21% del P-total, y 32,03 ppm (2,55% del P-total) para las mismas condiciones.

El contenido máximo de los suelos de la primera capa se presentó en Fuente Putumayo (pradera) con 99,51 ppm y el mínimo se registró en Sibundoy (cultivo) con 0,58 ppm. Para la segunda capa, el máximo encontrado fue de 96,94 ppm en Fuente Putumayo (pradera), correspondiendo el mínimo a Sibundoy (cultivo) con 0,55 ppm.

En forma general, se puede decir que las cantidades de fosfatos cálcicos, y en contra de lo expresado por Kaila (93), y los resultados encontrados por Pantoja (131), las cantidades son mayores en la segunda capa que en la primera. A su vez la fracción apatítica es mayor que la fracción no apatítica.

Estos resultados podrían atribuirse, por un lado, a la baja cantidad de fosfatos dicálcicos existentes en los suelos de Sibundoy y, por otro lado, la solubili-

dad ocasionada por el alto nivel freático. Según Bear (21), los fosfatos cálcicos, especialmente apatíticos se disuelven por acción hidrolítica de la materia orgánica, ya que esta produce anhídrido carbónico y ácido nítrico que actúan como disolventes.

Así mismo, es probable que las plantas y los microorganismos del Valle de Sibundoy, aprovechen mayormente los fosfatos cálcicos debido a las deficiencias de fósforo y calcio intercambiables. En relación con esto, Fassbender (65), en suelos derivados de cenizas volcánicas, encontró la correlación más alta de nutrición fosfórica a partir de los fosfatos de calcio.

Katznelson et al (95), indican que cuando existe deficiencia del calcio los microorganismos utilizan el fosfato del calcio para el crecimiento celular.

4.3.4.2 Fósforo unido al hierro y al aluminio. El promedio del fósforo unido al hierro en la primera capa dió los siguientes resultados: 126,31 (9,83% del P-total), 193,19 (14,94% del P-total) y 249,43 ppm (20,36% del P-total) en pradera, cultivo y pantano. Siguiendo el mismo orden para la segunda capa se presentaron los siguientes resultados: 109,89 (10,16% del P-total), 121,59 (12,66% del P-total) y 115,21 ppm (9,18% del P-total).

El máximo encontrado para la primera capa fue de 380,31 ppm correspondiente a La Misión (pantano) y el mínimo fue de 19,70 ppm encontrado en el Diviso (pradera). En la segunda capa, el máximo correspondió a Fuente Putu Mayo (pradera) con 225,21 ppm y el mínimo a Garzón (pradera) con 10,73 ppm.

Los promedios del fósforo unido al aluminio para la primera capa fueron: 229,86 (17,88% del P-total), 272,22 (20,91% del P-total) y 176,62 ppm (14,41% del P-total) correspondientes a pradera, cultivo y pantano. Siguiendo el mismo orden para la segunda capa los resultados fueron: 109,89 (10,16% del P-total), 121,59 (12,66% del P-total) y 115,21 ppm (9,18% del P-total).

El máximo encontrado en la primera capa correspondió a San Andrés (cultivo) con 433,11 ppm y el mínimo a Balsayaco (pantano) con 93,67 ppm. En la segunda capa, el máximo fue de 349,63 ppm que correspondió a El Carmen (pradera) y el mínimo se encontró en San Francisco (pradera) con 94,13 ppm.

De acuerdo a los resultados obtenidos, y a excepción de los suelos de pantano, las cantidades de fósforo retenido por el aluminio fueron mayores que las correspondientes al hierro, tanto en la primera capa como en la segunda.

En los distintos fraccionamientos realizados en los suelos de Colombia (Blasco y Bohorquez, 31; Tafur, 164; Durán, 60; Pantoja, 131; Villota, 171), se comprobó que la fracción de fósforo unida al hierro era superior a la fracción unida al aluminio. Unicamente Pantoja (131), señala que los fosfatos de aluminio predominan en los suelos aunque no en los subsuelos, del área volcánica del clima medio nariñense.

Es muy posible que en los suelos del Valle de Sibundoy haya más abundancia de alófana e hidróxido de aluminio que en los otros suelos estudiados, lo cual explicaría la abundancia de fósforo retenido por el alumi-nio, teniendo en cuenta la facilidad con que aquellos compuestos retienen el fósforo (Blanchet, 26; Birrel, 24; Wada, 173; Fassbender, 65; Leon y Coleman, 104).

Como puede apreciarse en la tabla XXXI, los fosfatos de hierro y aluminio representan aproximadamente una cantidad 6 veces mayor que los fosfatos cálcicos en el Valle de Sibundoy. De acuerdo a la hipótesis de Hsu y Jackson (84) y Morillo y Fassbender (120), indicaría que los suelos del Valle de Sibundoy tienen una meteorización química más avanzada que los suelos volcánicos nariñenses.

4.3.4.3 Fósforo fácilmente reemplazable.- En la primera capa los promedios encontrados fueron: 7,83

(0,61% del P-total), 6,54 (0,51% del P-total) y 10,57 ppm (0,86% del P-total) correspondientes a pradera, cultivo y pantano respectivamente. En la segunda capa, los promedios fueron: 6,23 (0,58% del P-total), 6,89 (0,72% del P-total) y 16,65 ppm (1,33% del P-total) para pradera, cultivo y pantano.

El máximo registrado en la primera capa fue de 40,23 ppm encontrada en Secayaco (pantano) y el mínimo de 1,43 ppm localizada en Tinchoy (pantano). Para la segunda capa, el máximo fue de 38,21 ppm en Secayaco (pantano) y el mínimo de 2,00 ppm encontrada en San Francisco (pradera).

Además de las determinaciones correspondientes al fraccionamiento, realizado según la marcha analítica Chang y Jackson (57), se determinó el fósforo aprovechable por el método de Bray I y los resultados aparecen en las tablas XXXII a XXXIV.

Los resultados demuestran que al igual que otros suelos ácidos o volcánicos, debido a los problemas de fijación, la fracción directamente aprovechable es baja. Los suelos del Valle de Sibundoy requieren por tanto fuertes aplicaciones fosfatadas para obtener algunos resultados positivos en la aprovechabilidad del fósforo en la planta.

4.3.5 Relaciones C/T orgánico y N/P orgánico.

Se observa que la relación C/P orgánico está dentro de los límites señalados por Alexander (8), Black y Gorling (25), para que haya una rata de mineralización adecuada. Según otros trabajos (Fabry, 64; Enwesor, 62; Blasco et al, 33), la relación 200-300/1 o inferior no puede considerarse como índice de mineralización. Parece más cierto que la mineralización se presenta cuando en los suelos abundan ácidos nucleicos sobre la fitina.

En general, se observa una tendencia al aumento en la relación C/T orgánico con la profundidad del suelo, lo cual indica que la materia orgánica es más rica en fósforo en el horizonte superior. Para los suelos de la Amazonía Brasileña, Viera y Bornemisza (170), reportan una disminución de la relación C/P orgánico con la profundidad del suelo. La relación C/P orgánico encontrada por Pantoja (131), presenta un aumento de dicha relación con la profundidad del suelo para condiciones de pradera, mientras que ocurre una disminución en condiciones de bosque y cultivo.

De acuerdo a los datos encontrados por John et al (91), las relaciones N/P orgánico en condiciones de cultivo y pradera son bajas lo cual indicaría una mayor presencia de ácido nucleico que de fitina. Por tanto, es probable una mineralización aceptable del fósforo.

En cambio, en condiciones de pantano la relación es muy amplia, lo cual señalaría que bajo esta condición los suelos del Valle de Sibundoy presentarán una mineralización deficiente de fósforo. (Tablas XXXV a XL).

4.4 Potasio

Los resultados de las distintas formas del potasio estudiadas se presentan en las tablas XLI a XLV correspondientes a la primera y segunda capa de pradera, cultivo y pantano.

Las tablas XLVI a XLVIII presentan los máximos promedios y mínimos en las tres condiciones estudiadas. Así mismo, la representación gráfica de los resultados están en las figuras Nos. 14 a 18.

4.4.1 Potasio total.- Los contenidos promedios en los suelos de la primera capa son: 6.656,51, 6.845,00 y 5.861,62 ppm para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. Siguiendo el mismo orden, para la segunda capa los resultados fueron: 6.279,63, 6.751,83 y 8.852,90 ppm.

El contenido máximo del potasio total en los suelos de la primera capa correspondió a Secayaco (pantano) con 11.693,52 ppm, y el mínimo correspondió a San

FRACCIONES DE FOSFORO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE PRADERA (primera capa)
Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico Inerte	Total
DIVISO.	18,94	9,82	15,15	281,79	19,70	363,60	331,48 1100,48
CAROLINA	6,55	5,93	37,04	134,51	144,86	451,14	421,91 1201,94
SANTIAGO	19,68	8,14	51,58	194,37	75,07	438,57	555,47 1392,83
GARZON	4,78	15,15	10,48	355,63	21,53	393,69	389,98 1196,24
SAN ANTONIO	3,23	16,45	15,13	369,73	115,34	448,45	438,66 1406,99
EL CARMEN	4,48	16,08	4,67	290,51	138,16	421,95	570,27 1446,12
SAN PEDRO	2,74	33,71	10,01	251,96	71,88	419,44	410,28 1200,00
SAN FRANCISCO	1,98	50,83	25,16	121,12	197,24	450,08	414,13 1260,54
MACHOY	3,39	14,72	140,69	150,95	200,54	259,08	341,03 1110,10
PUENTE PUTUMAYO	7,24	99,51	388,29	223,10	263,25	329,06	415,70 1726,15
-BALSAYACO	13,07	19,61	66,00	154,83	141,81	222,84	480,23 1098,44
Promedio	7,83	26,36	69,47	229,36	126,31	386,62	439,01 1285,46
% del P-Total	0,61	2,05	5,40	17,38	9,83	30,08	34,15 100,00

FRACCIONES DE FOSFORO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE PRADERA (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico Inerte	Total
DIVISO	11,46	12,43	6,87	237,66	11,46	260,33	290,52
CAROLINA	7,48	6,25	12,91	171,85	141,86	313,99	390,11
SANTIAGO	6,09	6,68	14,88	209,68	74,40	473,46	501,76
GARZON	3,99	12,30	18,40	191,61	10,73	275,92	351,62
SAN ANTONIO	2,27	29,44	16,09	227,40	96,55	341,32	215,21
EL CARMEN	7,23	15,37	4,47	349,63	136,55	273,26	318,10
SAN PEDRO	3,42	21,07	5,93	125,68	40,83	198,21	351,87
SAN FRANCISCO	2,00	48,11	23,11	94,13	112,55	477,49	501,12
MACHOY	4,60	10,11	159,77	117,69	167,72	424,75	390,22
PUENTE PUTUMAYO	12,78	96,94	260,85	234,77	225,21	273,89	398,41
BALSAYACO	7,23	14,46	59,80	120,91	137,99	426,98	330,11
Promedio	6,23	24,83	53,01	189,18	109,89	339,96	359,00
% del P-Total	0,58	2,29	4,90	17,48	10,16	31,41	33,18
							1081,12
							100,00

FRACCIONES DE FOSFORO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE CULTIVO (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
SAN ANDRES	4,08	47,22	13,84	433,11	87,93	469,75	459,50	1515,43
COLON	4,43	41,35	46,51	349,32	165,38	450,37	662,76	1720,12
SIBUNDOY	5,32	0,58	3,41	242,17	101,63	336,32	377,89	1117,32
HIDRAULICA	10,73	18,88	45,02	240,19	270,10	360,91	353,03	1298,86
VICHOY	3,88	6,00	26,30	177,78	227,65	321,56	348,11	1111,28
SALVADOR.	3,12	18,71	52,22	235,49	265,12	354,01	346,28	1274,95
LAS COCHAS	14,22	78,89	65,39	227,44	234,55	228,86	223,87	1073,22
Promedio	6,54	30,23	36,10	272,22	193,19	367,39	395,92	1301,60
% del P-Total	0,51	2,32	2,77	20,91	14,84	28,23	30,42	100,00

FRACCIONES DE FOSFORO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE CULTIVO (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
SAN ANDRES	3,63	40,32	7,41	205,03	60,63	256,28	285,70	959,00
COLON	5,22	40,57	24,48	221,74	46,87	249,02	476,21	1064,11
SIEUNDOY	6,89	0,55	4,69	172,94	66,83	220,48	236,51	708,89
HIDRAULICA	11,87	14,89	13,27	162,84	101,23	277,88	300,42	882,40
VICHOY	7,54	6,31	56,22	151,52	206,37	507,36	412,12	1347,44
SALVADOR	5,54	10,01	39,60	125,93	199,58	332,64	211,48	924,78
LAS COCHAS	7,55	35,99	35,02	109,19	169,63	240,36	241,11	838,85
Promedio	6,89	21,23	25,81	164,17	121,59	297,73	323,36	960,78
% del P-Total	0,72	2,21	2,69	17,08	12,66	30,98	33,66	100,00

FRACCIONES DE FOSFORO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

(primera capa)

Nombre de la muestra	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Unido al		Orgánico	Inerte	Total
			Al.	Fe.			
FABRICA DE MENTA	13,07	19,61	154,88	141,81	222,84	480,23	1.098,44
SECAYACO	40,23	21,46	123,30	134,87	147,51	420,11	902,23
BALSAYACO	3,47	11,80	23,59	93,67	152,64	713,23	1.227,36
LA MISION	3,72	10,12	15,63	289,51	380,31	566,01	1.801,16
TINCHOY	1,43	9,33	13,21	236,25	334,16	266,69	1.213,89
LAGUNA LAS COCHAS	1,52	36,47	37,77	162,15	352,80	308,11	1.109,15
% del P-Total	0,86	1,48	2,33	14,41	20,36	23,09	37,46

100,00

(segunda capa)

FABRICA DE MENTA	7,23	14,46	59,80	120,91	138,00	426,98	330,11	1.097,49
SECAYACO	38,21	61,07	31,26	224,66	183,22	396,98	312,70	1.248,10
BALSAYACO	4,51	20,58	49,67	232,72	24,43	445,57	640,97	1.418,45
% del P-Total	1,33	2,55	6,26	15,36	9,18	33,73	34,11	100,00

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
FOSFORO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
P. facilmente reemplazable	19,68	7,83	1,98	11,46	6,23	2,00
P. Ca no apatítico	99,51	26,36	5,93	96,94	24,83	6,25
P. Ca apatítico	388,29	69,47	4,67	260,85	53,01	4,47
P. unido al Al	369,73	229,86	121,12	349,63	189,18	94,13
P. unido al Fe	263,25	126,31	19,70	225,21	109,89	11,46
P. orgánico	488,57	386,62	222,84	477,49	339,96	198,21
P. inerte	570,27	439,01	341,03	501,76	359,00	215,21
P. total	1.726,15	1.285,46	1.098,44	1.502,85	1.081,12	830,73

CONTENIDOS MÁXIMO, PROMEDIO Y MÍNIMO DE LAS FRACCIONES DE
FOSFORO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
P. Facilmente reemplazable	14,22	6,54	3,12	11,97	6,89	3,63
P. Ca no apatítico	78,89	30,23	0,58	40,57	21,23	0,55
P. Ca apatítico	65,39	36,10	3,41	56,22	25,81	4,69
P. unido al Al	433,11	272,22	147,78	221,74	164,17	109,19
P. unido al Fe	270,10	193,19	87,93	206,37	121,59	46,87
P. orgánico	469,75	367,39	228,86	507,36	297,73	240,36
P. inerte	662,76	395,92	223,87	476,21	323,36	211,48
P. total	1.720,12	1.301,60	1.073,22	1.347,44	960,78	708,89

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
FOSFORO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PLANTANO

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
P. facilmente reemplazable	40,23	10,57	1,43	38,21	16,65	4,51
P. Ca no apatítico	36,47	18,13	9,33	61,07	32,03	14,46
P. Ca apatítico	66,00	28,49	13,21	59,80	46,91	31,26
P. unido al Al	289,51	176,62	93,67	232,72	192,76	120,91
P. unido al Fe	380,31	249,43	134,87	183,22	115,21	24,43
P. orgánico	535,86	283,05	147,51	445,57	423,17	396,98
P. inerte	566,01	459,06	266,69	640,97	427,92	312,70
P. total	1.801,16	1.225,37	902,23	1.418,45	1.254,68	1.097,49

T A B L A XXXI

COMPARACION DE LOS FOSFATOS CALCICOS Y LOS FOSFATOS DE HIERRO Y ALUMINIO EXPRESADOS EN PORCENTAJES DEL FOSFORO TOTAL Y DEL FOSFORO INORGANICO

PRIMERA Y SEGUNDA CAPAS	Fosfatos Cálccicos (apatíticos y no apatíticos)		Fosfatos de hierro y aluminio	
	% del P. Total	% del P.inorgánico	% del P. Total	% del P.inorgánico
PRIMERA CAPA:				
Pradera	7,45	10,66	27,71	39,63
Cultivo	5,09	7,09	35,75	49,80
Pantano	3,81	4,94	34,77	45,20
SEGUNDA CAPA:				
Pradera	7,19	10,48	27,64	40,29
Cultivo	4,90	7,38	29,74	44,82
Pantano	8,81	13,29	24,54	37,03
Promedio	6,21	8,97	30,02	42,79

T A B L A XXXII

FOSFORO APROVECHABLE (Bray I), CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
DIVISO	2,13	1,03
GAROLINA	38,72	1,72
SANTIAGO	6,10	1,44
GARZON	3,13	3,01
SAN ANTONIO	17,21	11,76
EL CARMEN	13,84	5,35
SAN PEDRO	41,60	3,97
SAN FRANCISCO	1,31	13,21
MACHOY	6,09	4,54
PUENTE PUTUMAYO	1,24	12,26
BALSAYACO	13,12	19,85
Promedio	13,14	7,10

T A B L A XXXIIII

POSFORO APROVECHABLE (Bray I), CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
SAN ANDRES	1,37	6,66
COLON	32,85	14,73
SIBUNDOY	4,05	0,58
HIDRAULICA	6,11	7,24
VICHOY	4,43	2,69
SALVADOR	7,00	10,80
LAS CÓCHAS	4,29	6,28
Promedio	8,59	6,99

T A B L A XXXIV

FOSFORO APROVECHABLE (Bray I), CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
		2,54
FABRICA DE MENTA	3,81	18,16
SECAYACO	89,40	5,38
BALSAYACO	6,23	-
LA MISION	5,22	-
TINCHOY	5,68	-
LAGUNA LAS COCHAS	8,59	
		8,69
Promedio	19,82	

T A B L A X X X V

RELACION N/P ORGANICO CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
DIVISO	20,63	18,05
CAROLINA	16,12	8,91
SANTIAGO	9,21	4,01
GARZON	18,81	13,41
SAN ANTONIO	18,01	8,20
EL CARMEN	16,12	6,59
SAN PEDRO	9,53	8,58
SAN FRANCISCO	12,21	2,91
MACHOY	12,35	3,30
PUENTE PUTUMAYO	5,17	6,21
BALSAYACO	13,10	7,59
Promedio	13,70	7,59

T A B L A XXXVI

RELACION N/P ORGANICO CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
		18,34
SAN ANDRES	16,82	
	9,10	5,62
COLON		19,95
	32,35	
SIBUNDOY	24,11	8,99
HIDRAULICA		6,70
	16,47	
VICHOY	9,89	7,82
		14,27
SALVADOR	21,85	
		11,67
LAS COCHAS		
	18,61	
Promedio		

T A B L A XXXVII

RELACION N/P ORGANICO CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
		45,44
FABRICA DE MLNTA	98,72	
SECAYACO	37,29	30,23
BALSAYACO	27,52	17,73
LA MISION	20,15	-
TINCHOY	25,51	-
LAGUNA LAS COCHAS	76,07	-
		31,13
Promedio	47,54	

T A B L A XXXVIII

RELACION C/P ORGANICO CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
		556,98
DIVISO	129,26	41,40
CAROLINA	117,48	25,35
SANTIAGO	36,84	108,72
GARZON	95,31	73,25
SAN ANTONIO	100,35	51,23
EL CARIEN	90,06	85,77
SAN PEDRO	57,22	17,87
SAN FRANCISCO	71,09	14,13
MACHOY	65,62	584,17
PUENTE PUTUMAYO	54,70	21,08
BALSAYACO	49,36	
		143,63
Promedio	78,84	

T A B L A XXXIX

RELACION C/P ORGANICO CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
	102,18	156,07
-SAN ANDRES		72,28
COLON	35,53	
	214,85	131,53
-SIBUNDOY		68,37
	155,16	
-HIDRAULICA		47,30
	80,86	
VICHOY		57,12
	79,09	
SALVADOR		178,89
	166,04	
LAS COCHAS		
		101,65
	119,10	
Promedio		

T A B L A X L

RELACION C/P ORGANICO CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Nombre de la muestra	Primera capa	Segunda capa
		330,23
FABRICA DE MENTA	758,39	
SECAYACO	250,83	352,66
BALSAYACO	200,91	184,03
LA MISION	147,43	-
TINCHOY	201,24	-
LAGUNA LAS COCHAS	427,89	-
		288,97
Promedio	331,11	

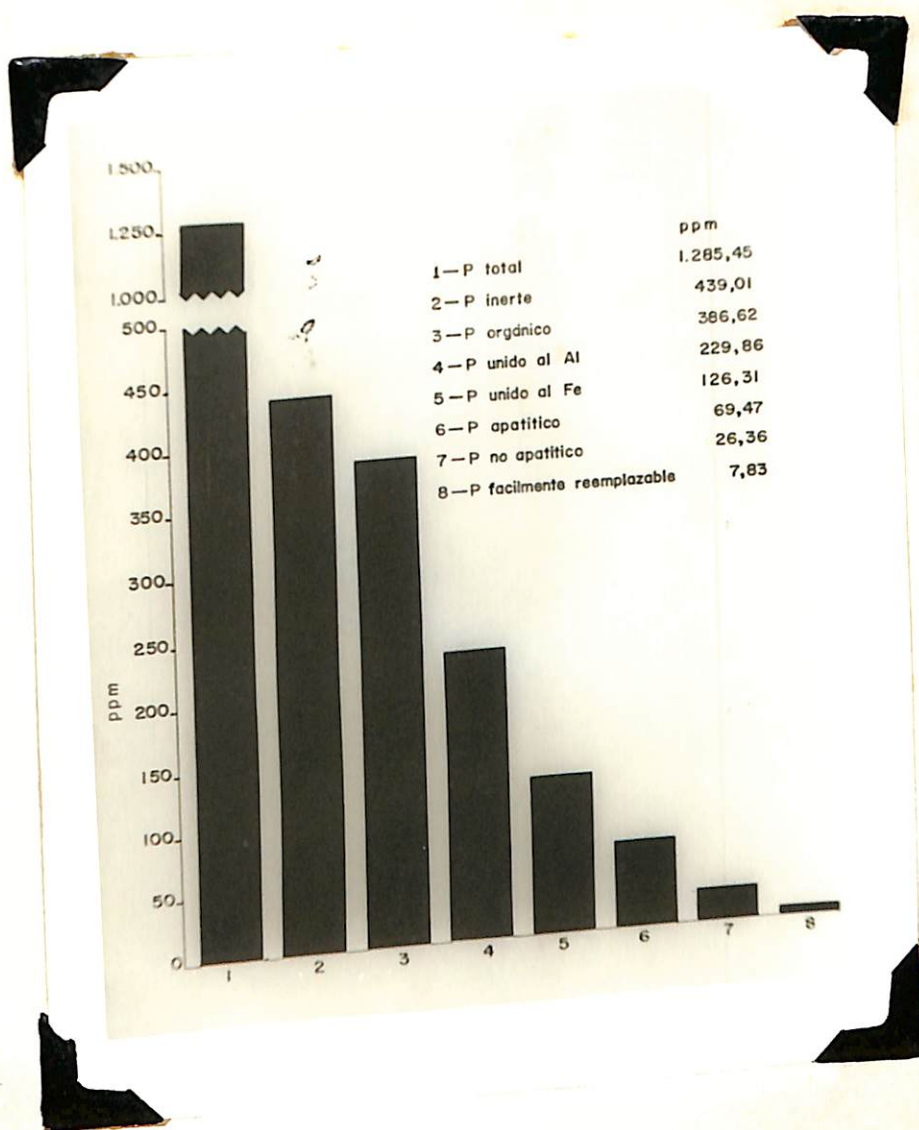


Figura No. 9 Contenido promedio de las fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera. (primera capa)

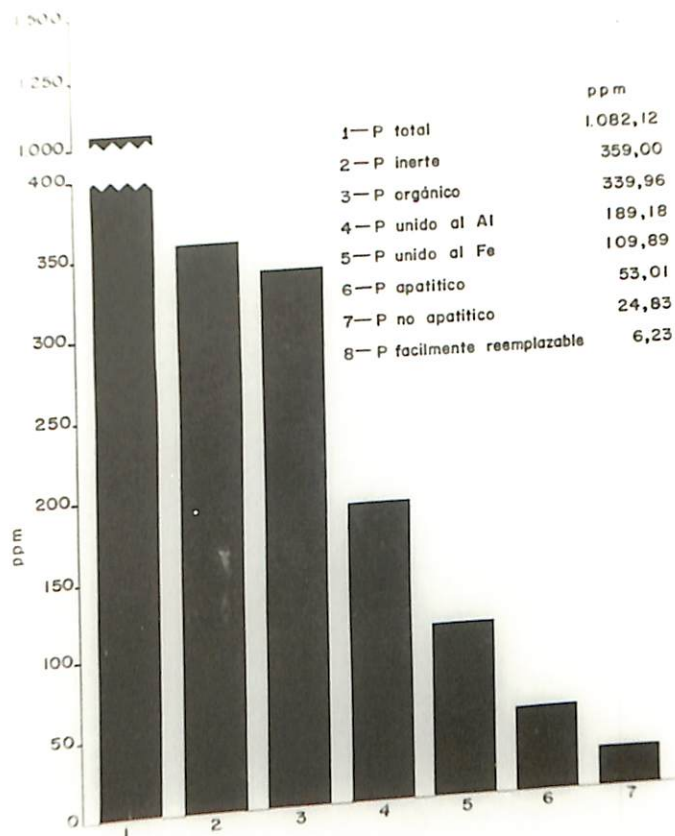


Figura No. 10

Contenido promedio de las fracciones
de fósforo correspondientes a los sue-
los bajo condiciones de pradera
(segunda capa)

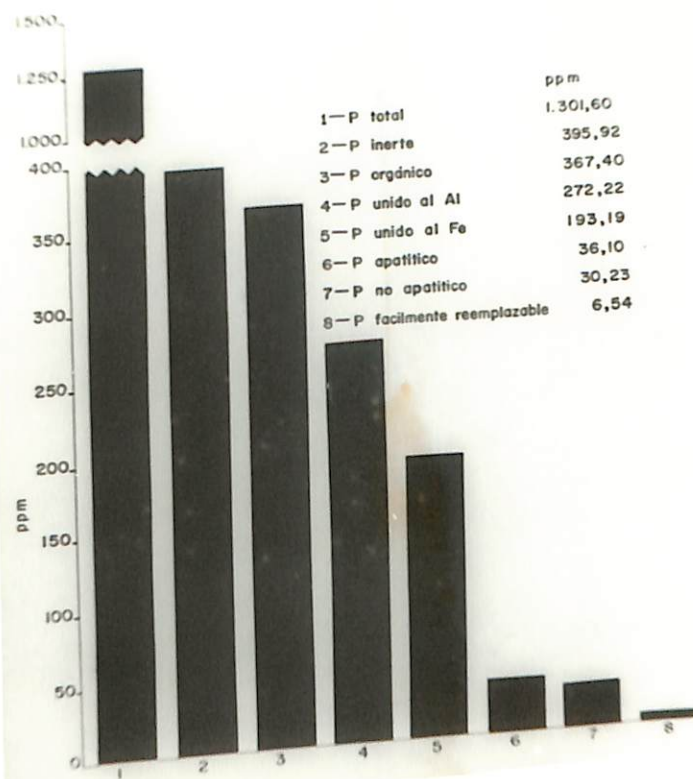


Figura No. 11 Contenido promedio de las fracciones
de fósforo correspondientes a los sue
los bajo condiciones de cultivo
(primera capa)

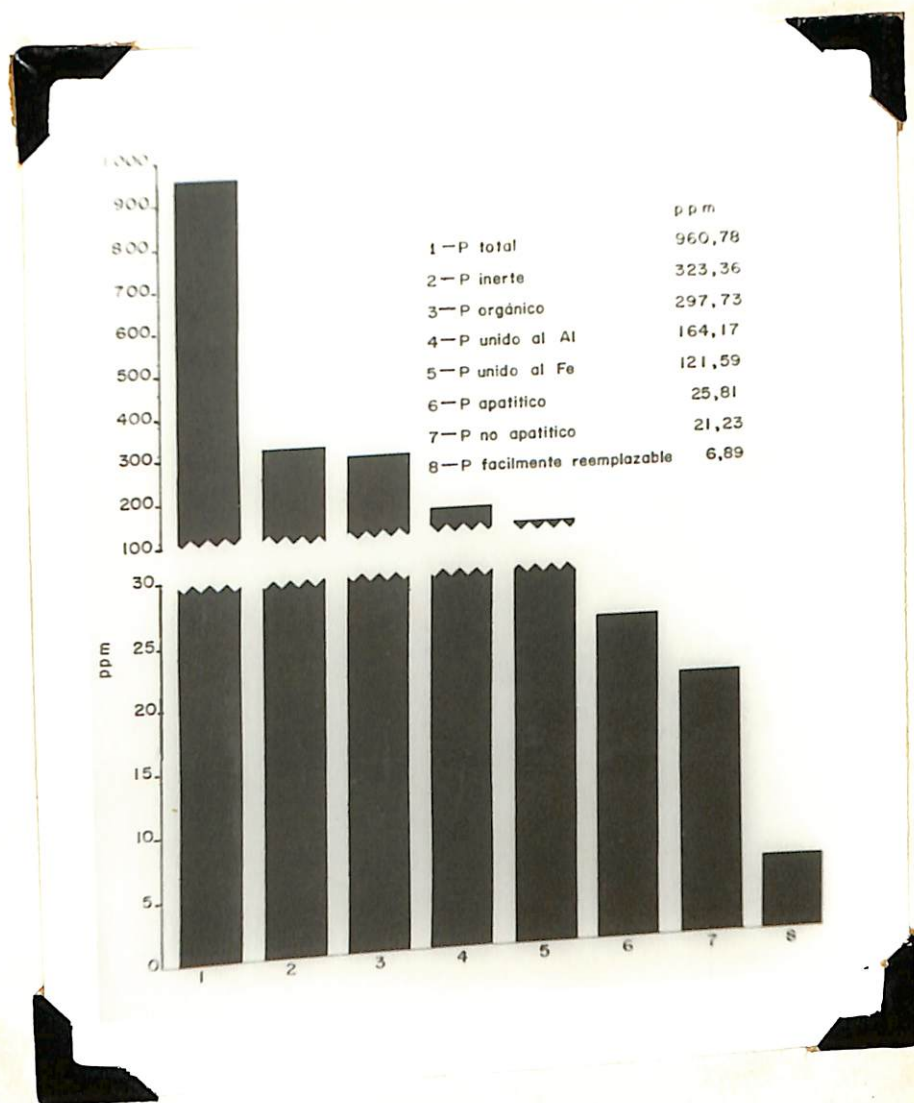


Figura No. 12 Contenido promedio de las fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)

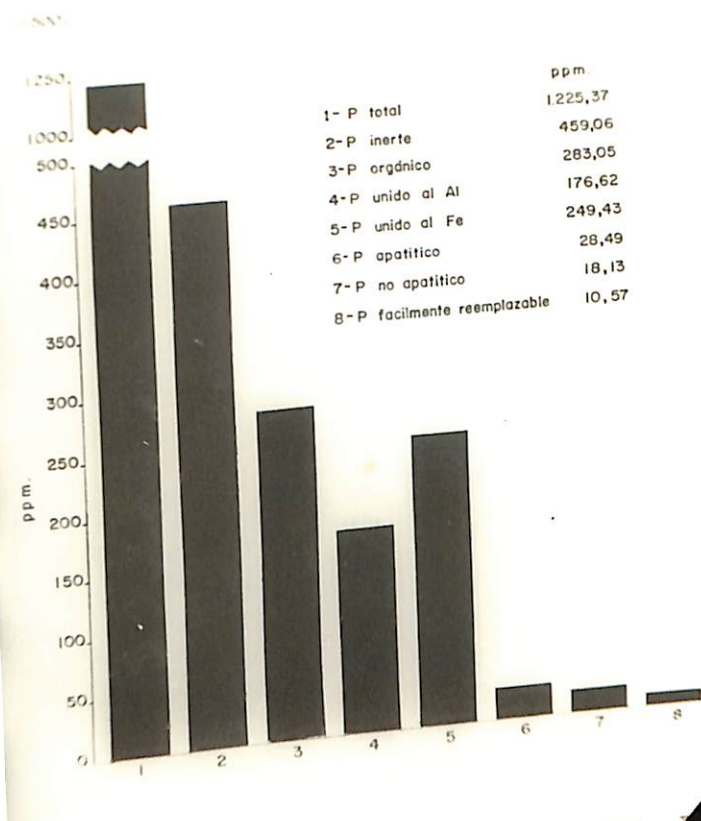


Figura No. 13 Contenido promedio de las fracciones de fósforo correspondientes a los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa)

Francisco (pradera) con 3.097,57 ppm. Para la segunda capa, el contenido máximo correspondió a Secayaco (pantano) con 11.981,99 ppm y el mínimo a San Andrés (cultivo) con 2.901,91 ppm.

Los resultados para el potasio total en los suelos del Valle de Sibundoy son intermedios entre los datos obtenidos en el Altiplano de Pasto (Ordoñez, 129), y los obtenidos en los suelos de clima medio nariñense, (García, 75), y a la vez ligeramente inferiores a los obtenidos por Martini (114), en los suelos volcánicos de Panamá.

Si se consideran los distintos trabajos que sobre la determinación del potasio total se han realizado en suelos colombianos (Blasco, 28; Bohorquez, 36; Durán, 60; García, 75; Ordoñez, 129; Tafur, 164), se puede establecer la siguiente escala comparativa, de mayor a menor contenido: suelos de la baja Guajira > suelos aluviales del Cesar > suelos volcánicos del Altiplano de Pasto > suelos volcánicos del Valle de Sibundoy > suelos de clima medio nariñense > suelos aluviales del Valle del Cauca > suelos lateríticos del Amazonas.

De esta secuencia se establece que los suelos derivados de rocas graníticas tienen mayor cantidad de potasio total que los suelos derivados de cenizas volcánicas. Y dentro de los suelos volcánicos aparece el potasio total

en relación inversa al grado de intemperización en los suelos.

4.4.2 Potasio estructural.- Los resultados promedios de esta fracción y sus porcentajes con relación al potasio total en los suelos de la primera capa fueron: 5.673,39 (85,22%), 5.301,57 (77,45%) y 4.390,34 ppm (74,89%) para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. Para la segunda capa, y en el mismo orden, los resultados fueron: 4.521,87 (72,00%), 3.792,30 (65,93%) y 6.949,70 ppm (78,52%).

La cantidad máxima para los suelos de la primera capa correspondió a San Antonio (pradera) con 10.601,49 ppm, y la cantidad mínima se encontró en Tinchoy (pantano) con 1.616,42 ppm. En la segunda capa, la máxima cantidad se obtuvo en Secayaco (pantano) con 10.010,22 ppm, y el contenido mínimo se encontró en la Fábrica de menta (pantano) con 1.030,72 ppm.

Para la primera capa, los porcentajes de potasio estructural con relación al potasio total, son intermedios a los encontrados en el Altiplano de Pasto y en la zona de clima medio nariñense, mientras que en la segunda capa son más similares a estos últimos. Muy posiblemente, esta disminución comparativa en la segunda capa de los suelos del Valle de Sibundoy, se deba a la acción meteorizante

te de las aguas del nivel freático alto.

La presencia de una mayor cantidad de potasio estructural bajo las condiciones de pantano se podría explicar así: estando el pantano en la zona de desagüe del Valle de Sibundoy, habra recibido por acarreo coluvio-aluvial mayor deposición de minerales potásicos difíciles de meteorizar. En relación con esta hipótesis, Rich y Black (137), indican que si en suelos ácidos predomina la mica dioctaedral la retención de potasio es muy fuerte.

4.4.3 Potasio no intercambiable.- Para el potasio total no intercambiable, en la primera capa, los resultados promedios y sus porcentajes con relación al potasio total, fueron: 762,43 (11,46%), 1.213,83 (17,73%) y 1.200,92 ppm (20,49%), para las condiciones de pradera, cultivo y pantano. Siguiendo el mismo orden, para la segunda capa los resultados fueron: 1.304,89 (20,78%), 1.528,46 (26,57%) y 1.613,91 ppm (18,22%).

El contenido máximo en los suelos de la primera capa se presentó en Salvador (cultivo) con 2.713,52 ppm, y el contenido mínimo se presentó en San Andrés (cultivo) con 154,33 pp. Para la segunda capa, el contenido máximo se presentó en San Pedro (pradera) con 2.586,57 ppm, y el mínimo correspondió a Santiago (pradera) con 795,40 ppm.

La fracción más soluble del potasio no intercambiable presentó los siguientes promedios y porcentajes en relación al potasio total: 376,24 (5,67%), 477,04 (6,96%) y 678,67 ppm (11,57%), para pradera, cultivo y pantano respectivamente. Para la segunda capa, y en el mismo orden, los valores promedios y sus porcentajes fueron: 788,42 (12,55%), 950,16 (16,51%) y 839,80 ppm (9,48).

El contenido máximo de los suelos de la primera capa correspondió a San Pedro (pradera) con 1.339,83 ppm, el contenido mínimo a El Carmen (pradera) con 47,79 ppm. Para la segunda capa el valor máximo correspondió a San Pedro (pradera) con 2.154,61 ppm, y el mínimo a Santiago (pradera) con 297,60 ppm.

Excepto para las condiciones de pantano, el potasio total no intercambiable y su fracción más soluble, presentan un mayor contenido en la segunda capa como consecuencia de una mayor cantidad de potasio estructural en estos últimos suelos.

La fracción de potasio no intercambiable es alta, similar a la encontrada por García (75), en los suelos de clima medio nariñense. Así mismo, los resultados encontrados indican que la fracción más soluble es más abundante que en otros suelos colombianos no derivados de cenizas volcánicas, corroborando las investigaciones de Ordoñez (129) y García (75).

4.4.4 Potasio intercambiable.- Utilizando como extractor el ácido nítrico, en los suelos de la primera capa los promedios y sus porcentajes con relación al potasio total se presentaron así: 220,69 (3,32%), 329,60 (4,81%) y 270,36 ppm (4,61%), para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. Para la segunda capa, los resultados promedios y sus porcentajes fueron del orden: 452,87 (7,21%), 431,07 (7,49%) y 289,29 ppm (3,26%), bajo las mismas condiciones.

El contenido máximo para los suelos de la primera capa, se presentó en La Hidráulica (cultivo) con 641,68 ppm, y el contenido mínimo se presentó en Balsayaco (pradera) con 62,73 ppm. Para la segunda capa, el valor máximo correspondió a Machoy (pradera) con 1.841,00 ppm, y el valor mínimo correspondió a El Carmen (pradera) con 63,06 ppm.

Utilizando como extractor el acetato de amonio normal, los promedios y porcentajes con relación al potasio total obtenidos en los suelos de la primera capa fueron: 170,82 (2,56%), 248,34 (3,62%) y 229,43 ppm (3,94%), para las condiciones de pradera, cultivo y pantano. Para los suelos de la segunda capa, y en el mismo orden, los promedios y porcentajes fueron: 86,42 (1,37%), 135,00 (2,34%) y 168,44 ppm (1,90%).

El contenido máximo para los suelos de la primera capa se presentó en La Hidráulica (cultivo) con 536,68 ppm y el contenido mínimo se presentó en Balsayaco (pradera) con 49,66 ppm. Para la segunda capa, el valor máximo se presentó en Colón (cultivo) con 240,62 ppm y el mínimo en San Francisco (pradera) con 40,92 ppm.

En primer lugar, se observa que la extracción de potasio intercambiable fue mucho mayor, especialmente en la segunda capa, con ácido nítrico 0,1 N que con acetato de amonio normal. Posiblemente se deba a dificultades de intercambio del K (I) por NH_4 (I), debido a su antagonismo (Nomnik, 126; Tromm, 169). También es posible la absorción física del acetato de amonio por la alófana del suelo (Bornemisza y Fuentes, 38).

De acuerdo a los datos obtenidos, el desequilibrio más fuerte entre los dos métodos se observó en las muestras de Santiago y Machoy (segunda capa en condiciones de pradera) y en La Hidráulica (segunda capa en condiciones de cultivo).

Agronómicamente, se puede decir que en general no se encuentran deficiencias potásicas en el Valle de Sibundoy. Sin embargo, la disponibilidad de potasio en estos suelos es inferior a la reportada para los suelos volcánicos de Nariño (Ordoñez, 129; García, 75).

4.4.5 Potasio soluble en agua.- En los suelos de la primera capa, los resultados promedios y sus porcentajes con relación al potasio total se presentaron así: 112,78 (1,69%), 154,43 (2,25%) y 65,00 ppm (1,12%) para las condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. Siguiendo el mismo orden, para la segunda capa, los resultados fueron: 21,44 (0,34%), 36,62 (0,63%) y 36,13 ppm (0,40%).

El contenido máximo en los suelos de la primera capa correspondió a la Hidráulica (cultivo) con 298,67 ppm, y el valor mínimo correspondió a Tinchoy (pantano) con 36,05 ppm. Para la segunda capa, el valor máximo correspondió a Colón (cultivo) con 111,92 ppm, y el contenido mínimo se presentó en Santiago (pradera) con 4,32 ppm.

La fracción de potasio soluble en agua, en promedio, es la más alta encontrada en suelos colombianos. Probablemente, esta fracción esté influenciada por las condiciones de mal drenaje del Valle, que debilita la retención del potasio intercambiable por el suelo. También cabe que en estos suelos ácidos la presencia de $Al(OH)_2^+$ ayude a una mejor liberación del potasio, ya que su presencia interlamilar aumenta la selectividad del potasio (Coulter, 54).

4.4.6 Lixiviación del potasio.- Como puede observarse en las tablas XLIX a LIII, aproximadamente todo

el potasio intercambiable (extraído con $\text{NO}_3\text{H-O, 1N}$) fue lixiviado con HCl 0,01N en el espacio de 10 días.

De acuerdo a estos resultados, que concuerdan con los obtenidos por López (105), García (75) y Ordoñez (129), se demuestra la facilidad con que se pierde el potasio en suelos volcánicos. En el experimento realizado más del 50% se perdió en los dos primeros días de lixiviación, mostrándose una tendencia de agotamiento alrededor del décimo día.

4.4.7 Sodio y su relación con el potasio.- En las tablas LIW a LIX, se encuentran los distintos resultados obtenidos. En general, la relación K/Na total se aproxima a 1,5 para condiciones de cultivo y pradera, mientras que en pantano la relación es más amplia, en promedio 2,06 y 4,06 para la primera y segunda capas, respectivamente.

La relación K/Na intercambiable es mucho más anplia 20,4, 24,5 y 10,4 para los suelos de la primera capa bajo condiciones de pradera, cultivo y pantano, respectivamente. En los suelos de la segunda capa esta relación se amplía a 56,0, 74,6 y 14,4 para las mismas condiciones. Mientras las relaciones K/Na total son similares a las reportadas por García (75) y Ordoñez (129), las relaciones K/Na intercambiable son mucho mayores en los suelos del Velle de Sibundoy.

Estas relaciones demuestran que en los suelos del Valle de Sibundoy hay menor liberación de sodio que de potasio a posiciones de intercambio, o hay más pérdida de sodio intercambiable que e potasio.

De acuerdo a Millot (118), la relación K/Na próxima a uno indica el dominio de rocas cristalinas ígneas, mientras que relaciones más amplias que se aproximan a tres señalan dominio de rocas sedimentarias.

4.4.8 Relación Calcio/Magnesio.- En las tablas LX a LXIV, se muestran los contenidos de calcio y magnesio intercambiables y la relación entre estos dos cationes.

Aunque las relaciones son muy similares a las obtenidas por García (75) y Ordoñez (129), en los suelos volcánicos de Nariño y ligeramente superiores al promedio mundial 4:1 (Vinogradov y Ronov, 1972), las cantidades de calcio y magnesio intercambiables son más bajas que en esos suelos, especialmente por lo que se refiere al Altiplano de Pasto. Salvo en algunas muestras, principalmente correspondientes a la zona de pantano, el calcio intercambiable es deficiente. El magnesio intercambiable es deficiente en todas las condiciones.

De acuerdo a Millot (118), en la sedimentación orgánica el calcio tiene preferencia, en la sedimentación carbonatada el calcio y el magnesio tienen igualdad de posibilidades, mientras que en la sedimentación silicatada el de mayor importancia es el de magnesio.

En las figuras 19 y 20 se presentan gráficamente los contenidos promedios totales del nitrógeno, fósforo y potasio; y los contenidos promedios del nitrógeno intercambiable, fósforo aprovechable y potasio intercambiable en la primera y segunda capas de los suelos bajo condiciones de pradera y cultivo.

4.5 Estudios estadísticos

Las distintas relaciones estudiadas se presentan en las tablas LXV a LXVII y gráficamente en las figuras 21 a 29.

En los estudios del nitrógeno no se encontró una relación significativa entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable para las condiciones de pradera y cultivo, mientras que en condiciones de pantano fue altamente significativo.

No se encontró relación significativa entre el fósforo total y el orgánico en condiciones de pradera y cultivo, siendo la relación altamente significativa en la condición de pantano.

FRACCIONES DE POTASIO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE PRADERA (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	K - Total	K Estructural	K no Intercambiable		K Intercambiable		K soluble en agua
			Total	Más sol.	NO ₃ H O, 1N	NH ₄ OAc N	
DIVISO	4.332,90	3.690,54	412,08	109,08	230,28	166,65	106,72
CAROLINA	7.670,71	7.201,66	314,54	115,90	154,51	153,42	109,26
SANTIAGO	5.775,92	5.275,44	309,40	168,28	191,08	205,99	186,74
GARZON	5.358,36	4.561,01	452,89	197,75	344,46	293,43	178,61
SAN ANTONIO	11.485,45	10.601,49	509,72	277,46	374,24	274,23	108,40
EL CARMEN	6.273,22	5.592,14	323,61	47,79	358,47	224,04	80,05
SAN PEDRO	11.027,01	8.240,63	2.442,53	1.339,83	343,85	207,49	135,16
SAN FRANCISCO	3.097,57	1.932,68	1.016,63	635,41	148,26	127,08	104,84
MACHOY	7.967,40	7.457,92	411,92	195,12	97,56	78,59	62,87
PUENTE PUTUMAYO	5.475,60	4.058,28	1.295,18	631,80	122,14	98,45	120,04
BALSAYACO	4.757,48	3.795,55	899,20	418,24	62,73	49,66	48,09
Promedio	6.656,51	5.673,39	762,43	376,24	220,69	170,82	112,78
% del K-Total	100,00	85,22	11,46	5,67	3,32	2,56	1,69

2

FRACCIONES DE POTASIO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE PRADERA (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	K - Total	K		K no Intercambiable		K Intercambiable		K soluble en agua
		Estructural	Total	Más sol.	NO ₃ H O, 1N	NH ₄ OAc N		
DIVISO	3.112,20	2.223,00	819,00	585,00	70,20	43,87	14,04	
CAROLINA	7.503,06	5.969,85	967,77	593,07	565,44	54,37	21,74	
SANTIAGO	5.423,98	3.492,27	795,40	297,60	1.166,31	105,51	4,32	
GARZON	4.200,07	3.015,50	1.042,32	318,84	142,25	150,22	42,92	
SAN ANTONIO	9.387,00	8.147,50	1.050,69	390,75	188,81	155,55	68,65	
EL CARMEN	5.938,15	4.792,57	1.082,52	651,62	63,06	70,94	10,50	
SAN PEDRO	8.797,56	5.973,93	2.586,57	2.154,61	237,06	121,16	33,71	
SAN FRANCISCO	5.839,99	4.077,41	1.282,37	976,81	480,21	40,92	4,36	
MACHOY	7.890,00	5.002,26	1.046,74	352,42	1.341,00	60,49	6,31	
PUENTE PUTUMAYO	5.464,28	4.007,71	1.293,80	1.064,26	162,77	80,86	13,78	
BALSAYACO	5.519,85	3.038,57	2.386,66	1.282,72	94,62	65,71	10,51	
Promedio	6.279,63	4.521,87	1304,89	788,42	452,87	86,32	21,44	
% del K-Total	100,00	72,00	20,78	12,55	7,21	1,37	0,34	

FRACCIONES DE POTASIO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE CULTIVO (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra K - Total	K Estructural	K no Intercambiable		K Intercambiable			K soluble en agua
		Total	Más sol.	NO ₃ H O ₃ LN	NH ₄ OAc N		
SAN ANDRES	4.624,23	4.248,46	154,33	65,77	221,44	156,31	85,97
COLON	8.446,29	6.816,12	1.169,47	496,15	460,70	342,57	79,15
SIBUNDOY	5.391,21	4.283,01	859,11	386,33	249,09	158,56	133,77
HIDRAULICA	5.045,97	1.868,53	2.535,76	535,40	641,68	536,68	298,67
VICHOY	6.671,65	6.151,21	400,23	278,97	120,21	105,18	93,76
SALVADOR	8.326,48	5.176,30	2.713,52	1.278,80	436,66	271,35	214,58
LAS COCHAS	9.409,19	3.567,37	664,42	297,86	177,40	167,73	175,12
Promedio	6.845,00	5.301,57	1.213,83	477,04	329,60	248,34	154,43
% del K-Total	100,00	77,45	17,73	6,96	4,81	3,62	2,25

FRACCIONES DE POTASIO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES
DE CULTIVO (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra K - Total	K Estructural	K no Intercambiable		K Intercambiable			K soluble en agua
		Total	Más sol.	NO ₃ H O, 1N	NH ₄ OAc N	4	
SAN ANDRES	2.901,91	1.192,33	1.621,27	1.343,71	88,31	94,62	30,28
COLON	4.336,90	2.114,19	1.980,97	705,11	241,74	240,62	111,92
SIBUNDOY	5.787,60	3.615,88	2.028,41	1.333,91	143,31	99,21	17,63
HIDRAULICA	8.657,52	5.445,82	1.418,80	904,76	1.792,90	139,63	32,39
VICHOY	5.964,38	4.446,99	1.343,81	948,91	153,58	131,64	8,77
SALVADOR	6.900,79	5.216,78	1.443,44	1.101,60	240,57	85,46	20,25
LAS CUCHAS	5.713,76	4.494,11	862,54	313,16	357,11	153,83	35,16
Promedio	5.751,83	3.792,30	1.528,46	950,16	431,07	135,00	36,62
% del K-Total	100,00	65,93	26,57	16,51	7,49	2,34	0,63

FRACCIONES DE POTASIO CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

(primera capa)

Nombre de la muestra	K-Total	K		K no Intercambiable		K Intercambiable		K soluble en agua
		Estruc- tural	Total	Más sol.	NO ₃ H O, 1N NH ₄ OAc N			
FABRICA DE MENTA	3.667,63	2.966,01	191,34	89,30	510,28	433,73	130,12	
SECAYACO	11.693,52	9.794,68	1587,73	954,79	311,11	246,74	47,20	
BALSAYACO	5.161,96	4.445,97	493,97	160,97	222,02	191,49	79,92	
LA MISION	3.185,39	1.887,43	1059,80	797,84	238,16	223,27	48,82	
TINCHOY	3.699,11	1.616,42	1877,53	1181,23	205,16	177,18	36,05	
LAGUNA LAS COCHILAS	7.762,15	5.631,54	1995,17	887,91	135,44	104,19	47,92	
% del K-Total	100,00	74,89	20,49	11,57	4,61	3,94	1,12	

(segunda capa)

FABRICA DE MENTA	3.224,71	1.030,72	1784,12	1627,42	409,87	216,38	62,68
SECAYACO	11.981,99	10.010,22	1808,91	506,03	162,86	95,97	13,95
BALSAYACO	11.352,00	9.808,16	1248,69	385,97	295,15	192,98	31,78
% del K-Total	100,00	78,52	18,22	9,48	3,26	1,90	0,40

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
POTASIO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA.

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
K - Total	11.485,45	6.656,51	3.097,57	9.378,00	6.279,63	3.112,20
K - Estructural	10.601,49	5.673,39	1.932,68	8.147,50	4.521,87	2.223,00
K - No intercambiable total	2.442,53	762,43	309,40	2.586,57	1.304,89	967,77
K - No intercambiable mas soluble	1.339,83	376,24	47,79	2.154,61	788,42	297,60
K - Intercambiable NO ₃ H O, 1N	374,24	220,68	62,73	1.841,00	452,87	63,06
K - Intercambiable NH ₄ OAc N	274,23	170,82	49,66	155,55	86,32	40,92
K - Soluble en agua	186,74	112,78	48,09	68,65	21,44	4,32

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
POTASIO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
K - Total	9.409,19	6.845,00	4.624,23	8.657,52	5.751,83	2.901,91
K - Estructural	8.567,37	5.301,57	1.868,53	5.445,82	3.792,30	1.192,33
K - No intercambiable total	2.713,52	1.213,83	154,33	2.028,41	1.528,46	862,54
K - No intercambiable mas soluble	1.278,80	477,04	65,77	1.343,71	950,16	313,16
K - Intercambiable $\text{NO}_3\text{H O, 1N}$	641,68	329,59	120,21	1.792,90	431,07	88,31
K - Intercambiable $\text{NH}_4\text{OAc N}$	536,68	248,34	105,18	240,62	135,00	85,46
K - Soluble en agua	298,67	154,43	79,15	111,92	36,62	8,77

CONTENIDOS MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE
POTASIO EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PLANTANO

Resultados en p.p.m.

F R A C C I O N E S	Primera capa			Segunda capa		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
K - Total	11.693,52	5.861,62	3.185,39	11.981,99	8.852,90	3.224,71
K - Estructural	9.794,68	4.390,34	1.616,42	10.010,22	6.949,70	1.030,72
K - No intercambiable total	1.995,17	1.200,92	191,34	1.808,91	1.613,91	1.248,69
K - No intercambiable mas soluble	1.181,23	678,67	89,30	1.627,42	839,80	385,97
K - Intercambiable NO ₃ H O, 1N	510,28 135,00	270,36	135,44	409,87	289,29	162,86
K - Intercambiable NH ₄ OAc N	433,73	229,43	104,19	216,38	168,44	95,97
K - Soluble en agua	130,12 36,05	65,00	36,05	62,68	36,13	13,95

166172
46 82

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 c.c. DIA DE HCl 0,01 N
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	D I A S										Total Lixiv.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
DIVISO	127,26	54,51	12,12	4,84	4,84	4,84	4,84	0	0	0	220,56
CAROLINA	108,16	41,94	22,07	13,79	11,03	6,89	4,41	0	0	0	208,29
SANTIAGO	149,82	70,57	21,71	13,57	8,14	6,78	6,78	4,34	4,34	4,34	290,39
GARZON	204,12	63,79	12,75	7,65	5,10	5,10	15,94	9,56	7,97	5,10	337,08
SAN ANTONIO	64,50	49,03	32,26	29,03	16,13	9,67	5,16	5,16	3,22	3,22	217,38
EL CARMEN	149,36	69,30	11,94	11,94	7,46	7,46	4,77	0	0	0	262,23
SAN PEDRO	116,19	77,07	29,64	11,85	11,85	8,89	7,41	2,96	2,96	0	268,82
SAN FRANCISCO	90,01	21,18	19,06	13,23	7,94	4,23	4,23	0	0	0	159,38
MACHOY	32,50	13,55	10,84	10,84	10,84	8,13	6,77	0	0	0	93,47
PUENTE PUTUMAYO	47,38	10,53	10,53	15,79	17,10	13,16	13,16	4,21	4,21	2,63	138,70
BALSAYACO	39,73	13,07	13,07	7,84	5,22	4,18	2,61	2,61	0	0	83,33
Total	1.129,03	484,57	195,99	147,65	105,65	79,33	76,08	28,84	22,70	15,29	2.285,13

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 c.c. DIA DE HCl 0,01 N
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	D I A S										Total lixiv.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
-DIVISO	52,65	14,62	11,70	11,70	11,70	4,68	4,68	2,92	2,92	0	117,57
CAROLINA	67,96	42,40	32,62	20,66	10,87	10,87	9,78	8,15	4,34	0	207,65
SANTIAGO	51,40	48,69	32,46	17,31	9,73	8,11	6,75	6,75	0	0	181,20
GARZON	120,17	36,78	15,32	11,03	9,19	6,13	0	0	0	0	198,62
SAN ANTONIO	107,28	26,82	26,82	12,87	10,72	10,72	10,72	9,65	8,04	4,29	227,93
EL CARIEN	39,93	21,02	10,51	6,56	5,25	4,20	0	0	0	0	87,47
SAN PEDRO	92,19	60,58	34,24	23,70	10,53	7,90	6,58	6,58	2,63	2,63	247,56
SAN FRANCISCO	19,09	14,95	8,18	8,18	7,63	7,63	6,54	4,36	2,72	2,72	82,00
MACHOY	47,34	14,41	14,41	14,41	7,89	7,89	7,89	7,80	2,63	0	124,67
PUENTE PUTUMAYO	58,63	26,08	19,82	23,47	20,86	16,69	14,29	10,43	7,82	7,82	205,91
BALSAYACO	49,94	28,91	15,77	10,51	4,20	7,88	6,57	2,62	0	0	126,40
Total	706,58	335,26	221,85	160,40	108,57	92,70	73,80	59,26	31,10	17,46	1806,98

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 c.c. DIA DE HCl 0,01 N
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	D I A S										Total lixiv.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SAN ANDRES	110,72	58,61	13,02	13,02	8,07	8,07	5,21	5,2	5,21	3,21	230,35
COLON	200,82	76,78	29,50	50,06	39,80	20,67	20,67 ^m	4,72	4,72	2,95	459,69
SIBUNDOY	51,89	28,00	23,06	14,41	14,41	8,64	4,61	0	0	0	145,02
HIDRAULICA	411,26	145,83	67,66	58,33	40,83	29,16	19,83	8,75	7,23	4,66	793,54
VICHOY	45,67	14,42	12,02	10,81	7,45	7,21	7,21	4,80	4,80	3,00	117,39
SALVADOR	87,33	81,09	37,42	18,71	7,79	4,99	3,11	0	0	0	240,44
LAS CDCHAS	56,86	34,11	28,43	22,74	19,33	19,33	18,19	8,52	8,52	4,54	220,57
Total	964,55	438,84	211,11	197,08	137,68	98,07	73,83	32,00	30,48	18,36	2207,00

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 c.c. DIA DE HCl 0,01 N
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (segunda. capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	D I A S										Total lixiv.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SAN ANDRES	56,77	15,77	15,77	12,61	5,04	5,04	0	0	0	0	111,00
COLON	170,67	64,91	33,57	25,18	19,58	13,99	8,39	4,47	4,47	2,79	348,02
SIBUNDOY	74,41	39,68	35,82	22,04	11,02	8,26	6,89	6,89	2,75	2,75	210,51
HIDRAULICA	89,36	72,61	50,26	22,34	13,96	17,87	11,17	4,46	0	0	282,03
VICHOY	100,04	35,65	19,19	19,19	30,16	24,68	10,97	10,97	4,38	4,33	259,61
SALVADOR	67,99	66,47	25,32	9,49	9,49	5,06	5,06	5,06	0	0	193,94
LAS COCHAS	68,67	35,71	49,44	35,71	30,21	17,58	17,58	24,72	15,05	10,98	305,65
Total	627,91	330,80	229,37	146,56	119,46	92,48	60,06	56,57	26,65	20,90	1710,76

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 c.c. DIA DE HCl 0,01 N
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

(primera capa)

Nombre de la muestra	D I A S										Total lixiv.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
FABRICA DE MENTA	31,89	31,89	31,89	31,89	22,32	15,94	12,75	3,18	3,18	0	184,93
SECAYACO	96,50	48,27	32,18	26,82	21,45	18,77	18,77	13,41	10,72	8,04	294,93
BALSAYACO	55,50	42,18	33,30	13,87	13,87	13,87	11,10	8,32	8,32	4,44	204,77
LA MISTÓN	142,89	59,54	35,72	11,90	7,44	4,76	4,76	0	0	0	267,01
TINCHOY	80,82	37,30	24,86	18,65	15,64	12,43	12,43	9,32	9,32	4,97	225,64
LAGUNA LAS COCHAS	39,59	12,50	12,50	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	7,81	7,81	132,26
Total	447,19	231,68	170,45	113,54	91,03	76,18	70,22	44,64	39,35	25,26	1309,54

(segunda capa)

FABRICA DE MENTA	28,63	10,84	30,13	51,23	51,23	49,66	40,62	27,17	19,28	12,05	320,84
SECAYACO	77,01	55,25	22,10	22,10	22,10	14,54	14,54	15,93	8,72	8,72	261,01
BALSAYACO	139,11	89,47	53,94	34,06	18,16	4,54	4,54	4,54	4,54	2,83	355,73
Total	244,75	155,56	106,17	107,39	91,49	68,74	59,70	47,64	32,54	23,60	937,58

T A B L A L I V

CONTENIDOS DE SODIO TOTAL E INTERCAMBIABLE CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa		Segunda capa	
	Na Total	Na Intercambiab.	Na Total	Na Intercamb.
		NH ₄ O Ac		NH ₄ O Ac
ADIVISO	5.987,28	15,75	4.516,20	6,43
CAROLINA	4.370,65	9,93	4.262,60	3,26
SANTIAGO	4.755,36	12,48	3.755,98	10,82
GARZON	5.945,22	10,84	5.150,46	10,42
SAN ANTONIO	5.471,72	12,90	4.033,72	9,11
EL CARMEN	3.656,39	14,93	2.228,12	6,83
SAN PEDRO	5.857,35	5,92	4.319,76	4,21
SAN FRANCISCO	3.685,32	9,00	3.645,27	8,18
MACHOY	4.401,04	17,34	4.492,04	12,62
PUENTE PUTUMAYO	3.243,24	14,74	2.681,53	15,12
BALSAYACO	3.638,68	10,45	4.310,74	7,88
Máximo	5.987,28	17,34	5.150,46	15,12
Promedio	4.637,47	12,20	3.945,12	8,62
Mínimo	3.243,24	5,92	2,228,12	3,26
%	100,00	0,26	100,00	0,21

T A B L A LV

CONTENIDOS DE SODIO TOTAL E INTERCAMBIABLE CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa		Segunda capa	
	Na Total	Na Intercamb. NH ₄ O Ac	Na Total	Na Intercamb. NH ₄ O Ac
SAN ANDRES	6.018,02	9,11	4.113,14	7,57
COLON	4.040,04	7,67	3.357,60	1,13
SIBUNDOY	3.390,40	19,02	2.469,37	13,73
HIDRAULICA	2.823,41	21,58	3.273,10	7,81
VICHOY	4.664,14	25,24	3.597,19	23,58
SALVADOR	4.865,64	14,97	3.444,06	10,12
LAS COCHAS	4.344,10	17,05	2.175,62	18,67
Máximo	6.018,02	25,24	4.113,14	23,58
Promedio	4.306,53	16,37	3.204,29	11,80
Mínimo	2.823,41	7,67	2.175,62	1,13
%	100,00	0,38	100,00	0,36

T A B L A LVI

CONTENIDOS DE SODIO TOTAL E INTERCAMBIABLE CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa		Segunda capa	
	Na Total	Na Intercamb. NH ₄ O Ac	Na Total	Na Intercamb. NH ₄ O Ac
FABRICA DE MENTA	2.796,33	34,44	699,49	30,13
SECAYACO	3.518,78	36,47	4.001,75	11,63
BALSAYACO	2.131,39	18,87	2.463,38	18,73
LA MISION	2.200,59	36,91	-	-
TINCHOY	2.486,80	16,78	-	-
LAGUNA LAS COCHAS	3.229,89	15,62	-	-
Máximo	3.518,78	36,91	4.001,75	30,13
Promedio	2.727,29	26,51	2.388,20	20,16
Mínimo	2.131,39	15,62	699,49	11,63
% de sodio	100,00	0,97	100,00	0,84

T A B L A LVII

RELACION K/Na EN SUS FRACCIONES TOTAL E INTERCAMBIABLE
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRA--
DERA

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa		Segunda capa	
	K/Na Total	K/Na Intercamb.	K/Na Total	K/Na Intercamb.
DIVISO	0,27	14,6202	0,68	10,91
CAROLINA	1,75	15,55	1,76	173,44
SANTIAGO	1,21	15,31	1,44	105,01
GARZON	0,90	31,77	0,81	13,65
SAN ANTONIO	2,09	29,01	2,32	20,72
EL CARMEN	1,71	24,01	2,66	9,23
SAN PEDRO	1,88	58,08	2,03	56,30
SAN FRANCISCO	0,84	16,47	1,60	58,70
CHACHOY	1,81	5,62	1,75	145,87
PUENTE PUTUMAYO	1,68	8,28	2,03	10,76
BALSAYACO	1,30	6,00	1,28	12,00
Máximo	2,09	58,08	2,66	173,44
Promedio	1,40	20,42	1,66	56,05
Mínimo	0,27	5,62	0,68	9,23

T A B L A LVIII

RELACION K/Na EN SUS FRACCIONES TOTAL E INTERCAMBIABLE
CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CUL-
TIVO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa		Segunda capa	
	K/Na Total	K/Na Intercamb.	K/Na Total	K/Na Intercamb.
SAN ANDRES	0,76	24,30	0,70	11,66
COLON	2,09	60,06	1,29	213,90
SIBUNDOY	1,59	13,09	2,34	17,65
HIDRAULICA	1,78	29,73	2,64	229,56
VICHOY	1,43	4,76	1,66	6,51
SALVADOR	1,71	29,16	2,00	23,77
LAS COCHAS	2,16	10,40	2,62	19,12
Máximo	2,16	60,06	2,64	229,56
Promedio	1,64	24,50	1,89	74,59
Mínimo	0,76	4,76	0,70	6,51

T A B L A LIX

RELACION K/Na EN SUS FRACCIONES TOTAL E INTERCAMBIABLE
CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PAN-
TANO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Primera capa		Segunda capa	
	K/Na Total	K/Na Intercamb.	K/Na Total	K/Na Intercamb.
FABRICA DE MENTA	1,31	14,81	4,61	13,60
SECAYACO	3,32	8,53	2,99	14,00
BALSAYACO	2,42	11,76	4,60	15,75
LA MISION	1,44	6,45	-	-
TINCHOY	1,48	12,22	-	-
LAGUNA LAS COCHAS	2,40	8,67	-	-
Máximo	3,32	14,81	4,61	15,75
Promedio	2,06	10,40	4,06	14,45
Mínimo	1,31	6,45	2,99	13,60

T A B L A LX

CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Calcio NH ₄ OAc N	Magnesio NH ₄ OAc N	Ca/Mg
		66,32	4,01
DIVISO	266,40	100,65	5,04
CAROLINA	507,70	99,01	5,94
SANTIAGO	390,85	77,56	2,96
GARZON	229,64	227,54	4,02
SAN ANTONIO	916,25	159,82	3,58
EL CARMEN	573,55	100,92	3,40
SAN PEDRO	343,85	149,37	5,41
SAN FRANCISCO	804,84	93,58	4,40
MACHOY	411,92	147,25	16,08
PUENTE PUTUMAYO	2.369,25	127,14	4,76
BALSAYACO	606,44	227,54	16,08
Máximo	2.369,29	122,65	5,23
Promedio	674,60	66,32	2,96
Mínimo	229,64		

T A B L A LXI

CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Calcio	Magnesio	Ca/Mg
	NH ₄ OAc N	NH ₄ OAc N	
		25,60	2,74
DIVISO	70,20	39,66	2,79
CAROLINA	108,74	118,43	3,10
SANTIAGO	367,94	40,26	3,35
GARZON	134,89	173,50	3,58
SAN ANTONIO	622,22	51,12	5,13
EL CARMEN	262,75	60,21	3,16
SAN PEDRO	189,64	99,53	13,15
SAN FRANCISCO	1.309,68	121,52	2,77
MACHOY	336,64	123,07	15,93
PUENTE PUTUMAYO	1.961,59	147,02	3,57
BALSAYACO	525,70		15,93
		173,50	5,38
Máximo	1.961,59	90,90	2,74
Promedio	535,45	25,60	
Mínimo	70,20		

T A B L A LXII

CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (primera capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Calcio	Magnesio	Ca/Mg
	NH ₄ OAc N	NH ₄ OAc N	
	547,09	245,51	2,22
SAN ANDRES	1.110,42	119,22	9,31
-COLDN	622,72	98,16	6,34
-SIBUNDOY	548,34	390,14	1,40
HIDRAULICA	853,49	138,86	6,14
VICHOY	523,99	151,70	3,45
SALVADOR	2.433,60	193,59	12,57
LAS COCHAS			
	2.433,60	390,14	12,57
Máximo	948,52	191,02	5,91
Promedio	523,99	98,16	1,40
Mínimo			

T A B L A LXIII

CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO (segunda capa)

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	Calcio $\frac{\text{NH}_4\text{OAc N}}{4}$	Magnesio $\frac{\text{NH}_4\text{OAc N}}{4}$	Ca/Mg
SAN ANDRES	176,63	69,04	2,55
COLON	805,82	268,10	3,00
SIBUNDOY	374,81	120,64	3,10
HIDRAULICA	245,76	95,08	2,58
VICHOY	713,05	153,40	4,64
SALVADOR	557,12	115,47	4,82
LAS COCHAS	1.736,10	164,34	10,56
Máximo	1.736,10	268,10	10,56
Promedio	658,47	140,86	4,46
Mínimo	176,63	69,04	2,55

T A B L A LXIV

CONTENIDOS DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg CORRESPONDIENTE
A LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

Resultados en p.p.m.

Nombre de la muestra	(primera capa)		
	Calcio	Magnesio	Ca/Mg
	NH ₄ OAc N	NH ₄ OAc N	
		341,27	6,27
FABRICA DE MENTA	2.143,17	293,51	3,36
SECAYACO	986,97	211,93	5,76
BALSAYACO	1.221,11	293,94	3,15
LA MISION	928,82	291,81	3,79
TINCHOY	1.106,62	168,50	14,83
LAGUNA LAS COCHAS	2.500,56	341,27	14,83
Máximo	2.500,56	266,82	6,19
Promedio	1.481,20	168,50	3,15
Mínimo	928,82		
	(segunda capa)		
	Calcio	Magnesio	Ca/Mg
	NH ₄ OAc N	NH ₄ OAc N	
		285,84	6,74
FABRICA DE MENTA	1.928,80	212,18	2,96
SECAYACO	628,18	207,06	5,09
BALSAYACO	1.055,73	285,84	6,74
Máximo	1.928,80	235,02	4,93
Promedio	1.204,23	207,06	2,96
Mínimo	628,18		

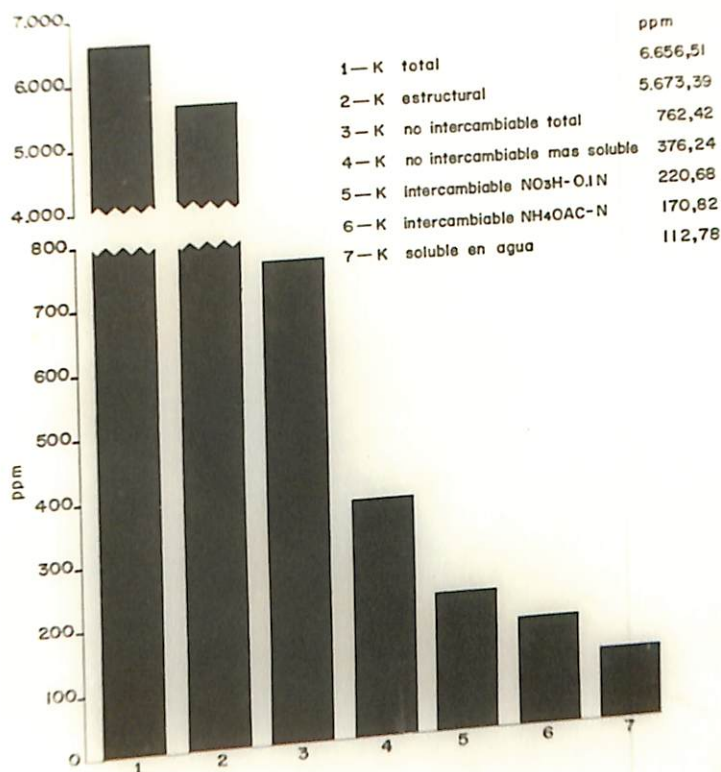


Figura No. 14 Contenido promedio de las fracciones de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (primera capa)

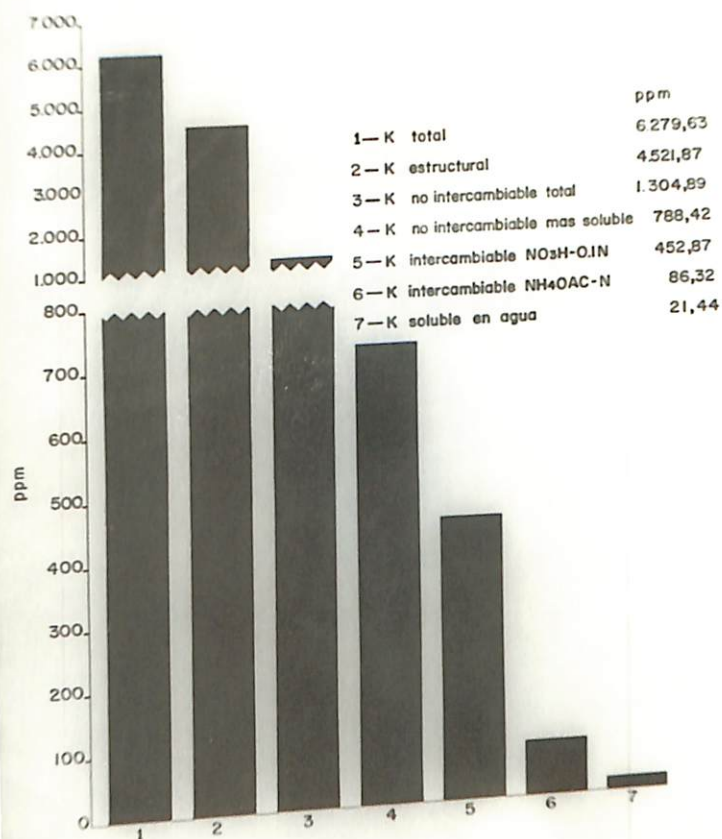


Figura No. 15 Contenido promedio de las fracciones de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera (segunda capa)

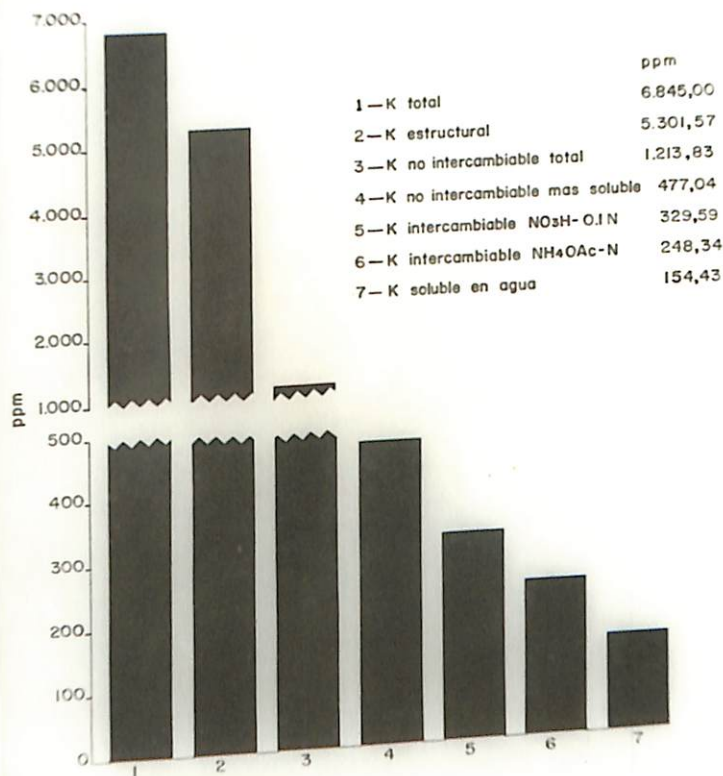


Figura No. 16 Contenido promedio de las fracciones de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (primera capa)

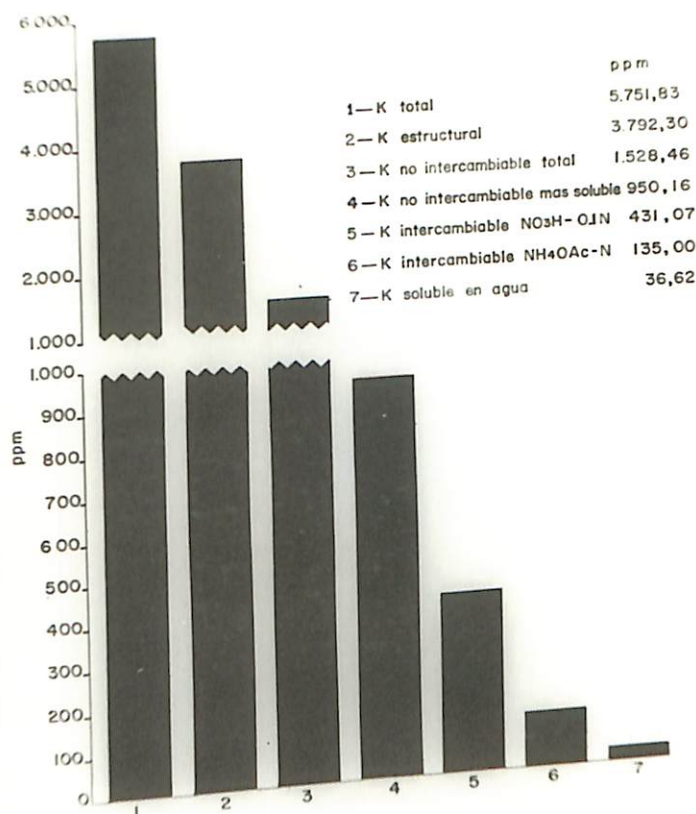


Figura No. 17 Contenido promedio de las fracciones de potasio correspondientes a los suelos bajo condiciones de cultivo (segunda capa)

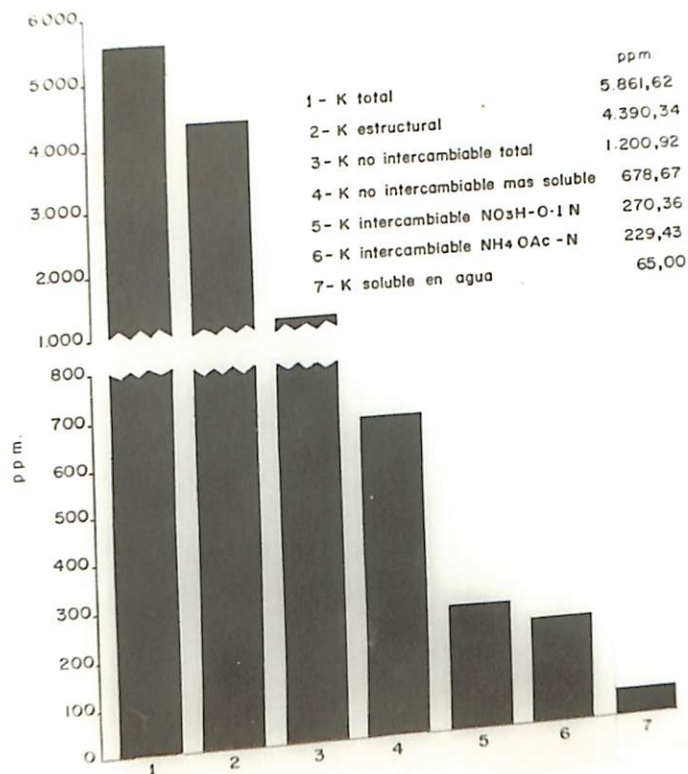


Figura No. 18

Contenido promedio de las fracciones
de potasio correspondientes a los sue
los bajo condiciones de pantano
(primera capa)

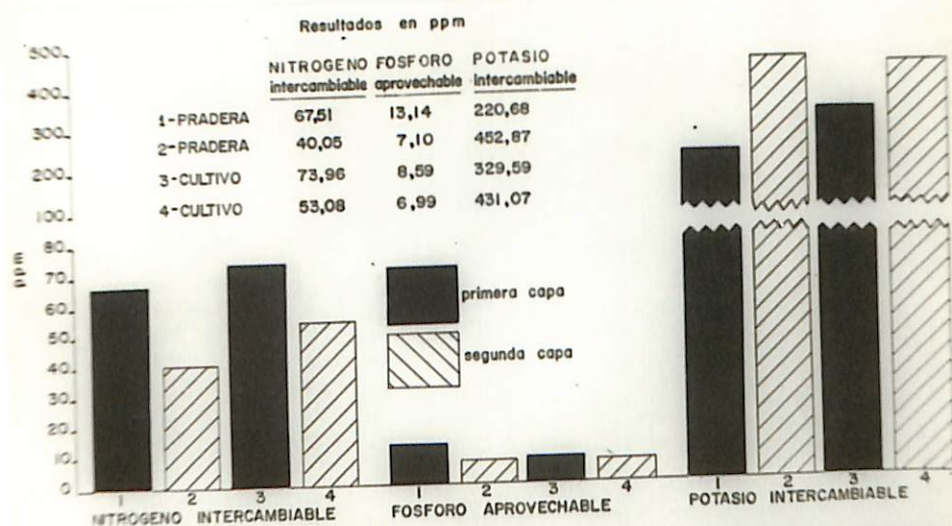


Figura No. 19 Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno intercambiable, fósforo aprovechable y potasio intercambiable correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera y cultivo.

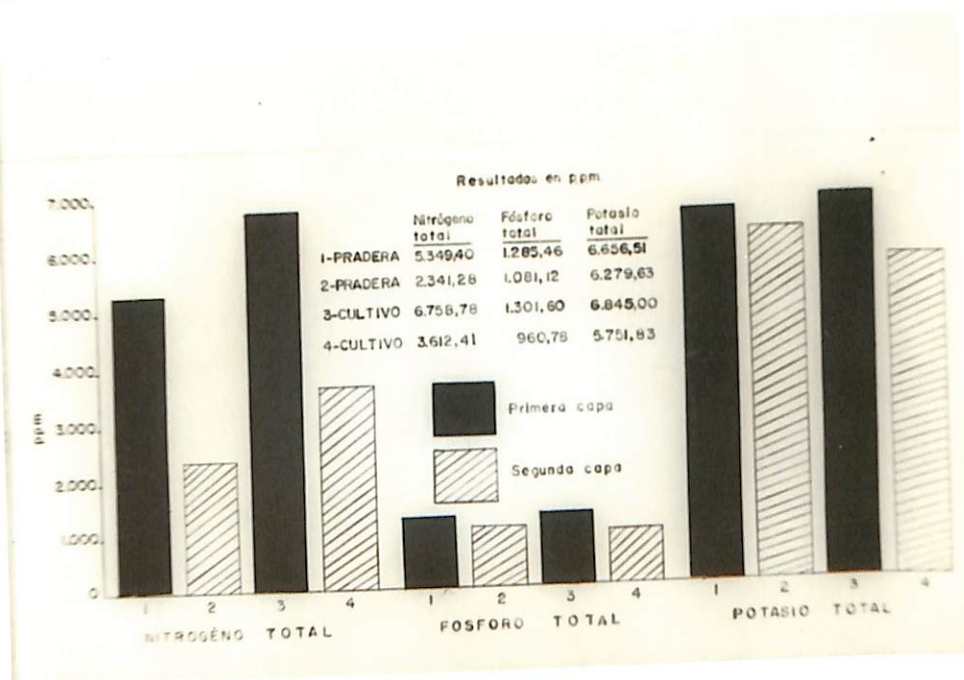


Figura No. 20 Comparación entre los contenidos promedios de nitrógeno total, fósforo total y potasio total correspondientes a los suelos bajo condiciones de pradera y cultivo.

Las relaciones entre el potasio total y el intercambiable no fueron significativas en ninguna de las condiciones, a excepción (nivel del 5%), de los suelos bajo condiciones de cultivo.

Estas relaciones demuestran, en cuanto al nitrógeno, que la fracción total, tal como lo encontró Molina (119), no es un índice confiable para señalar su asequibilidad a las plantas. Con referencia al fósforo, salvo en las condiciones de pantano, la fracción orgánica no parece ser la que regula la dinámica del fósforo. Para el potasio se obtiene una conclusión muy similar como para el caso del nitrógeno. La fracción total en los suelos estudiados parece mostrar una relación directa con el potasio estructural pero no con el potasio intercambiable.

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAM-
BIABLE, BAJO LAS CONDICIONES DE PRADERA CULTIVO Y PANTANO (")

	Linea de regresión	"r" obtenido	"r" tabulado 5%	1%	Grados de Libertad
PRADERA:					
Primera capa	$Y = 0,0026X + 0,3536$	0,3531 N S	0,576	0,708	10
Segunda capa	$Y = 0,0025X + 0,1290$	0,3431 N S	0,576	0,708	10
CULTIVO:					
Primera capa	$Y = 0,0072X + 0,1385$	0,6627 N S	0,707	0,834	6
Segunda capa	$Y = 0,0025X + 0,2242$	0,3650 N S	0,707	0,834	6
PANTANO:					
Primera capa	$Y = 0,0083X + 0,4300$	0,9112 ++	0,754	0,874	5

++ Altamente significativo

N S No significativo

(") Ver apendice No. 1

RELACIONES ESTADÍSTICAS ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE
BAJO LAS CONDICIONES DE PRADERA, CULTIVO Y PANTANO

	Línea de regresión	"r" obtenido	"r" tabulado 5%	1%	Grados de Libertad
PRADERA:					
Primera capa	$Y = 0,0003X + 0,5928$	0,1726 N S	0,576	0,708	10
Segunda capa	$Y = 0,00009X + 0,5828$	0,290 N S	0,576	0,708	10
CULTIVO:					
Primera capa	$Y = -0,00008X + 0,70571$	-0,083 N S	0,707	0,834	6
Segunda capa	$Y = 0,0002X + 0,4852$	0,8223 +	0,707	0,834	6
PANTANO					
Primera capa	$Y = -0,00033X + 0,6666$	-0,08256 N S	0,754	0,874	5

+ Significativo a nivel de 5%

N S No significativo

RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO
BAJO LAS CONDICIONES DE PRADERA, CULTIVO Y PANTANO

	Línea de regresión	"r" obtenido	"r" 5%	tabulado 1%	Grados de Libertad
PRADERA:					
Primera capa	$Y=0,00006X + 0,0990$	0,2840 N S	0,576	0,708	10
Segunda capa	$Y=0,00014X + 0,0600$	0,1730 N S	0,576	0,708	10
CULTIVO					
Primera capa	$Y=0,00026X + 0,0300$	0,1677 N S	0,707	0,834	6
Segunda capa	$Y=0,00018X + 0,00903$	0,2898 N S	0,707	0,834	6
PANTANO:					
Primera capa	$Y=0,000207 + 0,06307$	1,0327 ++	0,754	0,874	5

++ Altamente significativo

N S No significativo

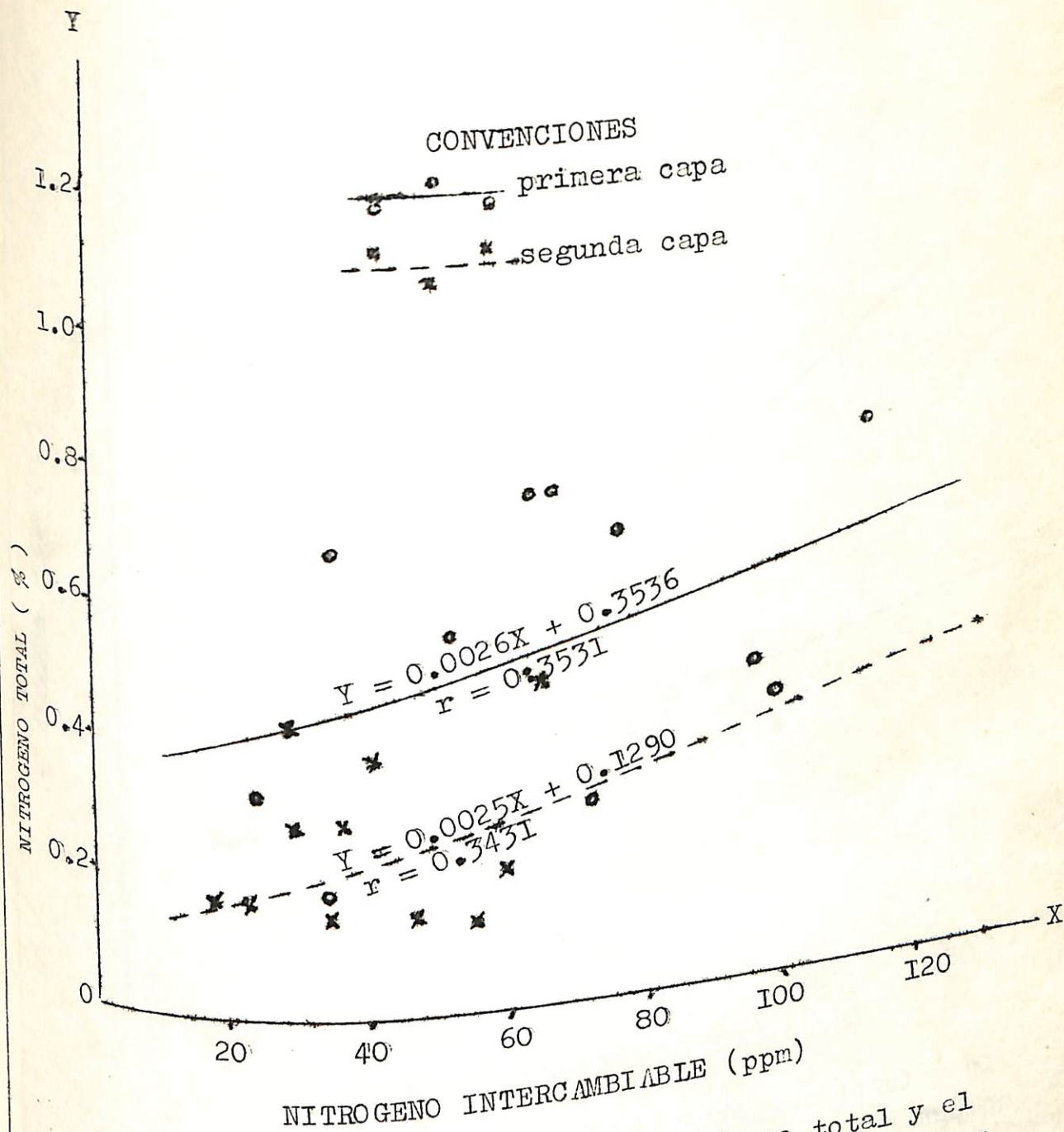


Figura Nº 21 Relación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable, en los suelos bajo condiciones de pradera (primera y segunda capas).

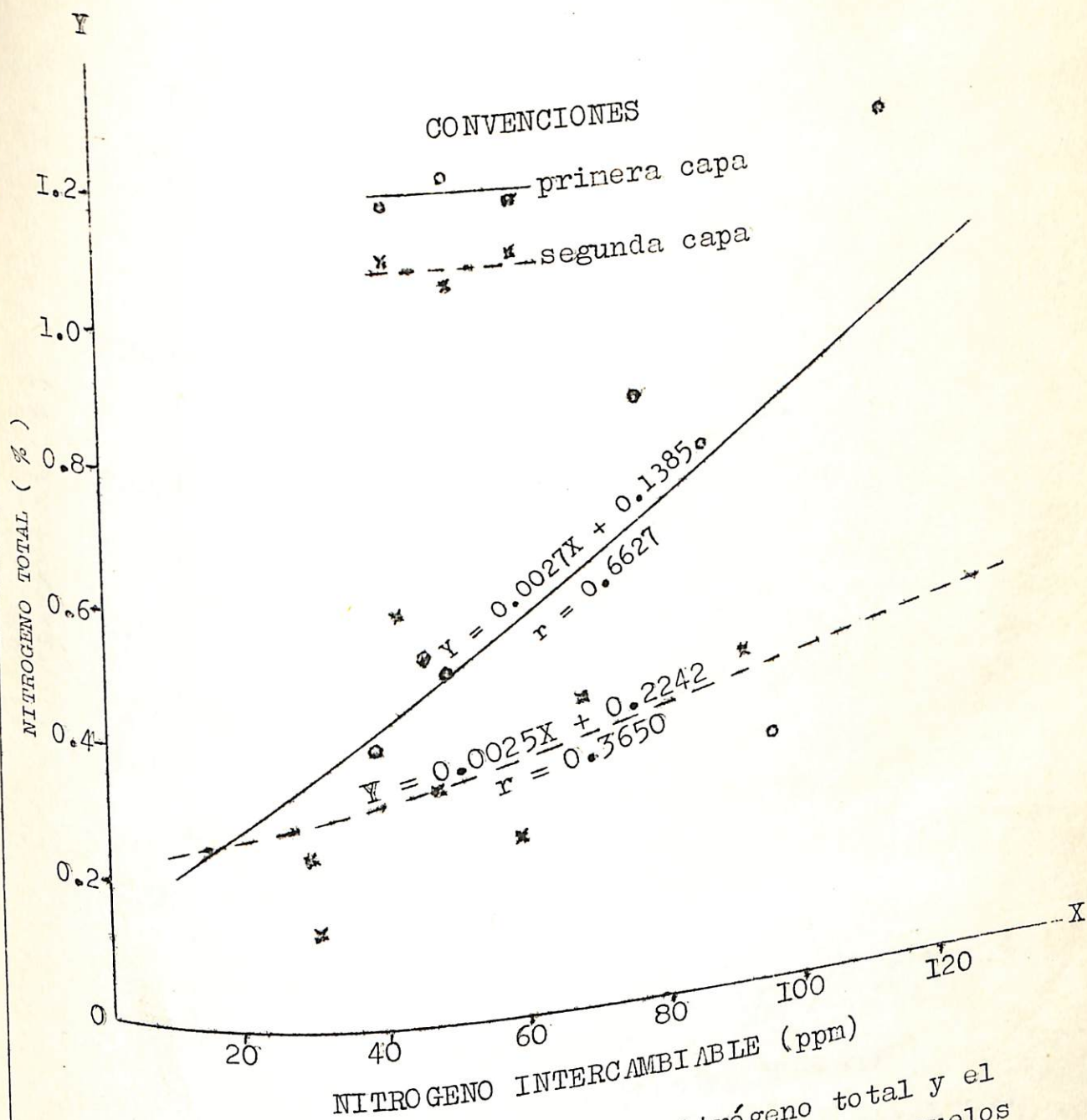


Figura Nº 22 Relación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable, en los suelos bajo condiciones de cultivo (primera y segunda capas).

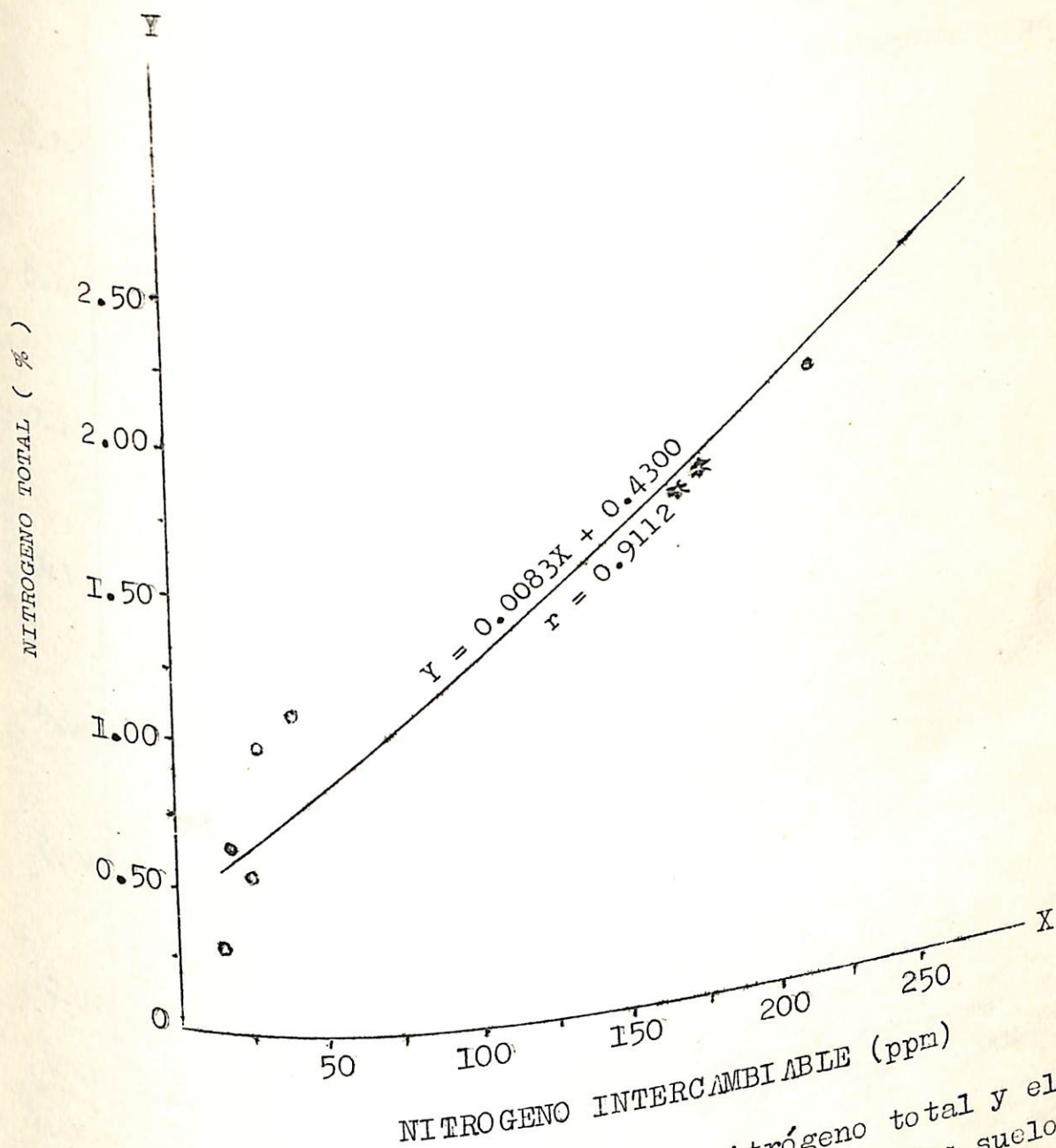


Figura Nº 23 Relación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable, en los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa).

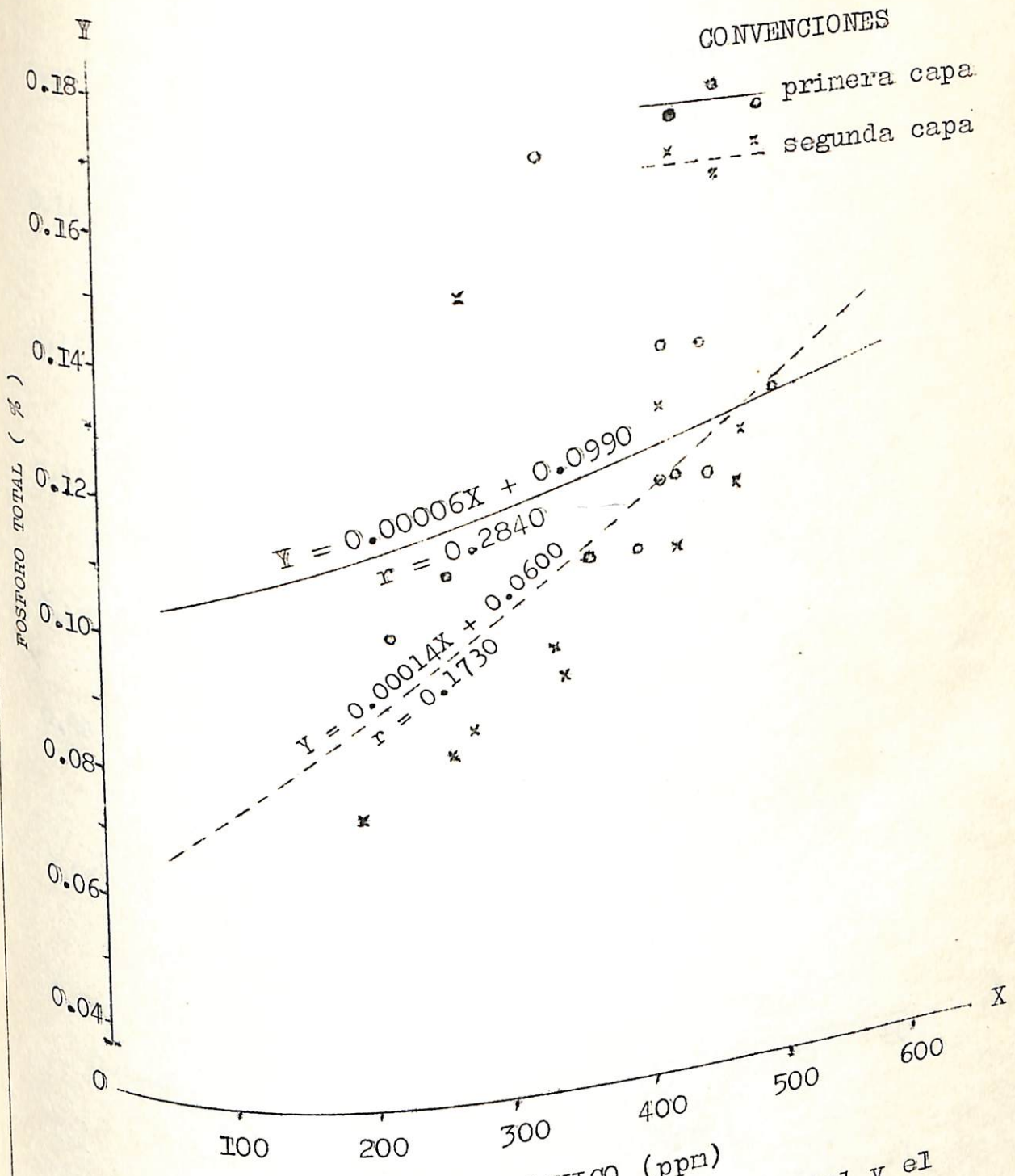


Figura Nº 24 Relación entre el fósforo total y el fósforo orgánico, en los suelos bajo condiciones de pradera (primera y segunda capas).

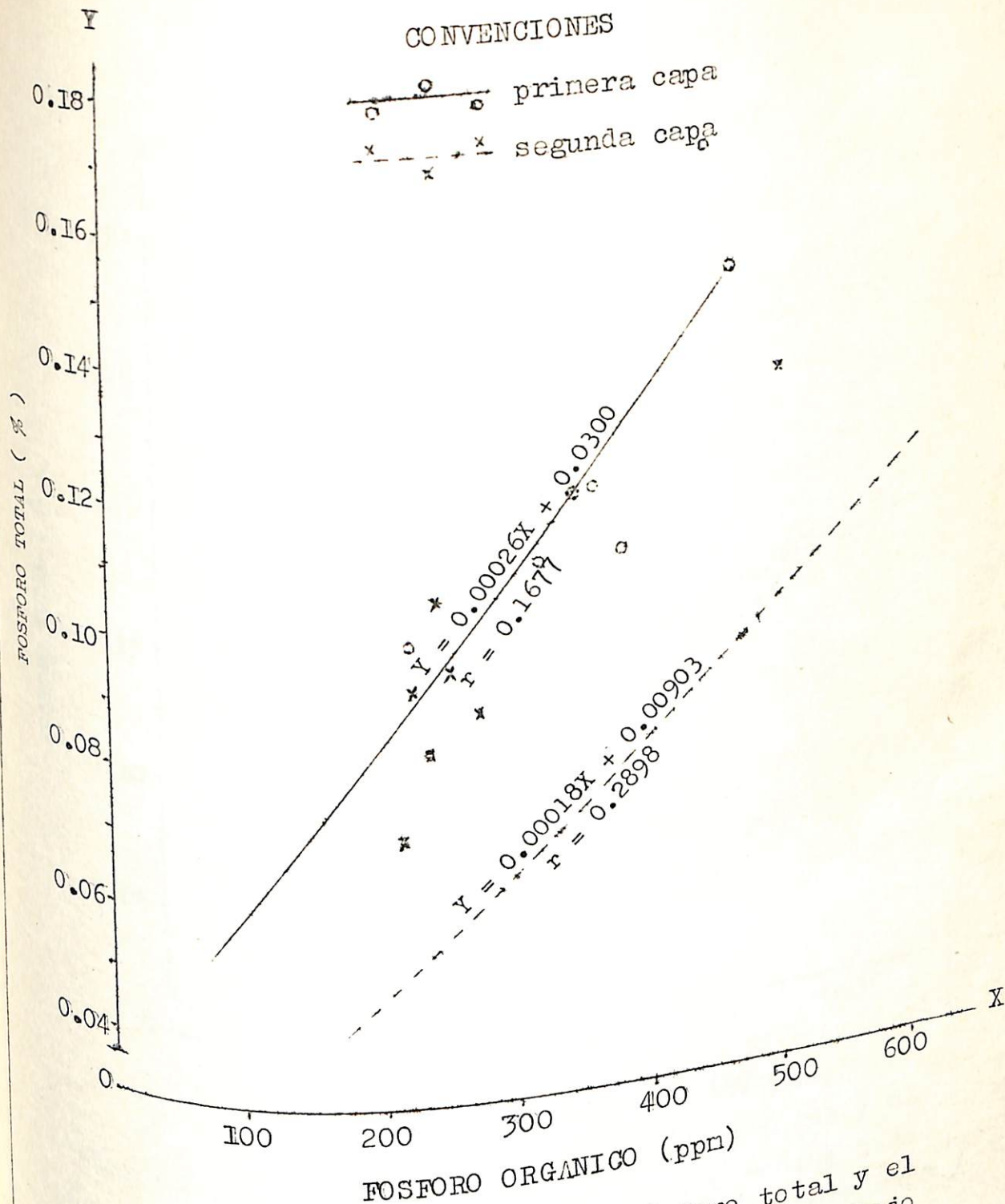


Figura Nº 25

Relación entre el fósforo total y el fósforo orgánico, en los suelos bajo condiciones de cultivo (primera y segunda capas).

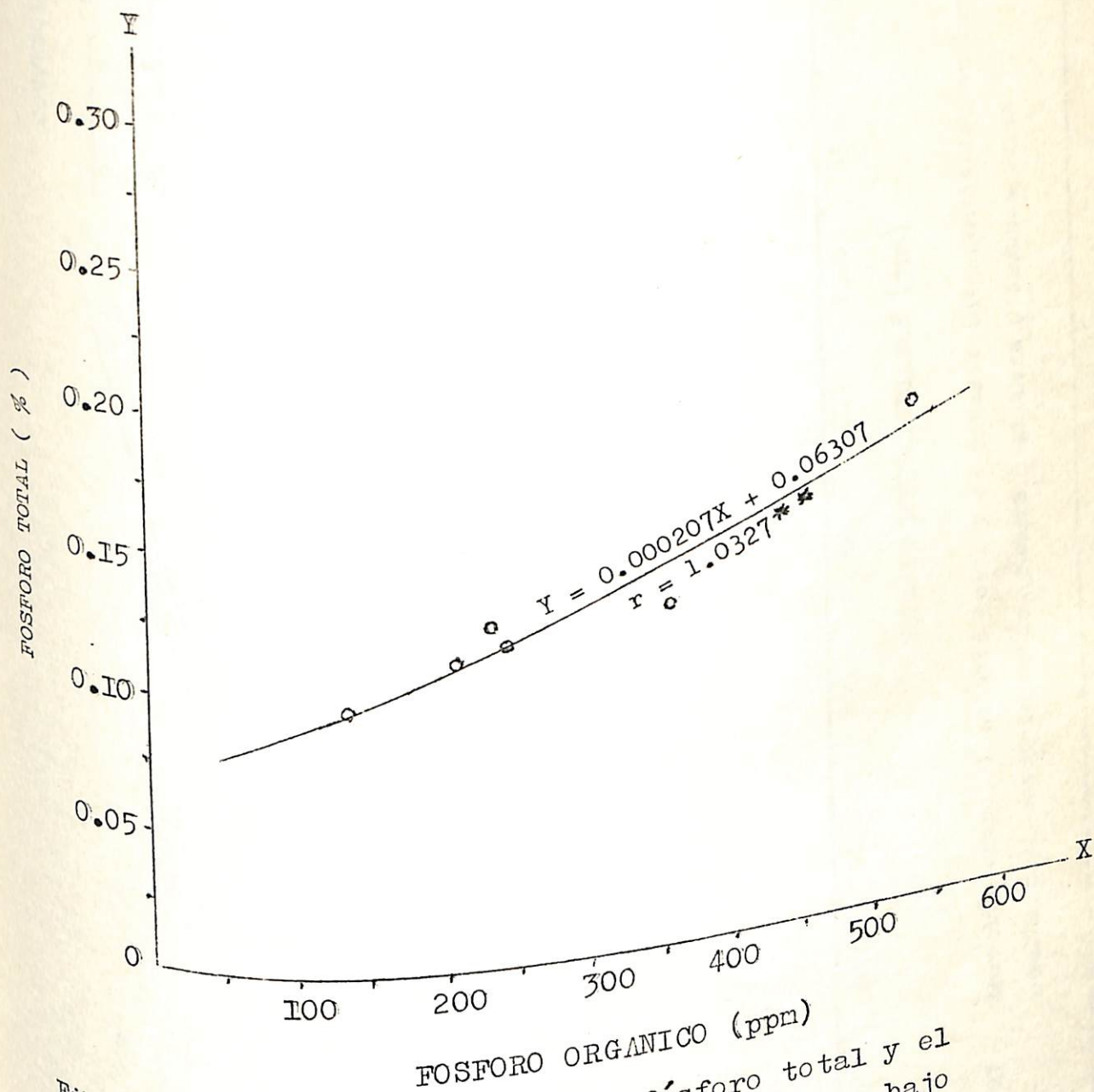


Figura Nº 26 Relación entre el fósforo total y el fósforo orgánico, en los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa)

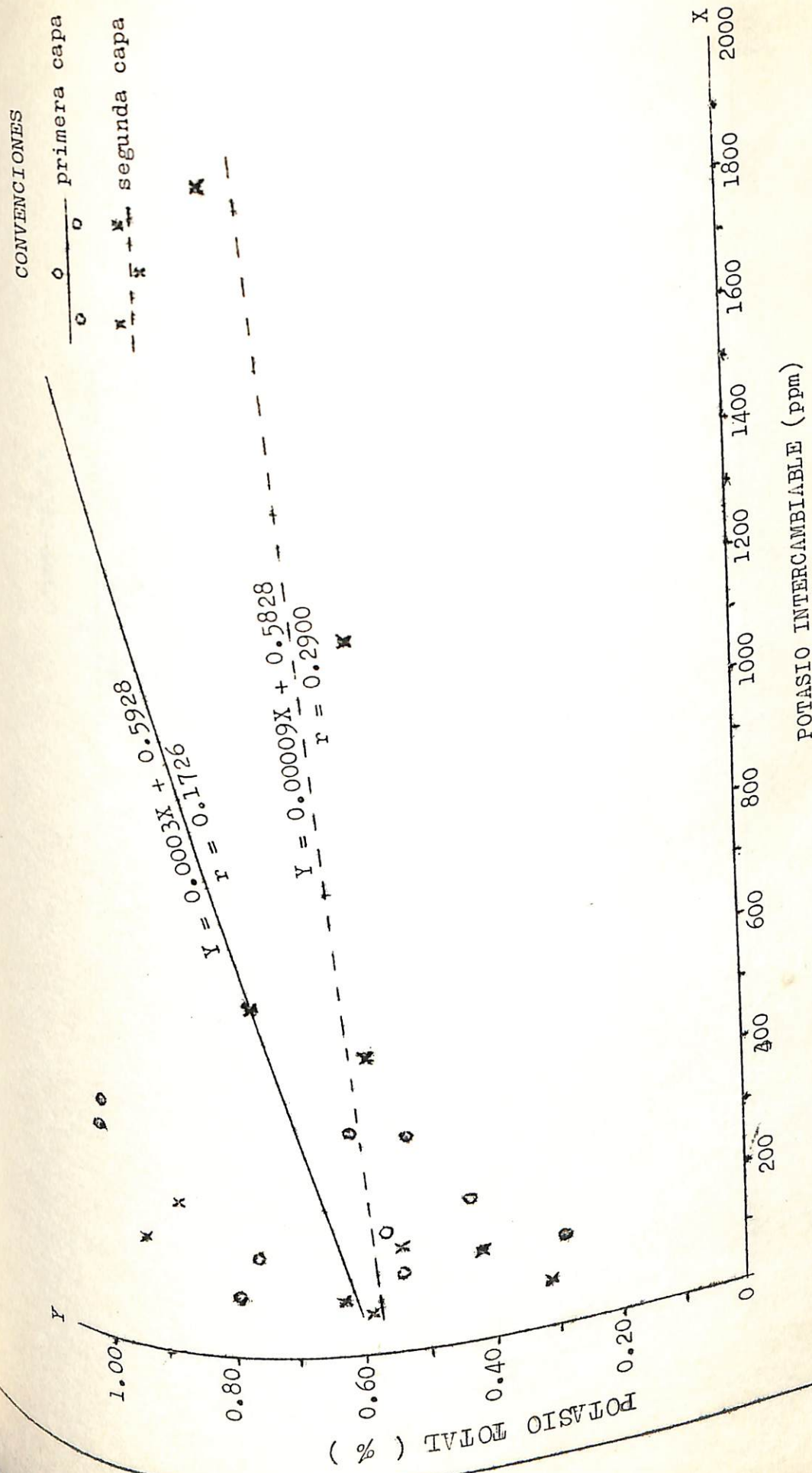


Figura No. 27 Relación entre el potasio total y el potasio intercambiable, en los suelos bajo condiciones de pradera (primera y segunda capas).

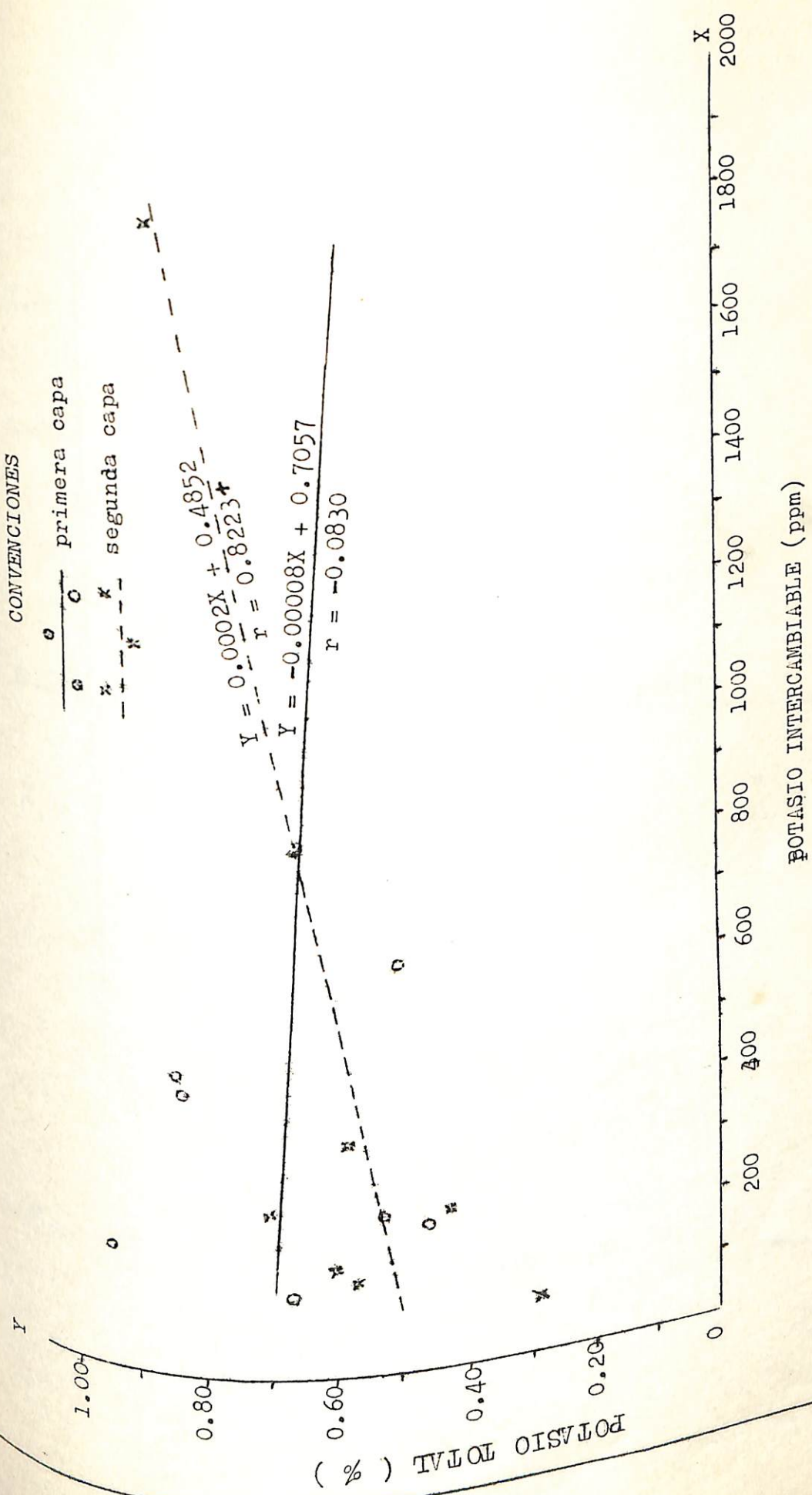


Figura 28 Relación entre el potasio total y el potasio intercambiable, en los suelos bajo condiciones de cultivo (primera y segunda capas).

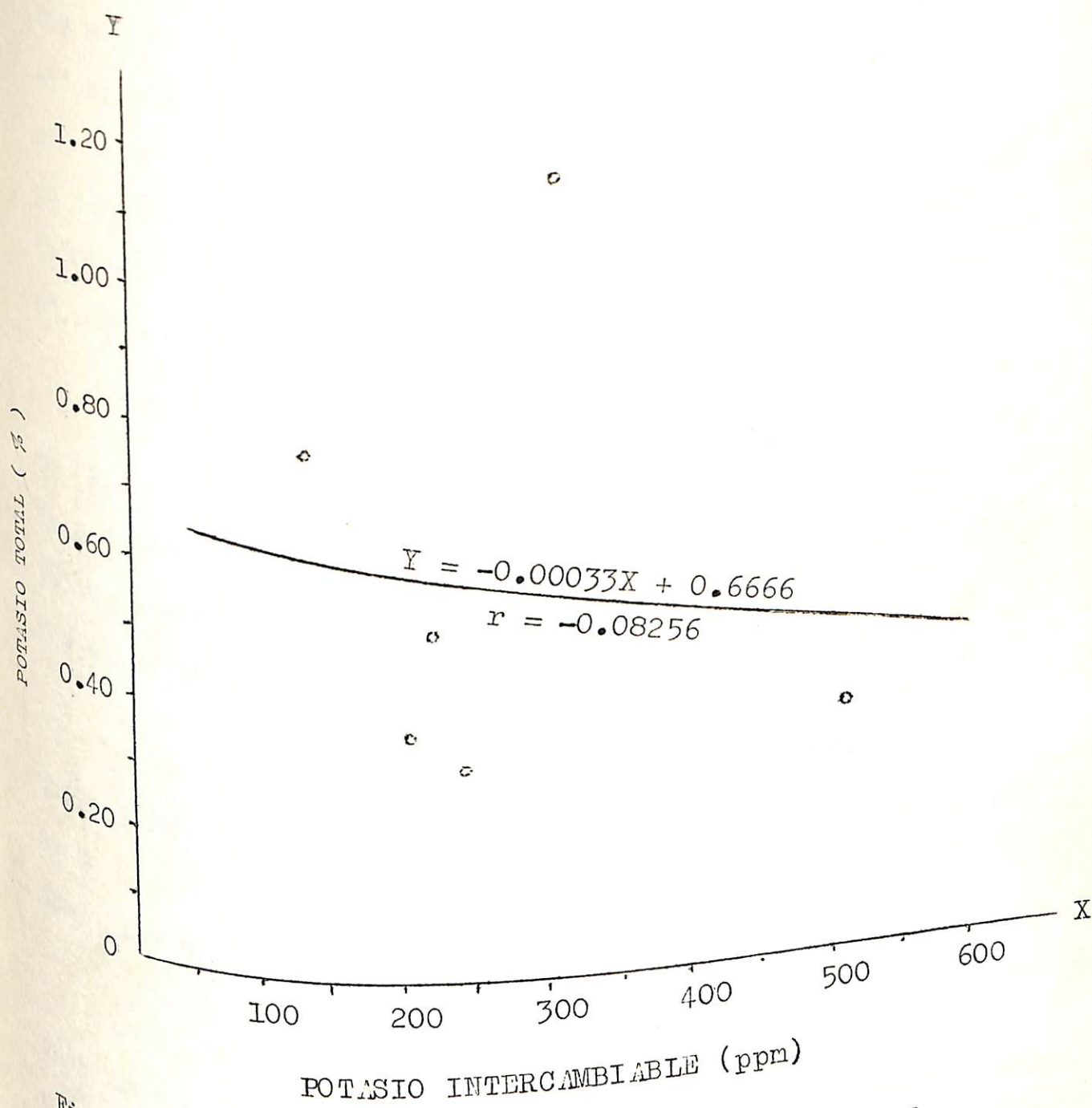


Figura Nº 29

Relación entre el potasio total y el potasio intercambiable, en los suelos bajo condiciones de pantano (primera capa).

V CONCLUSIONES

1.- En general, los suelos del Valle de Sibundoy son de textura predominante franco o franco limosa, ácidos, con abundancia de materia orgánica, relación C/N y capacidad catiónica de cambio muy variables, siendo pobres en calcio, magnesio y sodio de cambio. Las condiciones químicas de los suelos del Valle de Sibundoy son afectadas en forma considerable por el mal drenaje de los suelos..

2.- El contenido de nitrógeno total es muy alto (2,5 - 0,9% en promedio), en la primera capa y alto en la segunda (0,23 - 0,9% en promedio). Los mayores porcentajes se encontraron en los suelos de pantano y los menores en suelos de pradera.

3.- El nitrógeno orgánico en las dos capas de suelo estudiadas representa entre el 96 y 98% del nitrógeno total, correspondiendo siempre los mayores porcentajes a las condiciones de pantano.

4.- Los contenidos de $N-NH_4$ inorgánico total oscilaron entre 3,2 y 1,81% del nitrógeno total. El $N-NH_4$ nativo fijo varió entre 2,21 y 1,15% del nitrógeno total. El $N-NH_4$ intercambiable representó entre 1,71 y 0,46% del nitrógeno total. En todas estas fracciones inorgánicas los menores porcentajes correspondieron a las condiciones de pantano.

5.- El $N-NH_3$ es relativamente alto en los suelos estudiados estando sus porcentajes promedios comprendidos entre 1,06 - 0,3% del nitrógeno total

6.- Se encontró una correlación altamente significativa entre el nitrógeno total y el intercambiable en condición de pantano, mientras que no se presentó es correlación en las condiciones de pradera y cultivo.

7.- Los resultados obtenidos en el fraccionamiento del nitrógeno confirman que los suelos volcánicos presentan el máximo porcentaje de nitrógeno orgánico, mientras que las distintas fracciones de nitrógeno inorgánico son más bajas en suelos derivados de cenizas volcánicas que en otro tipo de suelos.

8.- El fósforo total de los suelos estudiados varió en promedio para la primera y segunda capas entre 1.301 y 960 ppm. La distribución del fósforo total es bastante homogénea en el perfil.

9.- El fósforo inerte representó un promedio entre 37 y 30% del fósforo total, mientras que los porcentajes promedios para el fósforo orgánico estuvieron entre el 25 y 33% de fósforo total. En forma consistente se encontraron los mayores porcentajes de fósforo orgánico en la segunda capa estudiada.

10.- No se encontró relación significativa entre el fósforo total y el orgánico en condiciones de pradera y de cultivo, siendo la relación altamente significativa en la condición de pantano.

11.- Las cantidades de fósforo retenidas por el calcio (apatítico y no apatítico), fueron bajas siendo sus porcentajes promedios del 2,33 al 6,26% del fósforo total. La fracción apatítica fue mayor que la fracción no apatítica.

12.- Los fosfatos de hierro y aluminio representaron aproximadamente una cantidad 6 veces mayor que los fosfatos cálcicos, siendo ligeramente superiores las cantidades de fósforo retenidas por el aluminio que por el hierro. Los porcentajes promedios variaron entre 9,18 - 20,36% del fósforo total para el hierro y 9,18 - 20,91% para el aluminio.
14,41 - 15,36

13.- El fósforo fácilmente reemplazable es bajo, alrededor de 7 ppm. La diferencia de fósforo directamente aprovechable se atribuye mayormente a la posible presencia de alófana en los suelos estudiados.
5.861

14.- Los contenidos promedios de potasio para las dos capas estuvieron comprendidos entre 8.862 y 5.751 ppm. Dentro de cada perfil la distribución del potasio total fue bastante similar en las dos capas.

15.- El potasio estructural representó en promedio el 75% del potasio total. Las mayores cantidades de potasio estructural se obtuvieron bajo condiciones de pantano.

16.- La fracción de potasio no intercambiable, con relación al potasio total representó entre el 11,46 - 20,78%, mientras que la fracción más soluble del potasio no intercambiable estuvo comprendida entre el 15,51 - 5,67%. Excepto para las condiciones de pantano, las dos fracciones de potasio no intercambiable fueron mayores en la segunda capa.

17.- Las relaciones entre el potasio total y el intercambiable no fueron significativas en ninguna de las condiciones, a excepción (nivel del 5%) de los suelos bajo condiciones de cultivo.

18.- La extracción del potasio intercambiable fue mucho mayor, especialmente en la segunda capa, con ácido nítrico 0,1N que con acetato de amonio normal. Con ácido nítrico los porcentajes oscilaron entre 7,49 - 3,26% del potasio total, mientras que con el acetato de amonio sólo se obtuvo una variación entre el 1,37 - 3,94%. La fracción de potasio soluble en agua en promedio es la más alta encontrada en suelos colombianos (hasta 2,25% del potasio total). El potasio fue fácilmente lixiviado de estos suelos.

19.- La relación K/Na total se aproximó al 1,5 en condiciones de cultivo y pradera, mientras que en pantano la relación es más amplia hasta 4,06. La relación K/Na intercambiable es mucho más amplia, siendo su máximo valor 74,06. La relación Ca/Mg intercambiable es ligeramente superior a 4,1. Sin embargo, las cantidades de calcio y magnesio intercambiables son bajas.

VI RESUMEN

En este trabajo se estudió el fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio, correspondientes a diferentes muestras de suelos, representativas del Valle de Sibundoy (Intendencia Nacional del Putumayo, S. O.).

Los suelos se derivan principalmente de cenizas volcánicas. La precipitación pluvial promedia y la temperatura son 1.600 mm. y $16,3^{\circ}\text{C}$ respectivamente.

El nitrógeno total es alto (0,5 - 0,9%), representando el nitrógeno orgánico cerca del 97% del nitrógeno total.

El N-NH_4 inorgánico inactivo fijo fueron bajos, en promedio entre 3,2 - 1,81% y 2,21 - 1,15% de nitrógeno total, respectivamente. El N-NH_4 intercambiable está entre 0,46 y 1,71% del nitrógeno total.

El promedio total del fósforo se presentó en 1.000 ppm o más. El fósforo inerte es la fracción más grande (35% del P-total), en cambio el fósforo orgánico, varía entre 23 - 33% del fósforo total. Las fracciones de fósforo unido al aluminio y fósforo unido al hierro, son similares y representan entre 9 - 21% del fósforo total. El fósforo unido al calcio (apatítico y no apatítico), representan menos del 7% del fósforo total. El fósforo fácil-

mente reemplazable fue muy bajo, 7 ppm o menos.

El potasio total varió entre 8.862 - 5.751 ppm (en promedio), siendo el 75% potasio estructural. El potasio no intercambiable representó entre 11,46 - 20,78%. El potasio intercambiable (con $\text{NO}_3\text{H}-0,1\text{N}$) varía entre 7,49 - 3,26% del potasio total. La extracción del potasio intercambiable fue más alta con $\text{NO}_3\text{H}-0,1\text{N}$ que con acetato de amonio.

SUMMARY

In this research were studied the fractionation of nitrogen, phosphorus and potassium, corresponding to different representative soil samples of the Sibundoy Valley (National Intendence of Putumayo, S. W. of Colombia).

The soils are, mainly, derived from volcanic ashes. Average rainfall and temperature are 1.600 mm and 16.3°C , respectively.

Total-N was high (0,5 - 0,9%), representing the organic-N about 97% of total-N. Inorganic and native fixed $\text{NH}_4\text{-N}$ were low, on average, between 3.2 - 1,81% and 2.21 - 1,15% of total-N, respectively. Exchangeable $\text{NH}_4\text{-N}$ ranged between 1,71 and 0,46% of total-N.

On average, total-P ranged to 1,000 ppm or more. Inert-P was the largest inorganic fraction (35% of total-P) while the inorganic-P varied between 23 and 33% of total-P. P-Al and P-Fe fractions were similar representing between 9 and 21% of total-P. The P-Ca (apatitic and non-apatitic), contributed with less than 7% of total-P. Easily replaceable-P was very low, 7 ppm or less.

Total-K amount ranged between 8,862 and 5,751 ppm (on average), being 75% of them structural-K. Non-exchangeable-K represented between 11.46 and 20.78% of to -

tal-K. Exchangeable-K (with 0.1N- NO_3H) varied between 7.49 and 3.26% of total-K. The extraction of exchangeable-K was always higher with 0.1N- NO_3H than did with ammonium acetate.

VII BIBLIOGRAFIA

- ①. Acquaye, D.K. 1963. Some significance of soil organic phosphorus mineralizations in the phosphorus nutrition of cocoa in Ghana. Plant and soil. 19: 65-80.
2. Adams, A.F., V.W. Bartholomew and F.E. Clark. 1954. Measurement of nucleic acid components in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18: 40-46.
3. Adams, R. and F.J. Stevenson. 1964. Ammonium sorption and release from rocks and minerals. Soil Sci. Amer. Proc. 28: 345-351.
4. Ahmad, N. and R.L. Jones. 1967. Forms of occurrence of inorganic phosphorus and its chemical availability in Limestone soils of Barbados. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 184-188.
5. Albareda, J.M., V. Hernando y M. del Pilar. 1958. Interacción Ca/K en la absorción de estos elementos por la planta de trigo. I. An. Edafología y Agrobiología. 17: 221-253.
6. _____ 1958. In
teracción Ca/K en la absorción de estos elementos

por la planta de trigo. II. An. Edafología Agro
biología. 17: 503-563.

7. Albareda, J.M., V. Hernando y M. del Pilar. 1958.
Interacción Ca/K en la absorción de estos elemen-
tos por la planta de trigo. III. An. Edafología
y Agrobiología. 17: 893-934.
8. Alexander, M. 1964. Introduction to soil microbio-
logy. 2nd. ed. New York, John Wiley. 472p.
9. Allison, F.E., J.H. Doetsch and E.M. Roller. 1953.
Availability of fixed ammonium in soils containing
different clay minerals. Soil Sci. 75: 373-381.
10. Allison, F.E., M. Kefauver and E.M. Roller. 1953.
Ammonium fixation in soils. Soil Sci. Soc. Amer.
Proc. 17: 107-110.
11. Allison, F.E. and E.M. Roller. 1955. A comparison
of leaching and distillation procedures for deter-
mining fixed ammonium in soils. Soil Sci. 80:
349-362.
12. Allison, F.E. and Roller, E.M. 1955. Fixation and
release of ammonium ions by clay minerals. Soil
Sci. 80: 431-444.

13. Arnold, P.W. 1960. Nature and mode of weathering of soil potassium reserves. Jour. Sci. Ed. Agric. 11: 286-292.
14. Arnold, P.W. and B.M. Close. 1961. Release of non exchangeable potassium, from some British soils cropped in the glasshouse. Jour. Agric. Sci. 57: 295-304.
15. Aslander, A. y N. Armolik. 1965. Influencia que ejercen los materiales orgánicos sobre la fijación del potasio en el suelo. Revista de la potasa. Berna. Sección 16. Abonos y abonados potásicos. 32a cort.
16. Ayres, A.S. 1941. Sorption of potassium by soils as influenced by concentration and degree of base saturation. Soil Sci. 51: 265-272.
17. Barbier, G. 1962. La fumure potasique dans les conditions mediterrannees. La dynamique du potassium dans le soil. Inst. Inter. Potasa. Symposium. Atenas. pp. 231-258.
18. Barker, A.V. and D.N. Maynard. 1969. Potassium nutrition and ammonium assimilation by crop plants Berna potasa rev. Section 3 biology humus problems.

19. Barshad, I. 1951. Cation exchange in soils. I. Ammonium fixation and its relation to potassium fixation and to determination of ammonium exchange capacity. Soil Sci. 72: 361-371.
20. Bastidas, A. y M. Jácome. 1969. Propiedades físicas de los suelos del Valle de Sibundoy. Universidad de Nariño. I.T.A. 154p. (Tesis de grado sin publicar).
21. Bear, E.F. 1963. Suelos y fertilizantes. Trad. de la 4a. ed. Inglesa por J. Bozal. Barcelona, Omega 458p.
22. Bernsthein, B.I. and A.S. Okanenko. 1966. Effect of potassium deficiency on photosynthesis, respiration and phosphorus metabolism in ontogeny of sugar beet. Fisiologiya Rast. 13: 629-639. Ukrain. Nauchno Issled. Inst. Fisiol. Rast. Akad. Nauk. Ukrain. S.S.R. (En Abs. Soils and fertilizers. 30: 485-1.967).
23. Birch, H.F. 1960. Nitrification in soils after different periods of dryness. Plant and soil. 12: 81-96.
24. Birrell, K.S. 1961. Ion fixation by allophane. N. Zealand Jour. Sci. 4: 393-414.

25. Black, C.A. and C.A.I. Goring. 1953. Organic phosphorus in soils. Agron. Monograph. 4: 123-152.
26. Blanchet, R. 1960. Adsorption et dilution isotopique des ions phosphoriques au contact des hydroxides métalliques et des argiles. Ann. Agr. 1: 55-74.
27. Blasco, M. 1968. Conferencias de fertilidad de suelos. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. pp. 165-191. (En mimeógrafo).
28. _____ 1968. Sinópsis edafológica del Amazonas colombiano. IV. Conferencia Internacional de la FAO. Bogotá. 21p.
29. _____ 1966. Studies on some aspects of nitrogen in the soils of Colombia. Thesis, Ph. D. University of London. 311p.
30. _____ 1963. Curso de suelos. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 427p. (En mimeógrafo).
31. _____ and N. Bohorquez. 1968. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica. 12: 173-178.
32. _____ 1967. Estudio sobre la composición química del ramio (Boehmeria nivea L. Gaud.) C.V.C. Facultad Nacional de Agronomía Palmira. 1: 17-27.

33. Blasco, M., N. Bohorquez y C. Llanos. 1968. Transformaciones microbiológicas del fósforo en suelos volcánicos del Puracé. Acta Agron. (Palmira) 18: 1-6.
34. _____ and A.H. Cornfield. 1967. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralizing characteristics of the soils of Colombia. Geoderma. 1: 19-25.
35. _____ 1966. Fixation of added ammonium and nitrification of fixed ammonium in soils clays. Jour. Sci. Ed. Agric. 17: 481-484
36. Bohorquez, N. 1968. Estudio de las fracciones y algunas reacciones del potasio en 2 suelos del Valle del Cauca. Tesis de grado. U. Nacional de Colombia. Fac. de Agron. Palmira. 79p.
37. Bollen, W.B. and E. Writht. 1961. Microbes and nitrates in soils from virgin and young growth fores. Canad. Jour. Microbiol. 7: 785-792.
38. Bornemisza, E. y R. Fuentes. 1968. Cation exchange capacity of Costa Rican soils and subsoils at different pH values in the presence of organic matter of after its destruction. Agron. Abst. Amer. Soc. Agron. New Orleans. pp. 80.

39. Bornemisza, E. and K. Igue. 1967. Comparison of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. Soil Sci. 103: 347-353.
40. _____ y R. Pineda. 1969. Minerales amorfos y mineralización de nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. B. 7.1.
41. Bouyoucus, G.H. 1934. A comparison between the pipette method and the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Soil Sci. 38: 335-343.
42. ^x Bremner, J.M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. Jour. Agric. Sci. 55: 11-33.
43. _____ 1959. Determination of fixed ammonium in soils. Jour. Agric. Sci. 52: 147-160.
44. _____ 1951. Amino-acids in soils. Nature. 165: 367p.
45. Bremner, J.M. and K. Shaw. 1955. Studies on the estimation and decomposition of amino sugars in the soil. Jour. Agric. Sci. 44: 152-159.

46. Bremner, J.M. and K. Shaw. 1955. Determination of ammonia and nitrate in soils. Jour. Agric. Sci. 46: 320-328.
47. Brown, C. 1954. Soil morphology and mineralogy. Qualitative study of some gleyed soils from North West England. Jour. Soil Sci. 5: 145-155.
48. Buckman, H. y N.C. Brady. 1968. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. de R.S. Barceló. Unión Tipográfica, Editorial Hispano Americana, México. pp. 466-475.
49. Bueno, J.A. 1950. Informe sobre algunos yacimientos de posible aplicación para producir cal agrícola para el Departamento de Nariño. Boletín geológico (Bogotá). I: 31-79.
50. Burge, W.D. and F.E. Broadbent. 1961. Fixation of ammonia by organic soils. Soil Sci. Amer. (Proc. Soc. Proc. 25: 199-204.
51. Cabrera, G., G. Caicedo., R. Fortich y G. Guerrero. 1966. Estudio general de suelos y Socio-económico del Valle de Sibundoy. U. de Nariño. I.T.A. 200p. (Tesis de grado sin publicar).

52. Conyers, E.S. and E.O. MacLean. 1969. Plant uptake and chemical extractions for evaluating potassium release characteristics of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 226-230.
- (53) Cornfield, A.H. 1966. Laboratory manual agricultural chemistry. Imperial College. London University. 75p.
54. Coulter, B.S. 1969. The equilibrium of potassium: al exchange in clay minerals and acids soils. Jour Soil Sci. 20: 72-83.
55. Chaminade, R. 1955. Le potassium et le matiere organique. Inst. Inter. de la potasa. Symposium. Berna. pp. 203-214.
56. Chaminade, R. et G. Drouineau. 1936. Recherches sur mecanique chimique des cations exchangeables. Ann. Agron. 6: 677-680.
57. Chang, S.C. and M.L. Jackson. 1957. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. 84: 133-137.
58. Dharival, A.P. and F.J. Stevenson. 1958. Determination of fixed ammonium in soils. Soil Sci. 86: 343-349.

59. Duchaufour, P. 1965. *Precis de Pedologie*. 10^{eme}. ed. Paris, Masson Ed. 499p.
60. Durán, O. Nelson. 1968. Principales características químicas de los suelos de la región algodonera del sur de la Guajira. U. Nacional. Fac. de Agron. Palmira. 50p. (Tesis de grado sin publicar).
61. Ekpete, D.M. and A.H. Cornfield. 1966. Effects of varying static and changing moisture contents during incubation on ammonia and nitrate levels in soil. *Jour. Agric. Sci.* 66: 125-129.
62. Enwesor, W.O. 1967. Significance of the C:P organic ratio in the mineralization of soil organic phosphorus. *Soil Sci.* 103: 62-66.
63. Espinal, T.L. y E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Ins. Geogr. Agustín Codd. 210p.
64. Fabry, G. 1963. Transformación biológica del ácido fosfórico en chernozem con un horizonte húmedo de grosor medio. *Agrokem. Talajt.* 12: 577-592. (En húngaro).

65. Fassbender, H.W. 1969. Deficiencia y fijación del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en América Central. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. B. 4. 1. -B, 4. 10.
66. _____ 1968. Phosphate-retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 Costa Rica soils. Agrochimica. 12: 512-521.
67. _____ 1966. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica Fitotecnis Latinoamericana. 3: 187-202.
68. _____ 1966. La absorción de fosfatos en los suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. 3: 203-216.
69. Fassbender, H.W. y R. Molina. 1969. Influencia de enmiendas calcáreas y silicatadas sobre el efecto de fertilizantes fosfatados en suelos derivados de cenizas volcánicas de Costa Rica. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. C. 2. 1.

70. Fassbender, H.W., L. Muller y F. Balerdi. 1968. Estudios del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. Turrialba. 18: 333-347.
71. Flach, K. 1964. Genesis and morphology of ash - derived soils in the United States of America. World Soil. Resorces Report. 14: 61-70.
72. Forsythe, W.M., S.A. Gavande y M. González. Propiedades físicas de los suelos derivados de cenizas volcánicas. B. 3.
73. Fujiwara, A. and S. Ilida. 1957. Problems of biochemistry of potassium. Faculty of Agriculture. Tohoku Univ. Sendai. Symposiu. Rev. Internacional de la potasa. Berna. 23 pp.
74. Garbosky, A.J. and N. Giambiagi. 1958. Nitrificación en los suelos de Patagonia. Rev. Fac. Agron. La Plata. 34: 103-112.
75. García, R.B. 1969. Estudio sobre el potasio en algunos suelos de clima medio del Departamento de Na- riño. Fac. de Agron. Pasto. 128p. (Tesis de grado sin publicar).

76. Garman, W.L. 1957. Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 52-58.
77. Goel, K.N. and R.R. Agarwal. 1960. Total and organic phosphorus in different size-fractions in genetically related soils of Kampur in the India Gangetic alluvium. J. Indian Soc. Soil Sci. 8: 17-22.
- (78.) Harmsen, G.W. and G.J. Kolenbrander. 1965. Soil in organic nitrogen. Soil nitrogen. 43: 92.
79. Haylock, O.F. 1956. Amethad for estimating the availability of non-exchangeable potassium. Intern. Congr. Soil Sci. 6th Congr. Paris. 13: 403-408.
- (80.) Hemmwall, J.B. 1957. The fixation of phosphorus by soils. Advances in Agronomy. 9: 95-112.
81. Hernando, V., L. Jimeno y A. Guerra. 1961. Influencia de la relación K/Ca y K/Na en la producción de remolacha. An. Edafología y Agrobiología. 20: 486-495.
82. Hogg, D.E. 1957. The assessment of available potassium in soils. New Zealand. Journal Science of Technology. 38: 1015-1024.

83. Hossner, L.R. and G.E. Richards. 1968. The effect of phosphorus source on the movement and uptake of band applied manganese. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 83-85.

84. Hsu, P.H. and M.L. Jackson. 1960. Inorganic phosphate transformation by chemical weathering of soil as influenced by pH. Soil Sci. 90: 16-32.

85. Irusta, F. y E. Fortoul. 1963. Estudio de los suelos los preliminares de Nariño y Putumayo. (Bogotá). 128p. (mimeografiadas).

86. Ivanov, T. 1962. Non-exchangeable absorption of the ammonium cation by some soils. C2v. Dobrud 2h, Inst. Tolbukhin. 2: 5-19. (En abs. soils and fertilizers. 27: 30. 1964).

(87) Jackson, M.L. and G.D. Sherman. 1953. Chemical weathering of minerals in soils. Advances in Agronomy. 5: 296-297.

88. Jackson, M.L. 1960. Soil chemical analysis. 2nd. ed. Prentice Hall Inc. N. J. 498p.

89. Joffe, J.S. and L. Kolodny. 1937. Fixation of potassium in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1937: 187-192.

90. Joffe, J.S. and A.K. Levine. 1947. Fixation of potassium in relation to exchange capacity of soils. II. Associative capacity fixation of other cations particularly and ammonium. Soil Sci. 63: 151-158.
91. John, M.K., P.N. Sprout y C.C. Kelly. 1965. The distribution of organic phosphorus in British Columbia Soils its relationships to soil characteristics. Canad. Jour. Soil Sci. 45: 87-93.
92. Justice, J.K. 1961. Moisture and temperature effects on the transformations of nitrogen from applied ammonium sulfate in a calcareous soil. Diss. Abst. 22: 1783.
93. Kaila, A. 1964. Fractions of inorganic phosphorus in Finnish mineral soils. Jour. Sci. Agric. Soc. Finland. 36: 1-13.
94. ——— 1966. Fijación del potasio en suelos finlandeses. Revista de la potasa. Berna. Sección 4. Ciencia del suelo. 35a. Cont.
95. Katznelson, H.A., A. Peterson and J. W. Rovalt. 1962. Phosphate dissolving microorganisms seed and in the root zone of plants. Canad. Jour. Botany. 40: 1181-1189.

96. Kauffman, M.D. and D.R. Bouldin. 1967. Relationships of non-exchangeable potassium in soils adjacent to cation exchange resins and plants. Soil Sci. 104: 145-150.
97. Kelly, J.B. and A. R. Midgler. 1953. Phosphate fixation and exchange of phosphate and hydroxyl ions. Soil Sci. 55: 167.
98. Kernan R.P. 1966. Acumulación del potasio por los vegetales. Revista de la potasa. Berna. Sección 3. Biología, humus. 21a. cont.
99. Kojima, T. 1947. Soil organic nitrogen. I. Nature of the organic nitrogen in a muck soil from Geneva. Soil Sci. New York. 64: 157-165.
100. Kononova, M.M. 1961. Soil organic matter. Pergamon Press. 450p.
101. Kosaka, J., C. Honda and A. Iseki. 1962. Transformation of humus in upland soils, Japan. Soil Sci. Pl. Nutr. 8: 23-28.
102. Koter, Z. and M. Warcholowa. 1962. The roles of sodium in the nutrition of seradella. Acta Agrobot. 11: 131-150. Inst. Soil cultiv., Pulawy, Poland. (En abst. Soils and fertilizers. 25: 34-55. 1962)

103. Lehr, J.J. 1953. Sodium as a plant nutrient. Jour. Sci. Food Agric. 4: 460-471.
104. Leon, L.A. y N.T. Coleman. 1968. Características químicas de algunos suelos ácidos de Colombia en relación a la fijación de fosfatos. Contribución a la VI confer. latinoamericana de la FAO, Bogotá Colombia. (sin paginación).
105. López, M. Arana. 1969. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. Panel sobre los suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba. C.I.I.
- (106). Lotero, J. 1966. Formas de fósforo en el suelo, fijación y aprovechabilidad. Agric. Trop. 22: 275-284.
107. Mc.Conaghy, S., J.W. Stewart and M. Maleck. 1967. Soil phosphate status as measured by isotopic exchange and other techniques. Inst. Intern. Soc. Soil. Sci. Trans. Aberdeen. pp. 151-160.
108. MacLean, A.J. 1961. Potassium supplying power of some canadian soils. Canad. Jour. Soil Sci. 41: 192-206.

109. MacLean, A.J. 1966. Fixation of potassium added to soils and its recovery by plants. Soil research Institute Canada Department of Agriculture. Ontario No. 260 16p. (en mimeógrafo).
110. Manjarrés, F. 1963. Los yacimientos calcáreos de San Francisco. Comisaría del Putumayo. Ministerio de Minas y Petróleos. (Bogotá). 14p.
111. Manjarrés, J.O. y J.O. Marín. 1964. Estudio general de los suelos del Valle de Sibundoy. (Putumayo). INCORA. Departamento de estudios técnicos 54p.
112. Márquez, L. y J. Torres. 1968. Estudio de las fracciones de algunas reacciones de fósforo en suelos del Valle del Cauca. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 99p. (Tesis de grado sin publicar).
113. Martínez, A. y F. Lucena. 1959. Determinación y formas de fósforo en la Provincia de Salamanca. Norma I. Estudio comparativo de 12 soluciones extractoras de fósforo asimilable. An. Edafol. Agrobiol. 18: 81-95.
114. Martini, J. 1966. Caracterización del estado del potasio en 6 suelos de Panamá. Separata de "Fitotecnia Latinoamericana" 3: (1-2): 395-436.

115. Martini, J. 1968. Problema del encalado en suelos del trópico. Turrialba. 18: 249-256.
116. Middelburg, A.H. 1955. Potassium in tropical soils indonesian archipelago. Symposium. Inst. Inter. de la potasa. Berna. pp. 221-257.
117. Mikami, D.T. and Y. Kaneiro. 1968. Native fixed ammonium in Hawaiian soils. 4: 481p.
118. Millot, G. 1964. Geologie des argiles. Masson Editeurs. París. 499p.
- (119). Molina, E. 1969. Estudio sobre algunos aspectos del nitrógeno en los suelos del Altiplano de Pas to. U. de Nariño. Facultad de Agron. 68p. (Tesis de grado sin publicar).
120. Morillo, M.R. y H.W. Fassbender. 1968. Formas y disponibilidad de fosfatos de los suelos de la cuenca del Río Choluteca, Honduras. Turrialba. 18: 26-33.
121. Mortland, M.M. and A.R. Wolcott. 1965. Sorption of inorganic nitrogen Compounds by Soil Materials Soil Nitrogen. 150-197p.

122. Munsell. 1954. Soil color charts. Baltimore. Mun. Col; Co. Inc. S.p.
123. Muñoz, T.M. y R. Fabregas. 1962. Fósforo y potasio en suelos de cultivo de Gallegos. An. Edafol. Agrobiol. 21: 415-423.
124. Murphy, A.H., W.S. Hunter and P.H. Pratt. 1955. Absorption of rubidium by plants from solution and soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19: 433-435.
125. Nicholas, D.J. 1963. The metabolism of inorganic nitrogen and its compounds in micro-organisms. Biolog. Rev. 38: 530-568.
126. Nommik, H. 1957. Fixation and defixation of ammonium in soils. Acta Agric. Scand. 7: 395-436.
127. Nommik, H. and K.O. Nilssen. 1963. Fixation of ammonia by organic fraction of the soil. Acta agric. Scand. 13: 371-390.
128. Norrish, K. 1954. The swelling of montmorillonite. Faraday Soc. Dis. 18: 120-134.
129. Ordoñez, H. 1969. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto. U. de Nariño. Fac. de Agron. 96p. (Tesis de grado sin publicar).

130. Page, A.L., W.D. Burge and M.J. Garger. 1967. Potassium and ammonium fixation by vermiculite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 337-341.
131. Pantoja, C. 1969. Fraccionamiento de fósforo en algunos suelos de clima medio en el Departamento de Nariño. U. de Nariño. Fac. de Agron. 110p. (Tesis de grado sin publicar).
132. Parker, D.T. and W.E. Larson. 1962. Nitrification as effected by temperature and moisture content of mulched soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 238-242.
133. Pérez, A. 1965. Plantas útiles de Colombia. Madrid. Ed. Sucesores de Rivadencira. 831p.
134. Reeuwijk, R.F. and J.M. de Williers. 1968. Potassium fixation by amorphous aluminosilica gels. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 238-240.
135. Reitemeier, R.F. 1951. Soil potassium. Adv. in Agronomy. Acad. Press. New York. 3: 113-164.
136. Rich, C.I. 1960. Aluminium in interlayers of vermiculite. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24: 26-32.

137. Rich and W.R. Black. 1964. Potassium exchange as affected by cation size, pH, and mineral structure. *Ibid.* 97, 384-90.
138. Rodríguez, G. 1954. Fixed ammonium in tropical soil. *Jour. Soil Sci.* 5: 264-274.
139. Rodríguez, J. 1959. Radioactividad en suelos y de terminación radiométrica de K_{40} . *I. An. Edafol. Agrobiol.* 18: 389-405.
140. Rouse, R.D. 1958. The potassium status of Hartse lls fine sandy loam as effected by potassium fertilisation. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 22: 334-336.
141. Royo y Gómez. 1942. Datos para la geología económica de Nariño y Alto Putumayo. *Copilación de estudios geológicos en Colombia.* (Bogotá). 5: 53-160.
142. Russell, E.W. 1961. Soil conditions and plant growth. Ninth ed. Longmans. London. 688p.
143. Russell, E.J. 1910. The ammonia in soils. *Jour. Agric. Sc.* 3: 233-257.

144. Saiz del Rio, J.F. y E. Bornemisza. 1961. *Análisis químico de suelos. Métodos de Laboratorio para diagnosis de fertilidad.* Turrialba, Costa Rica. IICA. 107p.
145. Samel, Ingenieros. 1967. *Proyecto Putumayo No. 1.* INCORA. 225p.
146. Sanchez, J.A., M.G. Guillen y F.G. Fernández. 1962. *El potasio en los suelos de Vega.* An. Edafol. Agrobiología. 21: 395-404.
147. Sanguino, S. 1961. *Influencia del pH sobre la fijación del fósforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada.* Acta Agron. (Palmira). 11: 187-209.
148. Saunders, H.M. and E.G. Williams. 1955. *Determination of total organic phosphorus in soils.* Jour. Soil Sci. 6: 254-260.
149. Schollemberger, C.J. and M. Simon. 1945. *Determination of exchange properties of soil by the ammonium acetate method.* Soil Sci. 59: 14.
150. Schuffelen, A.C. and W.H. Vonder Marel. 1955. *Potassium fixation in soils.* Potassium Symp. Ann. Meeting. Intern. Potash Instit. pp. 157-201.

151. Semenenko, G.I. and I.A. Krasil'nikova. 1966. Effect of some elements of mineral nutrition of metabolism of ribonucleic acid and protein in cytoplasmic structures of the plant cell. *Fiziologiya Rast.* 13, 640-644. (R.e.) (Khar'kov. Univ.) (En Abs. Soils and Fertilizers. 30: 454. 1967).
152. Sen Gupta, M.B. and A.H. Cornfield. 1962. Phosphorus in calcareous soils. I. The inorganic phosphorus fractions and their relations to the amount of calcium carbonate present. *Jour. Sci. Food. Agric.* 13: 652-655.
153. Shaw, M.E. 1960. Aspects of the potash nutrition of sugar cane grown on heavy clay soil in Jamaica. *Proc. Brit. W. Ind. Meet Tech.* 55-61. (Sugar Manuf. Assoc. Ltd.).
154. Siew, K.N. 1966. Estado del potasio en algunos suelos malayos. *Revista de la potasa. Berna. Sección 4. Ciencia del suelo.* 36a cont.
155. Silva, F. et al. 1963. Métodos analíticos de Laboratorio de suelos. 2a. ed. Agustín Codazzi. (Bogotá). 138p.
156. Smierzchalska, K. 1968. Empleo del método isotópico (Rubidio 86). En estudios realizados en contaminación en suelos y su recuperación por las plantas. *Rev. de la potasa. Berna. Sección 28. Ciencia del suelo.* 11a cont.

157. Sohn, J.B. and M. Deech, [1958]. Retention and fixation of ammonia by soils. Soil Sci. 85: 1-9.
158. Standford, G. and W.H. Pierre. 1946. The relation of potassium fixation to ammonium fixation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 11: 155-160.
159. Stevenson, F.J. 1957. Distribution of the forms of nitrogen in some profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 283-287.
160. Stevenson, F.J., A.P. Dharival and M.B. Choudri. 1958. Further evidence for naturally occurring fixed ammonium in soils. Soil Sci. 85: 42-46.
161. Sutton, P. and W.A. Seay. 1958. Relationships between potassium removed by millet and red clover and the potassium extracted by four chemical methods from six Kentucky soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22: 110-115.
162. Swindale, L. 1969. Properties of volcanic ash soils. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba.
163. Tabatabai, M.A. and J.J. Hanway. 1969. Potassium supplying power of Iowa soils at their "Minimal" Levels of exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 105-108.

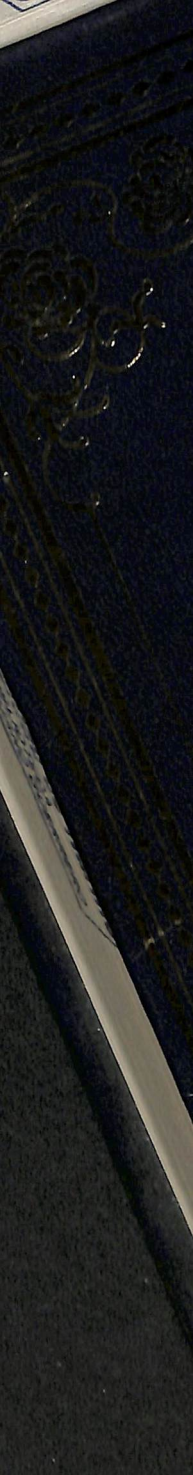
164. Tafur, V.N. 1968. Principales características de los suelos de la región aldonera de Valledupar (Cesar). Fac. de Agron. Palmira. U. Nacional de Colombia. 135p. (Tesis de grado sin publicar).
165. Tafur, N. y M. Blasco. 1968. El nitrógeno en los suelos del Valle del Cesar. Acta Agron. (Palmira). 18: 7-16.
166. Tamini, Y.N., Y. Kaneiro and G. Sherman. 1963. Ammonium fixation in amorphous. Hawaiian soils. Soil Sci. 95: 426-430.
167. Tincknell, R.C., y J. López et al. 1960. La posibilidad de diagnosticar deficiencias de nitrógeno y potasio en cultivos de algodón, mediante análisis foliar. Agronomía tropical. Maracay. (Venezuela). 9: 2-14.
168. Tisdale, L. y E.L. Nelson. 1966. Soil fertility and fertilizers. 2nd. ed. New York, Mac-Millan. 694p.
169. Tromm, J. 1962. Interactions in the absorption of ammonium potassium and sodium ions by wheat roots. Acta bot neerland. 11: 147-152. (En abs soils and Fertilizer. 25: 3434. 1962).

170. Viera, L.S. y E. Bornemisza. 1968. Categorias de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la Amazonía del Brasil. Turrialba. 18: 242-248.
171. Willota, L. 1969. Fraccionamiento de fósforo en suelos del Altiplano de Pasto. Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. (Trabajo sin publicar).
172. Vinogradov, A.P. and A.B. Ronov. 1956. Evolution of the chemical composition of clays of the Russian platform. Geochemistry. The Geoch. Soc. Ann. Arbor. Michigam. 2: 123-129.
173. Wada, K. 1959. Reaction of phosphate with allophane and halloysite. Soil Sci. 87: 325-330.
174. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.
175. Wallace, C.B. 1961. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3rd. ed. London, Curwen Press. 125p.

176. Wilcox, J.S., and W.N. Townsend. 1964. An introduction to agricultural chemistry. 3ed. ed. Arnold Publ. London. 243p.
177. Winogradsky, S.N. 1949. Microbiologie. du sol. Masson Univ., et Cie. 861p.
178. Welte, E. and E.A. Niedervudde. 1965. Fixation and availability of potassium in loess derived and alluvial soils. Jour. Soil Sci. 16: 116-120.
179. Wlotzka, F. 1961. Untersuchungen zur geochemie des stickstopfs. Geochimica et Cosmochimica Acta. 24: 106-154.
180. Worthen, E.L. y S.R. Aldrich. 1959. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. Editorial Hispano Americana. 2a. Ed. México. 102-110 pp.
181. Young, J.L. and R.A. Cattani. 1962. Mineral fixation of anhydrous NH_3 by air-dry soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 147-152.
182. Youngberg, C.T. and C.T. Dyrness. 1964. Some physical and chemical properties of pumice soils in Ovegon. Soil Sci. 97: 391-399.
183. Young, J.L. and B.L. McNeal. 1964. Ammonia and ammonium reaction with some layer-silicates minerals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 334-339.

A P E N D I C E I





RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

(primera capa)

Nombre de la muestra	N-Intercambiable en ppm. X	N-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
DIVISO	67,87	0,75	4.606,33	0,56	50,90
CAROLINA	37,08	0,68	1.374,92	0,46	25,21
SANTIAGO	97,27	0,45	9.461,45	0,20	43,77
GARZON	64,30	0,75	4.134,49	0,56	48,22
SAN ANTONIO	115,62	0,79	13.367,98	0,62	91,33
EL CARMEN	77,62	0,68	6.024,86	0,46	52,78
SAN PEDRO	99,59	0,40	9.918,16	0,16	39,83
SAN FRANCISCO	53,37	0,55	2.848,35	0,30	29,35
MACHOY	24,28	0,32	589,51	0,10	7,77
PUENTE PUTUMAYO	35,38	0,17	1.251,74	0,03	6,01
BALSAYACO	70,26	0,28	4.936,46	0,08	19,67
	Σ 742,64	Σ 5,82	Σ 58.514,25	Σ 3,53	Σ 414,84

$$Y = 0,0026X + 0,3536$$

"r" obtenido = 0,3531 N.S.

"r" tabulado a nivel de 5% para LOGL. = 0,576

"r" tabulado a nivel de 1% para LOGL. = 0,708

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

(segunda capa)

Nombre de la muestra	N-Intercambiable en ppm. X	N-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
DIVISO	65,52	0,47	4.292,87	0,22	30,79
CAROLINA	36,53	0,28	1.334,44	0,08	10,23
SANTIAGO	59,38	0,19	3.525,98	0,03	11,28
GARZON	41,20	0,37	1.697,44	0,14	15,24
SAN ANTONIO	30,03	0,28	901,80	0,08	8,41
EL CARMEN	29,42	0,18	865,53	0,03	5,29
SAN PEDRO	23,60	0,17	556,96	0,03	4,01
SAN FRANCISCO	55,00	0,13	3.025,00	0,02	7,15
MACHOY	47,12	0,14	2.220,29	0,02	6,59
PUENTE PUTUMAYO	17,52	0,17	306,95	0,03	2,97
BALSAYACO	35,32	0,14	1.247,50	0,02	4,94
	Σ 440,64	Σ 2,52	Σ 19.974,76	Σ 0,70	Σ 106,90

$$Y = 0,0025X + 0,1290$$

"r" obtenido = 0,3431 N.S.

"r" tabulado a nivel de 5% para 10GL. = 0,576

"r" tabulado a nivel de 1% para 10GL. = 0,708

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

(primera capa)

Nombre de la muestra	N-Intercambiable en ppm. X	N-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
SAN ANDRES	87,53	0,79	7.661,50	0,62	69,14
COLON	39,69	0,41	1.575,29	0,17	16,27
SIBUNDOY	116,24	1,25	13.511,73	1,56	145,30
HIDRAULICA	73,40	0,87	6.146,56	0,75	68,20
VICHOY	47,12	0,52	2.220,29	0,27	24,50
SALVADOR	97,81	0,35	9.566,79	0,12	34,23
LAS COCHAS	50,94	0,50	2.594,88	0,25	25,47
Σ 517,73 Σ 4,69 Σ 43.277,04 Σ 3,74 Σ 383,11					

$Y = 0,0072X + 0,1385$

"r" obtenido = 0,6627 N.S.

"r" tabulado a nivel de 5% para 6GL.= 0,707

"r" tabulado a nivel de 1% para 6GL.= 0,834

N.S.= No significativo

RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

(segunda capa)

Nombre de la muestra	N-Intercambiable en ppm. X	N-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
SAN ANDRES	91,85	0,47	8.436,42	0,22	43,17
COLON	31,33	0,14	981,57	0,02	4,38
SIBUNDOY	67,90	0,44	4.610,41	0,19	29,87
HIDRAULICA	28,77	0,25	827,71	0,06	4,69
VICHOY	49,14	0,34	2.414,74	0,11	16,70
SALVADOR	59,56	0,26	3.547,39	0,07	15,48
LAS COCHAS	43,07	0,60	1.855,02	0,36	25,84
	Σ 371,62	Σ 2,50	Σ 22.673,26	Σ 1,03	Σ 140,13

$Y = 0,0025X + 0,2242$ "r" tabulado a nivel de 5% para 6GL.= 0,707

"r" obtenido = 0,3650 N.S. "r" tabulado a nivel de 1% para 6GL.= 0,834

N.S.= No significativo

RELACION ENTRE EL NITROGENO TOTAL Y NITROGENO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

(primera capa)

Nombre de la muestra	N-Intercambiable en ppm. X	N-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
FABRICA DE MENTA	214,31	2,20	45.923,77	4,84	471,48
SECAYACO	24,03	0,55	577,44	0,30	13,22
BALSAYACO	18,64	0,63	347,45	0,40	11,74
LA MISION	40,01	1,08	1.600,80	1,16	43,21
TINCHOY	27,85	0,90	775,62	0,81	25,06
LAGUNA LAS COCHAS	29,17	0,16	850,89	0,02	4,67
-	Σ 354,01	Σ 5,52	Σ 50.080,97	Σ 7,53	Σ 569,38

$$Y = 0,0083X + 0,4300$$

"r" obtenido = 0,9112⁺⁺

"r" tabulado a nivel de 5% para 5GL. = 0,754

"r" tabulado a nivel de 1% para 5GL. = 0,874

⁺⁺ = Altamente significativo

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO EN SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

(primera capa)

Nombre de la muestra	P-Orgánico en ppm. X	P-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
DIVISO	363,60	0,11	132.204,96	0,0121	39,99
CAROLINA	451,14	0,12	203.527,30	0,0144	54,14
SANTIAGO	488,57	0,13	238.700,64	0,0169	63,51
GARZON	398,69	0,11	158.953,72	0,0121	43,86
SAN ANTONIO	448,45	0,14	201.107,40	0,0196	62,78
EL CARMEN	421,95	0,14	178.041,80	0,0196	59,07
SAN PEDRO	419,44	0,12	175.229,91	0,0144	50,33
SAN FRANCISCO	450,08	0,12	202.572,01	0,0144	54,01
WACHOY	259,08	0,11	67.122,45	0,0121	28,50
PUENTE PUTUMAYO	329,06	0,17	108.280,48	0,0289	55,94
BALSAYACO	222,84	0,10	49.657,67	0,0100	22,28
	Σ 4.252,90	Σ 1,37	Σ 1.715.398,34	Σ 0,1745	Σ 534,41

Y = 0,00006X + 0,0990

"r" tabulado a nivel de 5% para 10GL. = 0,576

"r" obtenido = 0,2840 N.S.

"r" tabulado a nivel de 1% para 10GL. = 0,708

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO EN SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PRADERA

(segunda capa)

Nombre de la muestra	P-Organico en ppm. X	P-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
DIVISO	260,33	0,083	67.771,71	0,0069	21,61
CAROLINA	313,99	0,097	98.589,72	0,0094	30,46
SANTIAGO	473,46	0,128	224.164,37	0,0164	60,60
GARZON	275,92	0,086	76.131,85	0,0074	23,73
SAN ANTONIO	341,32	0,092	116.499,34	0,0085	31,40
EL CARMEN	273,26	0,115	74.671,03	0,0132	31,42
SAN PEDRO	193,21	0,074	39.237,20	0,0055	14,67
SAN FRANCISCO	477,49	0,125	227.936,70	0,0156	59,69
MLCHOY	424,75	0,127	180.442,56	0,0161	53,94
PUNTE PUTUMAYO	273,89	0,150	75.015,73	0,0023	41,08
BALSAYACO	426,98	0,109	182.311,92	0,0119	46,54
	Σ 3.739,60	Σ 1,186	Σ 1.362.852,13	Σ 0,1132	Σ 415,14

Y = 0,00014X + 0,0600 "r" tabulado a nivel de 5% para 10GL. = 0,576
 "r" obtenido = 0,1730 M.S. "r" tabulado a nivel de 1% para 10GL. = 0,708

M.S. = No significativo

T A B L A VIII

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

(primera capa)

Nombre de la muestra	P-Organico en ppm. X	P-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
SAN ANDRES	469,75	0,15	220.665,06	0,0225	70,46
COLON	450,37	0,17	202.833,14	0,0289	76,56
SIBUNDOY	386,32	0,11	149.243,14	0,0121	42,50
HIDRAULICA	360,91	0,12	130.256,03	0,0144	43,31
VICHOL	321,56	0,11	103.400,83	0,0121	35,37
SALVADOR	354,01	0,12	125.323,08	0,0144	42,48
LAS COCHAS	228,86	0,10	52.376,90	0,0100	22,89
	Σ 2.571,78	Σ 0,88	Σ 984.098,18	Σ 0,1144	Σ 333,57

$$Y = 0,00026X + 0,03000$$

"r" obtenido = 0,1677 N.S.

"r" tabulado a nivel de 5% para 6GL. = 0,707

"r" tabulado a nivel de 1% para 6GL. = 0,834

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO EN SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

(segunda capa)

Nombre de la muestra	P-Organico en ppm. X	P-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
SAN ANDRES	256,28	0,095	65.679,44	0,0090	24,35
COLON	249,02	0,106	62.010,96	0,0112	26,40
SIBUNDOY	220,48	0,070	48.611,43	0,0049	15,43
HIDRAULICA	277,88	0,088	77.217,29	0,0077	24,45
VICHOY	507,36	0,134	257.414,17	0,0180	67,99
SALVADOR	232,64	0,092	54.121,37	0,0084	21,40
LAS COCHAS	240,36	0,083	57.772,93	0,0069	19,95
	Σ 1.975,02	Σ 0,668	Σ 622.827,59	Σ 0,0661	Σ 199,97

$Y = 0,00018X + 0,00903$

"r" obtenido = 0,2898 N.S.

"r" tabulado a nivel de 5% para 6GL. = 0,707

"r" tabulado a nivel de 1% para 6GL. = 0,834

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL FOSFORO TOTAL Y FOSFORO ORGANICO EN SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

(primera capa)

Nombre de la muestra	P-Organico en ppm. X	P-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
FABRICA DE MENTA	222,84	0,11	49.657,66	0,012	24,51
SECAYACO	147,51	0,09	21.759,20	0,008	13,27
BALSAYACO	228,96	0,12	52.422,68	0,014	27,47
LA MISION	535,86	0,18	287.145,93	0,032	96,45
TINCHOY	352,82	0,12	124.481,95	0,014	42,33
LAGUNA LAS COCHAS	210,33	0,11	44.238,70	0,012	23,13
	Σ 1.698,32	Σ 0,73	Σ 579.706,12	Σ 0,092	Σ 227,16

$Y = 0,000207X + 0,06307$

"r" tabulado a nivel de 5% para 5GL. = 0,754

"r" obtenido = 1,0327⁺⁺

"r" tabulado a nivel de 1% para 5GL. = 0,874

⁺⁺ = Altamente significativo

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

(primera capa)

Nombre de la muestra	K-Intercamb. NO_3H 0,1N ppm. $\bar{X}$	K-Total en % Y	$\bar{X}^2$	Y^2	XY
DIVISO	230,28	0,43	53.028,87	0,18	99,02
CAROLINA	154,51	0,76	23.873,34	0,57	117,42
SANTIAGO	191,08	0,57	36.511,56	0,32	108,91
GARZON	344,46	0,53	118.652,69	0,28	182,56
SAN ANTONIO	374,24	1,14	140.055,57	1,29	426,63
EL CARMEN	358,47	0,62	128.500,74	0,38	222,25
SAN PEDRO	343,85	1,10	118.232,82	1,21	378,23
SAN FRANCISCO	148,26	0,30	21.981,02	0,09	44,47
MACHOY	97,56	0,79	9.517,95	0,62	77,07
PUENTE PUTUMAYO	122,14	0,54	14.918,17	0,29	65,95
BALSAYACO	62,73	0,47	3.935,05	0,22	29,48
Σ	2.427,58	Σ 7,25	Σ 669.207,78	Σ 5,45	Σ 1.651,99

$Y = 0,0003X + 0,5928$

"r" tabulado a nivel de 5% para 10GL. = 0,576
"r" obtenido = 0,1726 N.S.

"r" tabulado a nivel de 1% para 10GL. = 0,708

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE PRADERA

(segunda capa)

Nombre de la muestra	K-Intercamb. NO ₃ H O, 1M ppm. X	K-Total en % Y	X ²	Y ²	XY
DIVISO	70,20	0,31	4.928,04	0,09	21,76
CAROLINA	565,44	0,75	319.722,39	0,56	424,08
SANTIAGO	1.136,31	0,54	1.291.200,41	0,29	413,60
GARZON	142,25	0,42	20.235,06	0,17	59,74
SAN ANTONIO	188,81	0,93	35.649,21	0,86	175,59
EL CARMEN	63,06	0,59	3.976,56	0,34	37,20
SAN PEDRO	237,06	0,87	56.197,44	0,75	206,24
SAN FRANCISCO	480,21	0,58	230.601,64	0,33	278,52
MICHOY	1.841,00	0,78	3.389.281,00	0,60	1.435,98
PUENTE PUTUMAYO	162,77	0,54	26.494,07	0,29	87,89
BALSAYACO	94,62	0,55	8.952,94	0,30	52,04
	Σ 4.981,73	Σ 6,86	Σ 5.387.238,76	Σ 4,58	Σ 3.392,64

$$Y = 0,00009X + 0,5828$$

"r" tabulado a nivel de 5% para logL. = 0,576

$$\text{"r" obtenido} = 0,290 \text{ N.S.}$$

"r" tabulado a nivel de 1% para logL. = 0,703

N.S. = No significativo

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

(primera capa)

Nombre de la muestra	K-Intercambiable $\text{NO}_3\text{H O, ln. ppm}$ X	K-Total en % Y	X^2	Y^2	XY
SAN ANDRES	221,44	0,46	49.035,67	0,21	101,86
COLON	460,70	0,84	212.244,49	0,71	386,98
SIBUNDOY	249,09	0,53	62.045,82	0,29	132,01
HIDRAULICA	641,68	0,50	411.753,22	0,25	320,84
VICHOY	120,21	0,66	14.450,44	0,44	79,33
SALVADOR	436,66	0,83	190.671,95	0,69	362,42
LAS COCHAS	177,40	0,94	31.470,76	0,88	166,75
	Σ 2.307,18	Σ 4,76	Σ 971.672,35	Σ 3,47	Σ 1.550,19

$Y = -0,00008X + 0,70571$ "r" tabulado a nivel de 5% para 6GL. = 0,707

"r" obtenido = -0,083 N S "r" tabulado a nivel de 1% para 6 GL = 0,834

N S No significant

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

(segunda capa)

Nombre de la muestra	K-Intercamb. K-Total		X^2	Y^2	XY
	$\text{NO}_3\text{H O, 1N ppm.}$ X	en % Y			
SAN ANDRES	88,31	0,29	7.798,65	0,08	25,60
COLON	241,74	0,43	58.438,22	0,18	103,94
SIBUNDOY	143,31	0,57	20.537,75	0,32	81,68
HIDRALICA	1.792,90	0,86	3.214.490,41	0,73	1.541,89
VICHOY	153,58	0,59	23.586,81	0,34	90,61
SALVADOR	240,57	0,69	57.873,92	0,47	165,99
LAS COCHAS	357,11	0,57	127.527,55	0,32	203,55
	Σ 3.017,52	Σ 4,00	Σ 3.510,523,31	Σ 2,44	Σ 2.213,26

$$Y = 0,0002X + 0,4852$$

"r" obtenido = 0,8223⁺

"r" tabulado a nivel de 5% para 6GL. = 0,707

"r" tabulado a nivel de 1% para 6GL. = 0,834

⁺ = Significativo al nivel del 5%

RELACION ENTRE EL POTASIO TOTAL Y POTASIO INTERCAMBIABLE
EN SUELOS BAJO CONDICIONES DE PANTANO

(primera capa)

Nombre de la muestra	K-Intercamb.		K-Total		X^2	Y^2	XY
	NO_3H	ppm.	en %	en %			
	X		Y	Y			
FABRICA DE MENTA	510,28		0,36		260.385,67	0,12	183,70
SECAYACO	311,11		1,16		96.789,43	1,34	360,88
BALSAYACO	222,02		0,51		49.292,88	0,26	113,23
LA MISION	238,16		0,31		56.720,18	0,96	73,82
TINCHOY	205,16		0,36		42.090,62	0,12	73,85
LAGUNA LAS COCHAS	135,44		0,77		18.343,99	0,59	104,28
Σ	1.622,17		Σ 3,47		Σ 523.622,77	Σ 3,39	Σ 909,76

$$Y = -0,00033X + 0,6666$$

"r" obtenido = -0,08256 N.S.

"r" tabulado a nivel de 5% para 5GL.= 0,754

"r" tabulado a nivel de 1% para 5GL.= 0,874

N.S.= No significativo

A P E N D I C E II

LOCALIZACION DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS SUELOS BAJO CONDICIONES DE FRADERA (")

Nombre de la
muestra.

Localización

DIVISO

En la unidad 1. A unos 950 mts. al ori-
ente de la población de Santiago por la
carretera principal y unos 40 mts. a la
izquierda de la misma carretera (Corre-
gimiento de Santiago).

CAROLINA

En la unidad 1. Unos 300 mts. al sur
de la casa de la Hda. San Antonio, por
el carreteable que de San Francisco con-
duce a Secayaco (Corregimiento de San
Francisco).

SANTIAGO

En la unidad 3. A unos 200 mts. al ori-
ente de Santiago por la carretera que sa-
le a Colón y 80 mts. a la derecha de la
misma carretera. (Corregimiento de San
tiago).

GARZON

En la unidad 3. Unos 20 mts. a la iz-
quierda por el carreteable que conduce
a la Hda. del coronel Garzón y unos 350

mts. de la carretera principal. (Corregimiento de Sibundoy).

SAN ANTONIO

En la unidad 4. Unos 50 mts. al norte de la casa de la Hda. San Antonio, por el carrreteable que de San Francisco conduce a la Vereda de Secayaco (Corregimiento de San Francisco).

EL CARMEN

En la unidad 4. A unos 350 mts. al este del puente del Río Iutumayo, por la carretera que de San Francisco conduce a Porotoyaco y unos 80 mts. a la izquierda de la misma (Corregimiento de San Francisco).

SAN PEDRO

En la unidad 5. Unos 180 mts. al sur-este del puente del Río San Pedro por la carretera que sale a Sibundoy (Corregimiento de Sibundoy).

SAN FRANCISCO

En la unidad 5. Unos 550 mts. al sur-oeste de la población de San Francisco por la carretera que conduce a Mocó'a y 20 mts a la derecha de la misma (Corregimiento de San Francisco).

MACHOY

En la unidad 6. Unos 500 mts. al oriente del puente del Río Quinchó'a por la carretera que conduce a la Vereda de San Andrés

y unos 250 mts. a la izquierda del mismo río (Corregimiento de Santiago).

TUENTE PUTU-
MAYO

En la unidad 8. A lo largo del río Putumayo cerca al puente del carreteable que de Sibundoy conduce a la Fábrica de menta (Corregimiento de Sibundoy).

BALSAYACO

En la unidad 8. Unos 600 mts. al oriente del puente viejo sobre el río Putumayo en la región de Balsayaco y a lo largo del mismo río (Corregimiento de San Francisco)

LOCALIZACION DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE CULTIVO

SAN ANDRES

En la unidad 2. Unos 1.500 mts. al sur de la Vereda de San Andrés por el carreteable que conduce a Balsayaco y 20 mts. a la izquierda del mismo carreteable (Corregimiento de Santiago).

COLON

En la unidad 3. Unos 350 mts. al norte de la casa Corregimental de la población de Colón (Corregimiento de Colón).

SIBUNDOY

En la unidad 6. A unos 900 mts. por el carreteable que de Sibundoy parte hacia el Río Putumayo. (Corregimiento de Sibundoy).

HIDRAULICA

En la unidad 6. Unos 250 mts. al sur-este de la unión entre la quebrada Hidráulica con la quebrada Cabuyayaco. (Corregimiento de Sibundoy).

VICHROY

En la unidad 6. Unos 250 mts. al occidente del puente del Río Tinchoy y 200 mts. al sur de la carretera principal (Corregimiento de Santiago).

SALVADOR

En la unidad 7. A unos 400 mts. antes del puente sobre el Río Putumayo y 100 mts. al occidente del carreteable que de Sibundoy conduce a dicho puente. (Corregimiento de Sibundoy).

LAS COCHAS

En la unidad 7. A unos 1.500 mts. del puente sobre el Río Putumayo por el camino que conduce a la Fábrica de menta (Corregimiento de San Francisco).

LOCALIZACION DE LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS SUELOS
BAJO CONDICIONES DE PANTANO

FABRICA DE MENTA En la unidad 7B. A unos 500 mts. al sur-este de la Fábrica de menta, siguiendo la dirección de la unión del Río Putumayo con el Río San Pedro (Corregimiento de San Francisco).

SECAYACO En la unidad 7B. Unos 450 mts. antes de la quebrada San Miguel y 200 mts. al norte del carreteable que de San Francisco conduce a Balsayaco (Corregimiento de San Francisco).

BALSAYACO En la unidad 7B. A unos 1.000 mts. al oriente del puente viejo sobre el Río Putumayo, en la región de Balsayaco y unos 200 mts. al sur-oeste del mismo río (Corregimiento de San Francisco).

LA MISION En la unidad 7B. Unos 1.200 mts. al sur-oeste del puente del Río Quinchóa por la carretera que conduce a la Vereda de San Andrés y unos 500 mts. a la izquierda del mismo río (Corregimiento de Santiago).

TINCHOY

En la unidad 7B. Unos 1.000 mts. al sur de la carretera que de Colón va a Santiago y por la zanja que conduce la quebrada Tinchoy. (Corregimiento de Colón).

LAGUNA LAS COCHAS

En la unidad 7B. Unos 20 mts. fuera del perímetro de la margen derecha del Río Putumayo (Corregimiento de Santiago).

T	07218
631.4 Bastidas O, Oscar G	
B326e Estudio de los elementos	
nitrogeno fosforo y potasio	
en los suelos del Valle de Sibundoy	VENCE
NOMBRE	RICARDO RAMIREZ
No. del Carnet	327
NOMBRE	Liliana Varías
No. del Carnet	184
NOMBRE	Fredy A. T. CANCELADO 11/12-94
No. del Carnet	604
NOMBRE	Lidia Carcedo
	441, 11-19/94

T
631.4
B326e

07218

X

V